

Wszechświat i człowiek

Biblioteka Uniwersytecka KUL
1001266727



III C. 3854.
№ 5558.

WSZECHŚWIAT i CZŁOWIEK

WSZECHŚWIAT i CZŁOWIEK

Dzieje badań przyrody i zastosowania jej sił na pożytek narodów.

Pod redakcyą **Jana Kremera** poszczególne działy opracowali: **Ludwik Beushausen,** profesor akademji górniczej w Berlinie; **Maks v. Eyth; Wilhelm Foerster,** profesor uniwersytetu i dyrektor obserwatorjum w Berlinie; **Hermann Klaatsch,** profesor uniwersytetu w Heidelbergu; **Artur Leppman,** lekarz w Berlinie; **Adolf Marcuse,** docent w Berlinie; **William Marschall,** profesor uniwersytetu w Lipsku; **Jerzy Nass; Albert Neuburger; Henryk Potonié** profesor akademji górniczej w Berlinie; **Karol Sapper,** profesor uniwersytetu w Tubindze; **Karol Weule,** dyrektor muzeum etnograficznego w Lipsku; **Jerzy Wislicenus,** dyrektor oddziału obserwatorjum w Hamburgu, i inni.

Przełożył **Stanisław Kramsztyk.**

Tom I.

WARSZAWA
Nakład Towarzystwa Akcyjnego S. Orgelbranda Synów.
1905

Дозволено Цензурою.
Варшава, 16 Декабря 1904 г.



Nakład i druk Towarzystwa Akcyjnego S. Orgelbranda Synów w Warszawie.

Spis rzeczy tomu pierwszego.

Strona

Przedmowa (J. Kraemer) 1

I. Badanie skorupy ziemskiej (K. Sapper).

Wstęp 17
Historja badań skorupy ziemskiej 39
Powstanie ziemi i jej budowa 43
Wulkanizm i tworzenie się gór 69
Skamieniałości i historja ziemi 145
Działalność geologiczna wody i wiatru 181
Najważniejsze działy geologji stosowanej: Poszukiwanie źródeł i górnictwo 271

II. Skorupa ziemska w jej stosunku do rodu ludzkiego.

Skorupa ziemska i człowiek 304
Skarby mineralne i człowiek 387
Badania geologiczne i człowiek 395

III. Fizyka kuli ziemskiej.

Przegląd historyczny 401
Magnetyzm i elektryczne siły ziemi 417
Przypływ i odpływ 436
Powłoka atmosferyczna ziemi 455

Dodatki kolorowe do tomu pierwszego.

	Strona
Zestawienie najwyższych gór, oraz największych rzek i wodospadów na ziemi.	16
Niebo i ziemia według pojęć Babilończyków	44
Jezioro siarczane w kraterze wulkanu Poas	124
Rozmieszczenie wulkanów na ziemi	126
Przecięcie idealne skorupy ziemskiej	129
Krajobraz z okresu węglowego	172
Krajobraz z okresu jurajskiego	174
Krajobraz z okresu trzeciorzędowego	177
Krajobraz z okresu lodowego	178
Przylądek Miseno pod Neapolem.	188
Gejzer w stanie wybuchu	200
Lodnik Grindelwaldu	226
Grupa skał w Parku Yellowstone	251
Pustynia Libijska	330
Mieszkańcy jaskiń w okresie lodowym	375
Cienkie płytki lawy	392
Zorza północna 6 sierpnia 1871 r.	428
Odmiany księżyca	436
Powstawanie burzy	455
Krajobraz w Tyrolskich Alpach Środkowych podczas fenu	498
Zbliżanie się burzy na wybrzeżu Hiszpanji	498
Pustynia Karstu w Dalmacji podczas bory.	498
Wybrzeże Dalmacji podczas wiatru sirocco	505
Dolina Nilu podczas wiatru chamsin	505
Samum w pustyni Libijskiej	505

Spis rysunków zamieszczonych w tekście.

	Strona
Walka smoków w okresie jurajskim	3
Polowanie na renifery w okresie lodowym	5
Zwaliska grodu w Mesa Verde	6—7
Zniszczenie lasu palmowego przez słonie	8
Przepaść marmurowa w obszarze rzeki Colorado	9
Mieszkańcy pierwotni Ameryki	10
Zejście do kopalni Meksykańskiej	11
Koła świetlne	12
Pomiar szybkości głosu	13
Jowisz i jeden z jego księżyców	14
Wyrób płyt do pancerników	15
Podobizna tytułu dzieła Kirchera „Mundus subterraneus“	17
Krajobraz podbiegunowy	19
Użycie różczki czarodziejskiej	22
Burza nocna w okolicach zwrotnikowych	25
Trzęsienie ziemi	26
Casamicciola po trzęsieniu 28 lipca 1883	27
Zniszczenie domów i plantacji przez strumień lawy	29
Fala przypływu w oceanie Indyjskim	30
Trąby morskie	31
Potop	32
Budowa arki	33
Stań się światło	35
Potop	36—37
Bóg rozdziela niebo i ziemię	39
Średniowieczna karta ziemi	41
Ziemia po stworzeniu	43
Malstrom, wir morski w grupie Lofotów	47
Dowód średniowieczny przeciw kulistości ziemi	48
Karta ziemi ułożona na wzór stołu w namiocie przymierza	49
Ziemia murami niebios otoczona	49
Zagłada miasta Pompeji	50—51
Przyczyna nocy długich i krótkich	52
Podnóże góry tworzącej ziemię	53
Tworzenie się gór z odłamów skorupy ziemskiej	55
Atanazy Kircher	57
Stopniowe tworzenie się ziemi	58
Przecięcie idealne ziemi	59
Jerzy Ludwik Leclerc Buffon	60
Zetknięcie się komety ze słońcem	61
Skorupa ziemi i wodą napełnione jej wnętrze	63

Strona

Planety w pierwotnym stanie swego rozwoju 64
Stopniowe krzepnięcie ziemi 65
Krater Wezuwjusza podczas wybuchu 69
Wybuch wulkanu japońskiego 71
Bajeczna wyspa Atlantyda 73
Utworzenie się wulkanu na morzu Egejskiem 77
Obraz okolicy wulkanicznej z pierwszych lat wieku XVIII 79
Obraz okolicy wulkanicznej z drugiej połowy wieku XVIII 83
Ujścia podziemnych prądów ognistych. 85
Wybuch wulkanu Stromboli 86
Góra pod Gammacanore wylatuje w powietrze. 87
Powstanie Monte Nuovo w r. 1538 89
Wybuch Santorinu 23 marca 1866 90
Zmiany wierzchołka Wezuwjusza. 91
Wykopaliska świątyni Izydy w Pompejach 93
Krater Wezuwjusza 95
Spadzisto wyniesione warstwy skalne w Boliwji 99
Doliny uskokowe i doliny fałdowe 100
Bomba wyrzucona przez Vulcano 101
Wezuwjusz z Sommą 19 października 1767 103
Krater Wuzuwjusza ze stożkiem wybuchowym. 105
Doldenhorn i Fründenhorn 107
Wulkany pobratymcze Fuego i Acetenango 109
Krater wulkanu Irazu 110
Słupy bazaltowe przy wejściu do groty Fingala 111
Pasożytne stożki wulkaniczne 113
Utwory lawy obok wulkanu Kilauea. 114
Wulkan Isalco w Salwadorze 115
Wulkan Krakatau przed wybuchem 1883 r. 116
Przecięcie wulkanu Krakatau 117
Ofiara przypływu wznieconego przez wybuch Krakatau 118
Zejście do krateru Poas 119
Krater wulkanu Turialba . . . . . 122—123
Wybuch Wezuwjusza 15 czerwca 1794. 125
Wulkan Jorullo w Meksyku 127
Wybuch Vulcano w 1888 r. 130
Wybuch Vulcano w 1888 r. 131
Słupy bazaltowe przy wodospadzie Regli w Meksyku 133
Mont Pelé przed wybuchem 1902 r. 134
Profil dna morskiego w miejscu katastrofy wulkanicznej 1902 r. 134
St. Pierre przed zagładą 1902 r. 135
Krater wulkanu Soufrière. 136
Diagram przebiegu trzęsienia ziemi. 137
Skutki wielkiego trzęsienia ziemi w Lizbonie 139
Utwór postaci krateru, który powstał przy trzęsieniu ziemi. 140
Szczeliny wytworzone trzęsieniem ziemi 141
Skutki trzęsienia ziemi 1883 r. na wyspie Ischia 142
Przesunięcie gruntu spowodowane trzęsieniem ziemi 143
Wybuch Wezuwjusza w nocy 144
Przecięcie kilku warstw skorupy ziemskiej ze szkieletem mastodona 145
Odcisk ryby na kamieniu 147
Rogi Amona. 148
Przykłady A. Kirchera do baśni o olbrzymach. 149

Strona

Osobliwe rysunki na kamieniach 150
Kamienie Beringera 151
Jan Jakób Scheuchzer 153
Pozorne skamieniałości roślin 154
Jerzy Cuvier przy determinowaniu szczątków kopalnych 155
Krajobraz nadbrzeżny hrabstwa Devon. . . . . 156—157
Atol na oceanie Południowym 159
Wodospad Niagary 161
Ogień wewnętrzny przebija skorupę ziemską 163
Pokład sfałdowany węgla kamiennego pod Decazeville. 167
Trylobit 172
Eurypterus 173
Plesiosaurus. 175
Dolina Bergell w Graubünden 181
Dolina Nilu podczas wylewu . . . . . 182—183
Wodospad Renu pod Szafuzą 189
Karta fizyczna ziemi Kirchera . . . . . 194—195
Prądy morskie przy biegunie północnym. 196
Prądy morskie przy biegunie południowym 197
Powstawanie źródeł gorących 198
Przykłady schematyczne powstawania źródeł 199
Wodospad Newady 201
Gejzer Waimangu w Nowej Zelandji 203
Gejzer w Parku Yellowstone. 205
Wulkany błotne w Turbaco. 207
Tworzenie się delty przy ujściu rzeki Po. 209
Dolina rzeki Colorado 211
Sople lodowe na stokach gór 213
Widoki z obszaru źródeł rzeki Sacramento 215
Piramidy ziemne pod Bozen. 217
Strumień lodnikowy u stóp góry Glärnisch . . . . . 218—219
Zsuwanie się ziemi w zwrotnikowej Ameryce środkowej. 221
Progi w potoku górskim 223
W krainie wiecznego śniegu 225
Wydmy śnieżne w Alpach 227
Miejsce odłamania się lawiny lodnikowej. 228
Droga i kres wielkiej lawiny wiosennej 229
Zwaliska lawiny lodowej 231
Lodniki Schwärzehorn i Breithorn 233
Stół lodnikowy na lodniku Aaru 235
Dolny lodnik Aaru i jego moreny 237
Młyny lodnikowe w ogrodzie lodnikowym w Luzernie 239
Gleczer Kjendalsbrae 241
Łby baranie w dolinie Bergell. 243
Góra lodowa. 245
Uderzanie fal o brzegi. 247
Uderzanie fal w zatoce Monterey. 251
Igły na wyspie Wight. 253
Sorfjord 255
Głaz granitowy przez wiatr wyżłobiony 258
Skała grzybiasta 259
Kamień wahadłowy w Tandil 261
Dziura wywiercona przez wiry powietrzne w piaskowcu zamku heidelberskiego. . 263

Strona

Wydmy w Saharze 265
Podobizna tytułu dzieła Löhneyssa „Sprawozdanie o górnictwie“ 269
Praca niewolników w fenickiej kopalni miedzi 271
Wytrysk źródła laską Mojżesza wywołany 273
Pompy starej kopalni 274
Wejście do starej kopalni 277
Obrabianie rud złota i srebra w XVI wieku 278
Szyb przewiewny w starej kopalni 279
Wnętrze kopalni soli w Wieliczce w XVIII wieku . . . . . 283—284
Prace w kopalni w XVI wieku. 285
Odstawa w kopalni dokonywana siłą wody 287
Szyby i sztolnie starej kopalni. 289
Otrzymywanie soli za pomocą pługa solnego 290
Kopalnia siarki w Sycylji 291
Hydrauliczna płóczkarnia złota w Kalifornji. 293
Przecięcie kopalni węgla . . . . . 294—295
Przecięcie kopalni z połowy XIX wieku 299
Podobizna tytułu dzieła Mercatiego „Metallotheca“ 301
Podobizna tytułu dzieła Scheuchzera „Herbarium diluvianum“. 303
Nil w okolicy drugiej katarakty 304
Fałdy w wapieniu 306
Zakrzepłe bryły lawy 307
Lodnik Kjendalskrona 309
Morze obłoków między szczytami górskiemi. 311
Potoki w okolicy zwrotnikowej 313
Krajobraz górski w Norwegji 315
Las dziewiczy na Nowej Zelandji 317
Bór iglasty na szczytach Sierra Nevada 319
Kaktusy w okolicach zwrotnikowych 320
Bambusy na Cejlonie 321
Obóz Lapończyków 323
Krajobraz nadbrzeżny Nilu 325
Roślinność zwrotnikowa w Indjach 326
Odsłonięte korzenie drzew zwrotnikowych 327
Krajobraz leśny w Ameryce środkowej 329
Bór iglasty w Europie środkowej. 331
Krajobraz leśny w Harzu. 333
Trąby pyłu w stepach azjatyckich 335
Sierra del Diablo w Ameryce 336
Charakter roślinności doliny pustynnej w Texas. 337
Piasek pustynny z powierzchnią pomarszczoną 339
Dolina w glinie nawianej. 341
Trzy zęby w Dolomitach 343
Wieże Bajoletu w Dolomitach 345
Wąwóz El-Kantara 347
Wyjście z wąwozu pod Oktrą 349
Wydmy na wybrzeżu morza Baltyckiego. 350
Lodnik Burdjula na Kaukazie 351
Szczątki dawnej osiadłości w kanonie rzeki Colorado 353
Skały Cyklopów na wybrzeżu Sycylji 355
Barkany 357
Plantacje kawy 359
Drzewo kawowe 363

Strona

Plantacje kawy otoczone płotem z kaktusów 364
Wyciskanie soku trzciny cukrowej 365
Rodzina indyjska w Salwadorze 367
Mieszkania w glinie nawianej 371
Chata z trawy na wyspie Hawai 373
Dobywanie bazaltu nad Renem. 375
Dziewiczy las zwrotnikowy z mostem wiszącym . . . . . 378—379
Droga górska wykuta w skałach Norwegji 381
Ściana ośla na Pilatusie wraz z drogą zębatą 383
Otrzymywanie soli w Kalifornji 389
Piec hutniczy z XVII wieku 391
Podobizna tytułu dzieła Scheuchzera „Biblia sacra“ 399
Zorza północna 401
Ziemia według wyobrażeń Homera 403
Klaudjusz Ptolemeusz 404
Burza gradowa w Egipcie starożytnym 405
Smok burzy wirowej 406
Zorza północna według Scheuchzera 407
Wiry morskie Scylla i Charybdis według Kirchera 409
Zagłada Egipcjan w falach morza Czerwonego 411
Chmury kłębiaste. 413
Krajobraz podczas burzy. 415
Siły magnetyczne ziemi 417
Igła nachyleń 418
Igła zboczeń. 419
Izogony 420
Izodynamy 421
Południki magnetyczne i izokliny. 422
Teodolit magnetyczny 423
Chwiejność dobowa magnetyzmu ziemskiego 426
Zorza biegunowa 429
Okresy zórz północnych 430
Bieg dzienny zmian prądu ziemnego 431
Zorza północna 433
Wielka kometa Donatiego 434
Fala przypływu na wybrzeżu płaskiem 437
Wpływ ciała niebieskiego na ciekłą powierzchnię ziemi. 438
Wodoskaz samopiszący 439
Przypływ wysoki podczas nowiu 440
Przypływ niski podczas kwadry 441
Kombinacje przypływów księżycowych i słonecznych. 442
Przypływ na morzu wzburzonem 443
Ocean w brzasku rannym 445
Przypływ na wybrzeżu skalistem. 447
Przypływ gwałtowny na Helgolandzie 451
Wodoskaz zwyczajny 452
Przypływ na brzegu skalistym. 453
Główne rodzaje chmur. 455
Chmury kłębiaste. 457
Koła wielkie. 459
Chmury faliste. 463
Miraż w pustyni afrykańskiej 465
Mamidło na morzu 466

Strona

Tęcza księżycowa 467
Koło małe otaczające księżyc 468
Cień rzucony na tło mgły 469
Widmo Brokenu 471
Fotografja błyskawicy 472
Fotografja błyskawicy 473
Ogień Św. Elma 475
Zorza północna 477
Termometr aspiracyjny 479
Termometr samopiszący 480
Izotermy roczne 483
Bieg temperatury na wieży Eiffla 485
Barometr precyzyjny 487
Aneroid samopiszący 488
Doświadczenie Pascala z barometrem wodnym 489
Izobary w styczniu 491
Hygrometr włosowy 494
Morze obłoków ze szczytu góry widziane 495
Kryształy lodowe w atmosferze 496
Chmury kłębiaste 497
Czepiec chmur na szczycie Etny 499
Deszczomierz samopiszący 500
Chmura gradowa 501
Przyrząd do mierzenia siły wiatru 502
Chmura deszczowa 503
Burza wirowa w Ameryce północnej 505
Las przez wiatr wywrócony 507
Morze obłoków widziane z balonu 509
Ulewa częściowa ze zbiorowiska chmur 511
Hygrometr samopiszący 515
Następstwa cyklonu na wyspie Luzon 517
Trąba wodna 519



Według obrazu Barabina.

WSTĘP

Wszechświat i człowiek! Obok wieczności znikomość, obok ogromu niebios drobiazg padołu. Przedewszystkiem więc, zanim czytelnikom plan dzieła ukażemy, powiedzieć należy, co nas skłoniło splątać ten węzeł między wszechpotęgą przyrody a zbiorowiskiem istot myślących.

Zagadka przeszłości świata od stuleci już narzucała się uwadze narodów oświeconych, starano się też usilnie o wyszukiwanie coraz nowych źródeł historycznych. Ta wszakże gorliwość rozbudzania życia już uśpionego, wysuwania spraw dawnych jako przykład przed oczy teraźniejszości, cała ta historja, bezzasadnie „powszechną“ zwana, prawie aż do dni naszych ograniczała się jedynie na przedstawianiu, jak się dokonywał rozwój ludzi już w kulturze posuniętych, zatem na rozszerzaniu wiadomości naszych o losach narodów, o powstawaniu i zanikaniu państw, o walkach wiernych z niewiernymi, o ścieraniu się warstw społecznych i plemienia białego z kolorowemi. Jakby lękliwie wymijali wszyscy wielcy dziejopisarze pytanie o wieku człowieka i planety, którą zamieszkuje, unikali zagadki czasów przedhistorycznych i stosunku ludzi śmiertelnych do niezniszczalnych sił przyrody.

Nawet taki Leopold Ranke zadowolnił się umieszczeniem na początku swej historji powszechnej zdań następnych: „Ziemia przydatną już była na mieszkanie i zamieszkaną została; narody były rozdzielone i rozmaite miały stosunki wzajemne; posiadały początki kultury o wiele wcześniej, zanim pismo wynaleziono, historja wszakże do niego jedynie odwoływać się może. To tylko podjąć jest w stanie, co może własnemi osiągnąć środkami. Jakżeż mógłby sobie historyk zaufać, że odsłonić zdoła tajemnicę świata pierwotnego, a zatem stosunek człowieka do Boga i do przyrody? Zadanie to przekazać winniśmy wiedzy przyrodniczej“. Odkąd wszakże ten mistrz badań historycznych w sposób tak dobitny przyznał wartość piśmiennym wyłącznie dokumentom, upłynęły dziesięciolecia, dziesięciolecia poszukiwań niezmordowanych i płodnych zarazem; nauczyliśmy się z wykopalisk, pochodzących z czasów przedhistorycznych, zdobywać wyjaśnienia nawet wtedy, gdy nie są znakami pisarskiemi pokryte. Udoskonalony aparat badań nowoczesnych umożliwił, w początku wieku dwudziestego, wzniesienie fundamentów do tych dziejów pierwotnych, ukazał nam jasno wszechstronny stosunek rodu ludzkiego do wszechświata i sił przyrody.

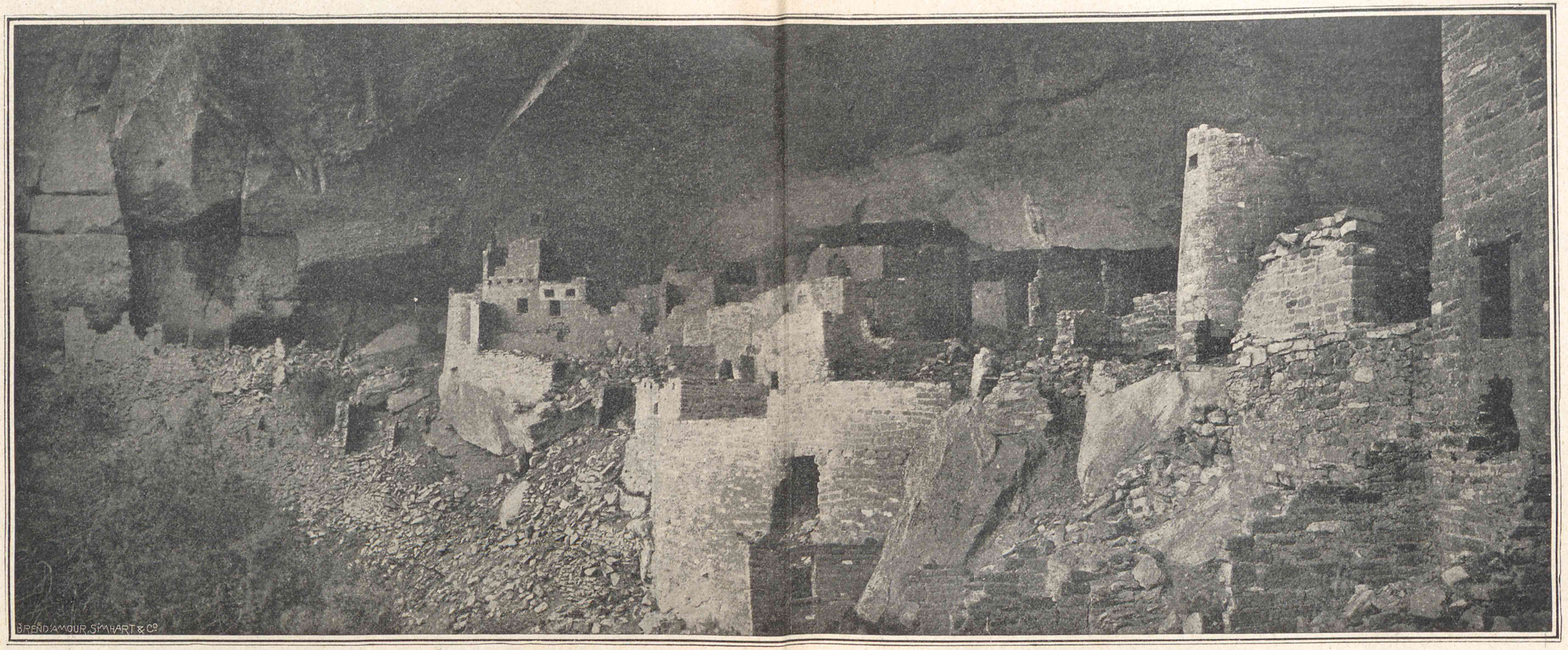
Przedwieczność... Wyraz tchnieniem czarownem owiany, pojęcie wprawiające w drżenie mimowolne nas wszystkich, wierzących i wolnomyślnych,— przecież wyraz ten obejmuje okres niezmierny, poprzedzający chronologję naszą, rozdział niesłychany historji ziemi, a zatem i istot na niej żyjących, tych zwierząt dawnych, których szczątki skamieniałe dziś jeszcze zdumieniem nas i przerażeniem przejmują, czas istnienia tych tworów olbrzymich, których kości, po tysiącoleciach wydobyte, tłómaczą nam, skąd się wzięły stare baśnie o smokach złośliwych i o olbrzymich potworach.

Przedwieczność... Już to, co o lat sto, a tem bardziej o lat tysiąc poza teraźniejszością przypada, wydawało się ojcom naszym starem i czcigodnem, a jak legendy niemal brzmiały opowiadania o życiu pradziadów; dwoje pierwszych ludzi uważano zgoła za najwcześniejszy objaw życia na świecie, który potęga wszechmocna tuż przedtem z zamętu wytworzyła; okres sześciu tysiącoleci wydawał się dostatecznym zupełnie do objęcia całego rozwoju ziemi i rodu ludzkiego. Tryumfalny wszakże pochód ścisłych badań nowoczesnych, wolny od wszelkiego matactwa filozoficznego, a liczący się jedynie z faktami zgłębionemi, z objawami przyrodniczemi, zupełnie zmienił naiwne te poglądy. Wiemy obecnie, że nie kilka tysięcy lat, ale setki tysiącoleci upłynąć musiały, odkąd ziemia na swej powierzchni istoty żyjące mieści; możemy też za rzecz dowiedzioną uważać, że nawet w czasie, gdy jeszcze lodowce pokrywały niwy dziś ukwiecone i przez nas teraz zamieszkane, żyło już pokolenie ludzkie wespół z mamutem i innymi olbrzymami, pokolenie, które zapewne niewiele się różniło od „dzikich“ plemion dni naszych, ale umiało już zdobić ze zdumiewającą zręcznością przedmioty użytku codziennego, mając do rozporządzenia jedyne narzędzie pierwotne, ostrokańczasty łupek krzemienny.



Walka smoków w czasie tworzenia się pokładów jurajskich.

Według miedziorytu w dziele Hawkinsa „Book of the Great sea Dragons."



Zwaliska grodu mieszkańców rozpadlin skalnych w Mesa Verde (Ameryka północna).
Według fotografji G. Nordenskjölda.

się również zgłębić czynniki, które kierowały rozwojem przodków naszych, do świata tego należących, nie dotykał wszakże zgoła wielkich dziedzin, które teraz stanowią ważne źródła do wiadomości naszych o powstaniu i rozwoju rodu ludzkiego. Tyczy się to przedewszystkiem nauki o człowieku przedhistorycznym. Gdzie pismo milczy, kamienie mówić zaczynają i świadczą o długich, bardzo długich okresach rozwoju naszych przodków w wieku kamiennym. Luźne błyski zaledwie rozjaśniają ciemność głęboką, jaka zalega czasy, poprzedzające krótki bieg historji powszechnej; wynurzają się budowle na palach i potężne pomniki kamienne, a poza tem jeszcze, na wiele dziesiątków tysięcy lat przed początkiem chronologji historycznej, dostrzegamy przodków naszych w otoczeniu nam obcem, w klimacie odmiennym, śród roślin i zwierząt różnych od dzisiejszych, w walce z żywiołami i olbrzymiemi zwierzętami drapieżnemi.

Człowiek z okresu lodowego czyli dyluwialnego dał się nam także poznać ze szczątków swego szkieletu. Rozpatrywanie tych najdawniejszych, skamieniałych zabytków kości ludzkich przedstawia pole dla mozolnych sporów naukowych, na którem zwolna zaledwie i z trudem pokonać się dały wątpliwości wielu wybitnych mężów nauki. Rzucające wiele światła wykopaliska czasów ostatnich, znalezione kości człowieka pierwotnego i zwierząt do człowieka zbliżonych, zdołały wreszcie rozwalić bojaźliwie strzeżoną granicę między człowiekiem a państwem zwierzęcem i otwarły drogę do historji pierwotnej, poprzedzającej zaczątki kultury.

Poglądy na tych dawnych, pozbawionych kultury wszelkiej, a zatem „zwierzęcych“ poprzedników rodu naszego, w najnowszych dopiero czasach rozjaśnione zostały, a niektóre zbyt jednostronne i stąd błędne poglądy na pokrewieństwo człowieka z małpami zostały w ostatnich latach do należytej

miary sprowadzone. Kwestja ogniw pośrednich, „missing links“, o której ogół ma często pojęcie niejasne lub fałszywe nawet, jest tylko częścią zadania ogólniejszego i większego. Zadanie to ma na celu zbadanie stanowiska człowieka w stosunku do państwa zwierzęcego, a w szczególności do rzędu zwierząt ssących. Jakkolwiek trudne jest do rozstrzygnięcia to pytanie, jakkolwiek niepełne są świadectwa o domniemanych przodkach rodu naszego w dawniejszych okresach ziemi, posiadamy wszakże pewien zasób prawd, chociaż szczupły, ale uzasadniony należycie, zaczerpany z wyników



Zniszczenie lasu palmowego na Cejlonie przez słonie poszukujące żeru.

Według miedziorytu z 1672 roku.

anatomji porównawczej, historji rozwoju i paleontologji, poznajemy stąd wielkie drogi, po jakich ród ludzki kroczył od bardzo nizkich zaczątków zwierzęcych, aż na władcę ziemi wyrósł.

Coraz silniej utwierdza się pogląd, że ród nasz nie przebył tych krętych dróg przeobrażeń zwierzęcych, których ostatniemi ogniwami wydają się nam przedstawiciele teraźniejszych rodzajów zwierząt ssących. Z tego wypływa, że i małpy dzisiejsze uchodzić nie mogą za pierwowzory naszych dawnych przodków, ale również jak inne zwierzęta ssące przedstawiają jedynie odgałęzienia boczne tego biegu rozwojowego, który wiedzie od korzeni pnia zwierząt ssących aż do człowieka.



Przepaść Marmurowa w obszarze kanjonów rzeki Colorado zachodniej.
Według fotografji.

Nie przez uzyskanie naturalnych środków obrony, ale jedynie tylko przez rozwój wysoki mózgu wzbił się człowiek ponad swych pobratymców zwierzęcych, przyczem pod niejednym względem więcej nawet, aniżeli one, cech pierwotnych zachował. Chociaż ciało nasze przedstawia liczne i doniosłe udoskonalenia w wielu organach najważniejszych, zwłaszcza w ukształtowaniu ręki, zatrzymało wszakże i zabytki stanów dawnych, a temu właśnie wielorakie swe uzdolnienia zawdzięcza. Pogląd ten przyczynił się w znacznej mierze do ożywienia badań naszych dziejów pierwotnych i usunął dawniejsze, nienaturalne i naciągane tłómaczenia objawów, które się wydawały zagadkowemi.

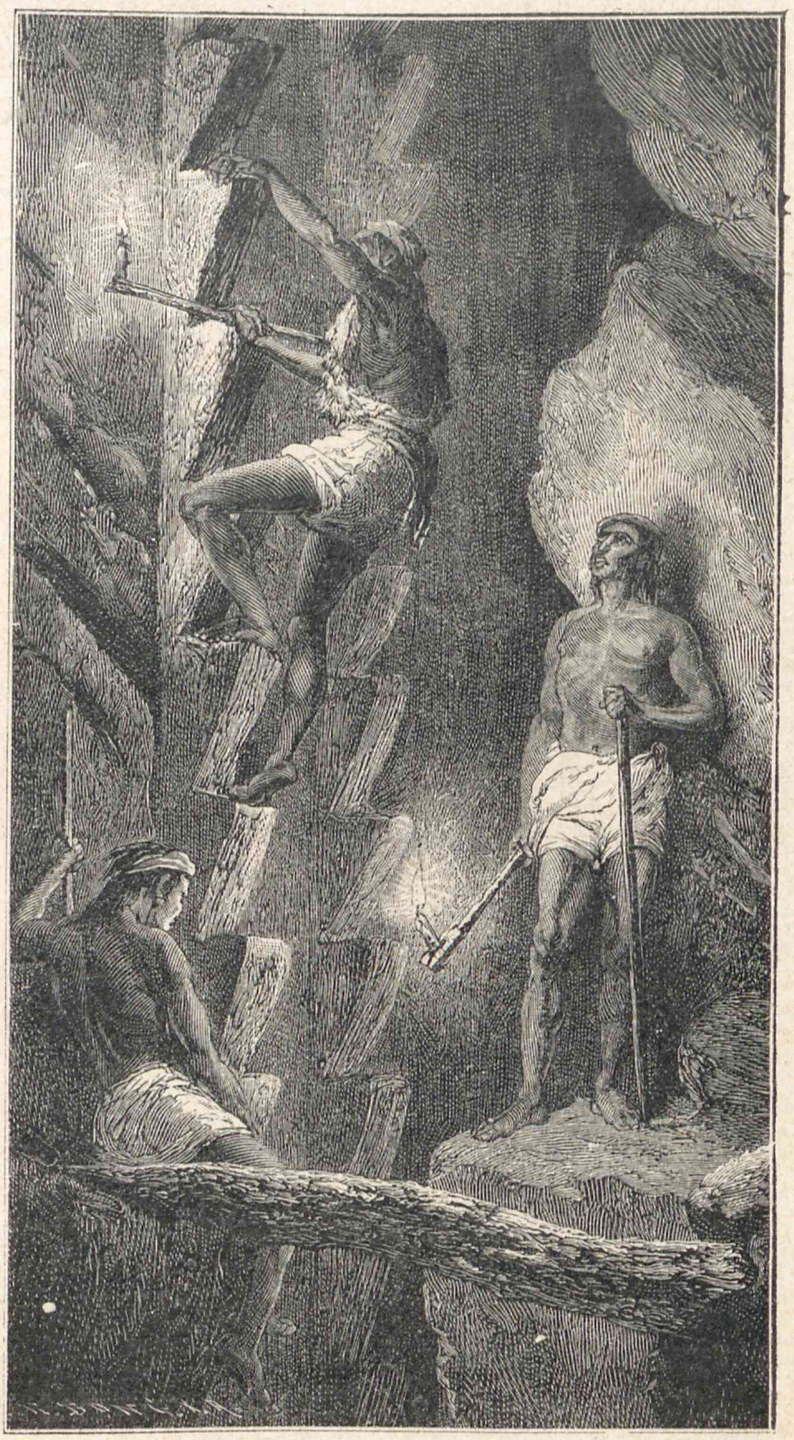


Mieszkańcy pierwotni Ameryki.
Według drzeworytu z 1497 r., przechowanego w muzeum w La Plata.

W związku bezpośrednim z rozległym wykładem historji rodu ludzkiego zadaniem dwu dalszych rozdziałów naszego dzieła będzie rozwój świata roślinnego i zwierzęcego, tak zajmujący w całości zarówno jak i w szczegółach, poczynając od form pierwotnych aż do postaci dzisiejszych.

Następny znów dział poświęcony będzie dziejom działalności badawczej człowieka, a przedewszystkiem badaniom powierzchni ziemi, które aż do wrót czasów nowożytnych postępowały krokiem szybszym, aniżeli badanie przyrodnicze wszechświata. Nie zamyślamy wszakże wysunąć jedynie przed oczy czytelnika wędrówki i wyprawy, podejmowane dla otwarcia krajów obcych, ale przedewszystkiem wyjaśnić pragniemy znaczenie tych podróży dla postępu ludzkości. Do zbadania powierzchni ziemi nagliło już w czasach najdawniejszych nietylko szybkie mnożenie się rodu ludzkiego,

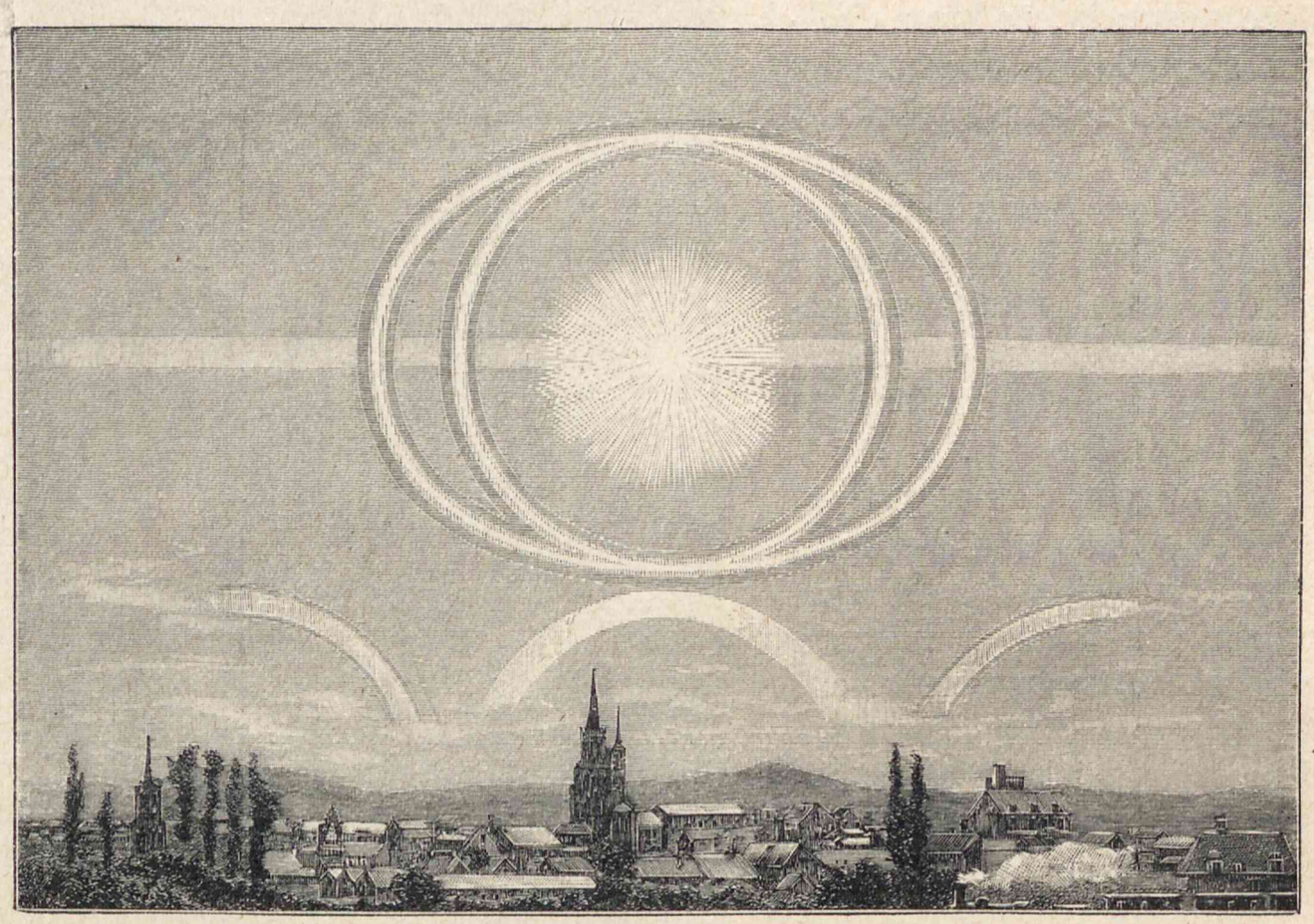
co już dawne narody koczujące na wędrówki pędziło, ale także, od początku nowej epoki kulturalnej, potrzeba zdobywania środków do życia i niezbędnych materyałów surowych z okolic, jeszcze niewyzyskanych przez człowieka. Do tych podróży pierwotnych, wyłącznie tylko celom praktycznym służących, przyłączyły się później dopiero, prawie już u progu czasów nowożytnych, wyprawy naukowe, które w początku wieku dwudziestego wiadomości nasze tak dalece posunęły, że krom drobnych stosunkowo obszarów u bieguna północnego i południowego otwarta już jest dla nas całkowicie powierzchnia ziemi, nie wyłączając nawet wnętrza niedawno jeszcze „ciemnej“ części świata, a to zarówno pod względem geograficznym jak i etnograficznym.



Zejście do dawnej kopalni meksykańskiej.
Według „La vie souterraine“

Gdy rozważamy rozrost naszych wiadomości geograficznych w związku z ich znaczeniem dla postępu kultury, nastręcza się nam uwaga, czy też w istocie rzeczy cała nasza kultura europejska nie jest jedynie tylko owocem splątania się Europy z najdalszemi zakątkami świata tysiącem węzłów, charakteru materyalnego i duchowego. Jak wielką przecież zmianę w życiu ludzkości całej sprowadziło samo odkrycie Ameryki i ustalenie drogi morskiej do Indji Wschodnich! Rozbudzenie się narodów europejskich po podróży zachodniej Kolumba jest niezaprzeczenie jednym z najwybitniejszych i najokazalszych rysów całej historji powszechnej. Zapewne, byłoby rzeczą niesłuszną obniżać doniosłość siły cywilizacyjnej odrodzenia i reformacji, wątpliwości wszakże żadnej nie ulega, że przez wielkie odkrycia geograficzne bieg historyi nowożytnej otrzymał kierunek bardziej wytyczny, aniżeli przez jakikolwiek inny wypadek czterech ostatnich stuleci.

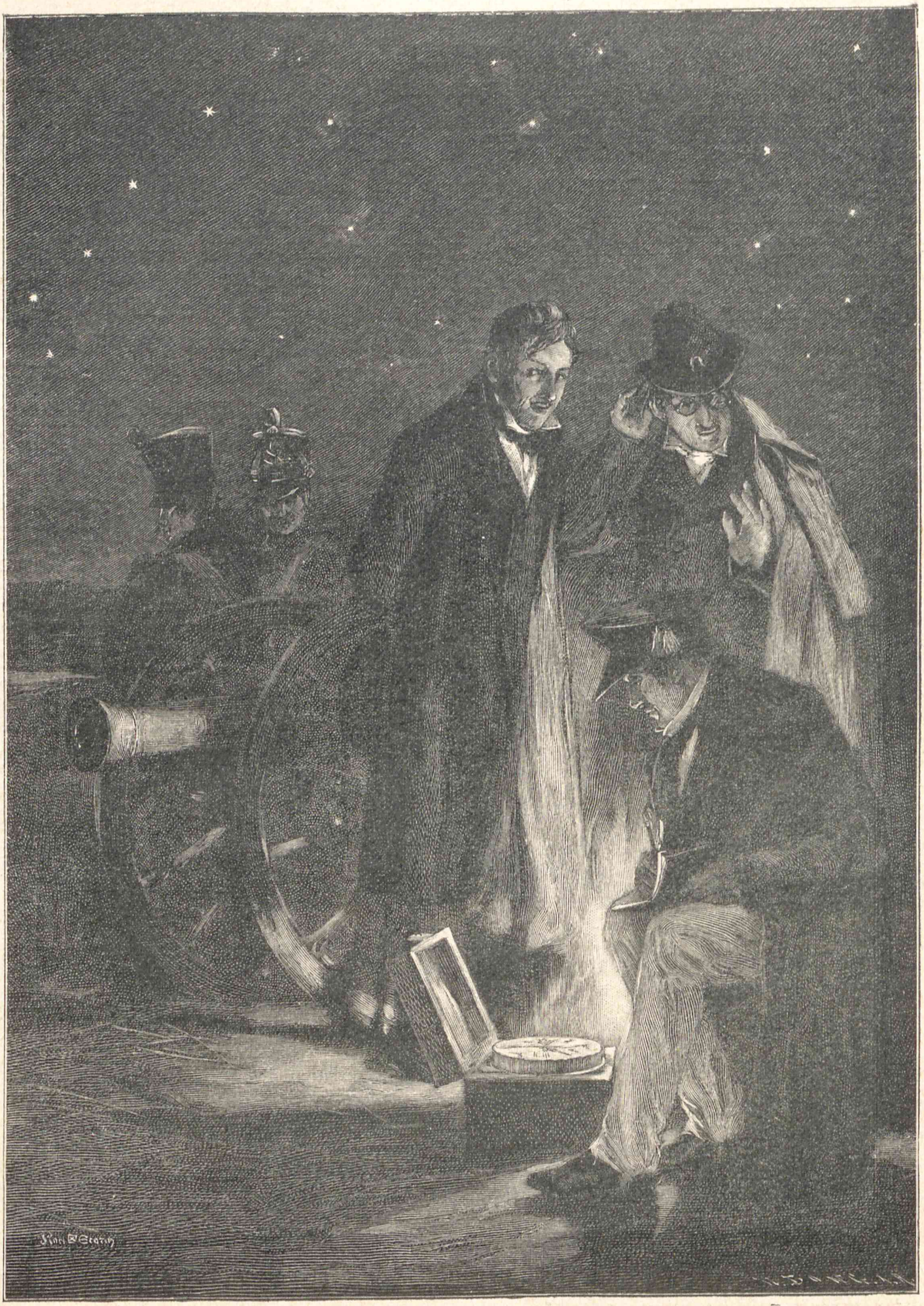
Na tych wszakże zdobyczach potężnych opis nasz bynajmniej się nie ograniczy. Trwalszą w swych skutkach była często robota drobiazgowa, przez odkrywców mniej głośnych spełniana; wyprawy rozbójnicze i wojenne, lądowe i morskie, zbijanie się okrętów z drogi właściwej, przedzieranie się osadników do krain niedostępnych, wreszcie działalność misjonarzy i całego zastępu niezliczonych podróżników naukowych, wszystko to razem dla coraz dokładniejszej znajomości powierzchni ziemi, a tem samem do pewnego stopnia także i dla rozwoju kultury europejczyków, oraz narodów z niemi w stosunki wchodzących, zdziałało więcej, aniżeli na pierwszy rzut oka wydawać się może. Mężowie ci wiązali kolejno nici, które z biegiem czasu



Koła świetlne, obserwowane 3 maja 1886 r. w Argentan (Francja).

wytworzyły sieć gęstą wzajemnych stosunków kulturalnych. Należą oni do wszystkich czasów i do wszystkich narodów, Chińczycy bowiem nawet i Hindusi, Arabowie i Persowie, również się do badań geograficznych przyczynili, dlatego też geograf ma wdzięczne dla siebie zadanie, śledzić bowiem może doskonalenie się karty ziemi we wszelkich przejściach i z rozmaitych stanowisk.

Z historją badań skorupy ziemskiej połączymy dwie prace mniejsze, z których jedna poświęcona będzie badaniom morza, podjętym istotnie dopiero w dziewiętnastem stuleciu, druga zaś badaniom atmosferycznej powłoki planety naszej, a to w związku z wielu kwestjami fizyki kuli ziemskiej, które często ściągają uwagę ogółu, jak pytania o postaci, wielkości i gęstości ziemi, o zjawiskach przypływu i odpływu morza, o siłach magnetycznych i elektrycznych bryły ziemskiej.

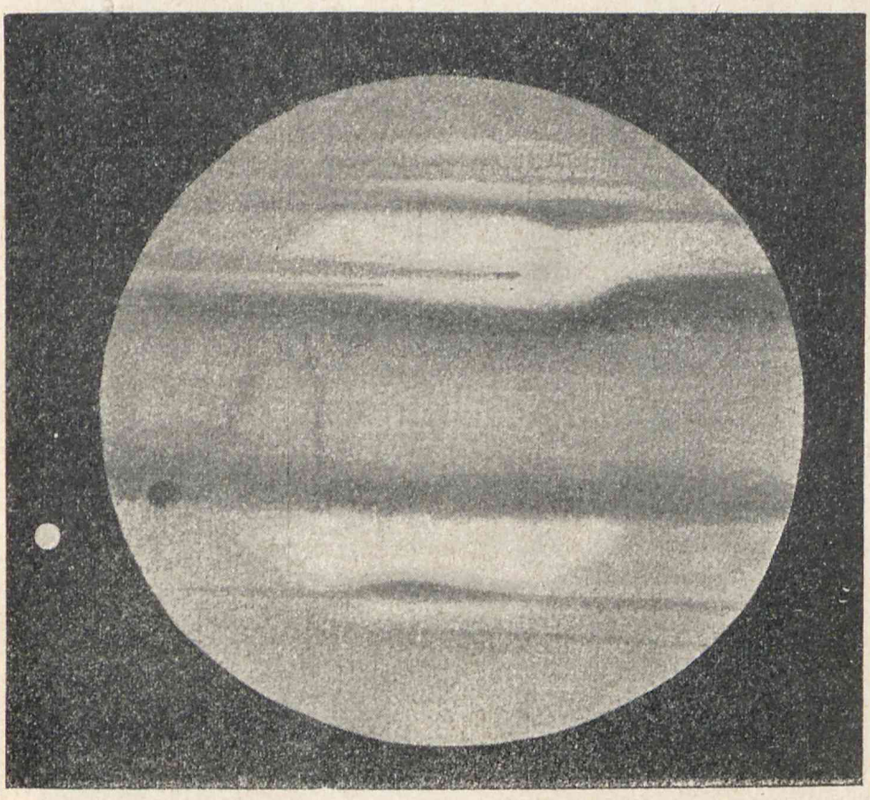


Pomiar szybkości głosu

dokonany przez Humboldta, Gay-Lussac'a i Bouvarta na jednem, a Araga, Pronego i Mathieu'go na drugiem stanowisku, przez oznaczenie różnicy czasu pomiędzy błyskiem a hukiem strzału armatniego w nocy na 22 września, pod Paryżem.

Według rysunku współczesnego.

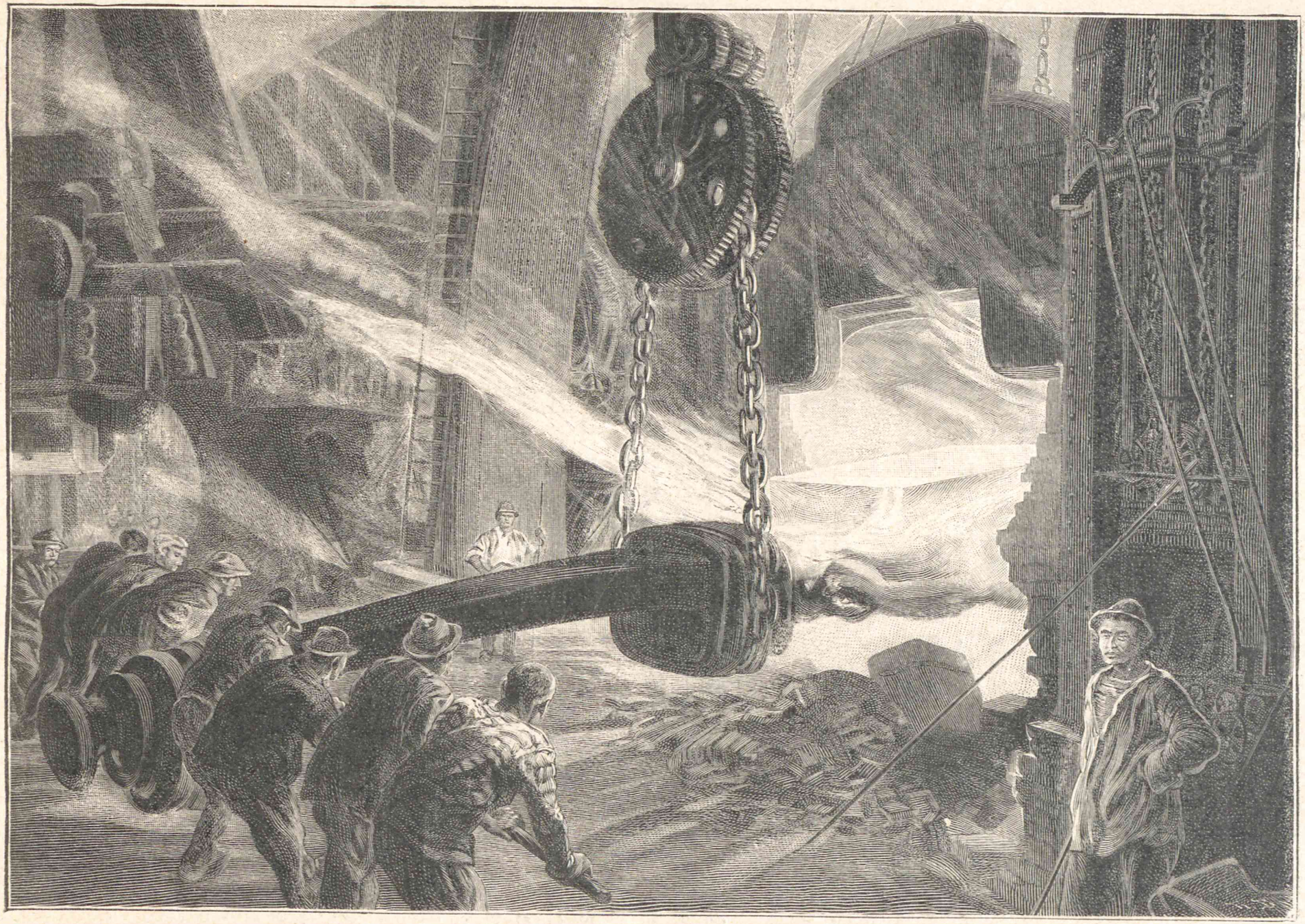
Od ziemi, rozpatrywanej jako siedlisko człowieka, zwrócimy się następnie do własności naszej planety, rozważanej jako ogniwo układu słonecznego, a tem samem do historyi badań astronomicznych, by ukazać, jak stopniowo wzmagała się nasza znajomość wszechświata. Przedstawimy, jak z mętnych wyobrażeń kosmicznych u narodów pierwotnych rozwinął się najpierw układ świata z ziemią pośrodku osadzoną, i jak potrzeba było lat tysięcy i walk nieskończonych, by zapewnić zwycięztwo dziś powszechnie uznanej teoryi układu słonecznego. W ramach obrazu tego znajdą pomieszczenie podziwu godne prace dawnych narodów oświeconych, Greków zwłaszcza, a później Arabów, dalej zaś świetny rozkwit astronomji, sprowadzony przez szereg badaczy nieśmiertelnych, obejmujący wielkie nazwiska Kopernika, Tychona Brahe, Keplera, Galileusza i Newtona. Nie pominiemy także i astrologji, zanim w końcu rozdziału podamy rys rozległego i potężnego rozwoju nauki o wszechświecie w ciągu ostatnich dwu stuleci, oraz opiszemy nowe środki pomocnicze, jakie jej obecnie do badań posługują; ocenimy wreszcie, jaką doniosłość dla ludzkości całej posiada ta praca olbrzymia, przez długi ciąg pokoleń dokonana.



Jowisz i jeden z jego pięciu księżyców, którego cień widoczny jest na tarczy planety.
Według obserwacji Bürgela w obserwatorjum Uranji w Berlinie za pośrednictwem refraktora 12-calowego.

Jako uzupełnienie tej historji badań astronomicznych damy rys doskonalenia się naszych urządzeń kalendarzowych oraz pomiarów czasu, a dalej opis środków pomocniczych, jakiemi badacz rozporządzać winien, by rezultatom swych dostrzeżeń nadać zdołał trwałość należytą, by mógł błędy swe i pomyłki poznawać i prostować. Rozdział ten dopiero w całej pełni rozpoznać dozwoli, jak niezmierną pracę duch ludzki wykonać musiał, aby dziś z usprawiedliwioną dumą spoglądać mógł na stan nauki w końcu wieku dziewiętnastego, ale zarazem też, jak ostrożnie nowe zdobycze badań przyjmować potrzeba, dopóki nie przejdą próby ogniowej potwierdzenia jak najściślejszego.

Wszechświat i człowiek! Jak się siedlisko istot żyjących wytworzyło i jak się z biegiem czasu przeobrażało, jak sameż te istoty powstały i jak się rozwijały, jak zmienny ich obraz ukazywał się w zwierciedle badań, to zapełnić ma pierwsze tomy naszego dzieła; tomy dalsze poświęcone będą



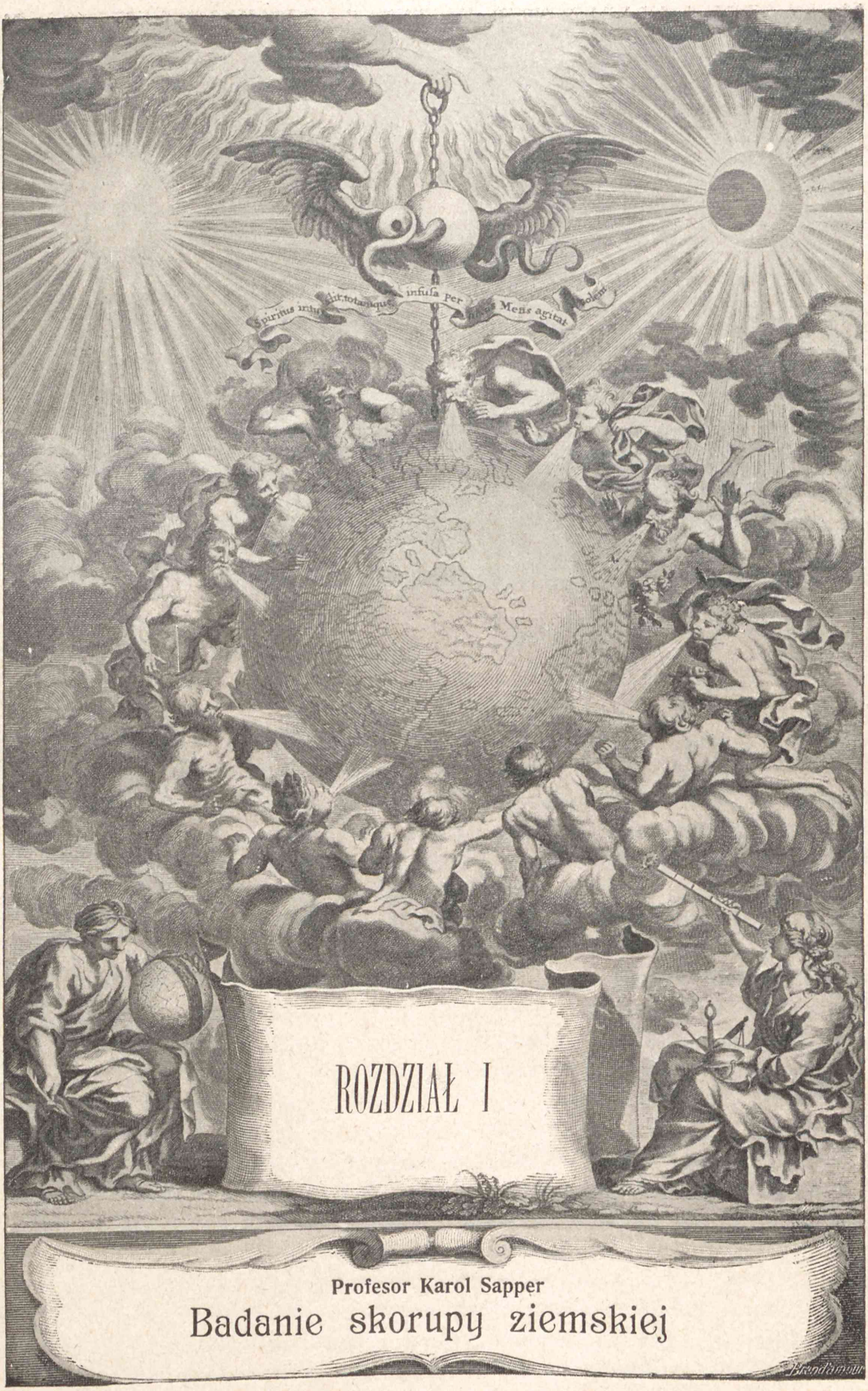
Wyrób płyt do pancerników w hutach żelaznych Le Kreuzot we Francji.

badaniom sił przyrody i ich zużytkowaniu na usługi kultury. Rozwój jednak poszukiwań czysto naukowych zajmie niewielką tylko obszerność w stosunku do niedostatecznie dotąd ocenionej roli, jaką odegrały siły przyrody przy wznoszeniu budowy całej kultury dzisiejszej rodu ludzkiego. Od rzekomej sztuki robienia złota przez alchemików, którzy, podobnie jak astrologowie, przez czas długi umieli pod osłoną przesądu mącić głowy możnych i słabych, przejdziemy do wszechwładnej dziś chemji, by rozpatrzyć aż do dni dzisiejszych jej pochód zwycięski, który dzieli z fizyką, również wpływową swą siostrą. Nie pozostaniemy zresztą wyłącznie w dziedzinie czystych badań sił natury, ale obejmiemy także wzrokiem praktyczne ich zastosowanie do usług życia publicznego i prywatnego. W słowach i rysunkach tym, co za nami podążyć zechcą, ukażemy drogę, jaką przebyła technika od czasów zamierzchłych aż do dni naszych,—od siekierki kamiennej aż do młota parowego, od skromnego koła wodnego aż do potężnych turbin Niagary, od łuku i strzały aż do działa szybkostrzelnego, od zadyszanego posłańca pieszego aż do lokomotywy przewożącej ludzi i rzeczy z szybkością wichru, i aż do telegrafu bez drutu, utrzymującego wymianę myśli między mieszkańcami ziemi.

Ciężka była walka, jaką śmiertelni od tysiącoleci prowadzić musieli głową i ręką z rozpętanemi potęgami przyrody, twarde zapasy z przemocą surową, której siła według praw wiecznych wciąż się odnawiała; drobne plemię ludzkie nie zdołało wprawdzie jeszcze stać się panem i władcą natury, zestawienie wszakże ogółu stosunków człowieka do wszechświata i sił jego, czem dzieło nasze zakończymy, nauczy nas, jak z gromady ludzkiej, która trwożliwie przed mocami przyrody pierzchała, chociaż siebie i ziemię swoję za środek świata uważała, wytworzyli się dzielni rycerze, którzy pomimo świadomości, że człowiek i jego szybko wirujące siedlisko pyłkiem są tylko w nieskończoności świata, niejednego już olbrzymiego przeciwnika do służby niewolniczej w świątyni kultury znaglili.

Ten pochód zwycięzki ludzkości przez ciąg tysiącoleci śledzić, to ma być dzieła naszego zadaniem.

Zestawienie najwyższych gór, oraz największych rzek i wodospadów na ziemi.



Podobizna tytułu dzieła A. Kirchnera „Mundus subterraneus“ z r. 1665.



Krajobraz podbiegunowy według Greely'ego.

Z licznych, tysiącznych zagadnień, które umysł ludzki zaprzątają, żadne może nie budzi zajęcia żywszego nad stare pytanie o początku i losach macierzy naszej, ziemi, o powstawaniu i zagładzie jej gór i dolin, jej mórz i lądów. Jestto rzeczą dla ducha naszego ponętną, wykrywać siły, które na obliczu ziemi sprowadzają najrozmaitsze przeobrażenia, bądź w nagłem i gwałtownem swem natężeniu, bądź też powolną, spokojną, niedostrzegalną zgoła pracą; pragniemy zgłębić zagadki, które łono ziemi w nieprzeliczonem mnóstwie kryje. Gdy skorupę ziemską starannie rozpatrujemy, poznajemy rychło nietylko różnorodność materjałów, z których cudowna ta budowla jest wzniesiona, ale znajdujemy nadto częstokroć szczątki dawno wymarłych roślin i zwierząt, świadków przeszłości wygasłej. Ztąd wysuwają się nam nowe pytania, doniosłego znaczenia; chcielibyśmy wiedzieć, jaką drogą dostały się te zabytki organiczne do łona ziemi, zkąd to pochodzi, że przechować się mogły aż do dnia dzisiejszego. Gdy zaś dalej skamieniałe te pozostałości zwierząt i roślin porównywamy z organizmami obecnie żyjącemi, gdy dostrzegamy liczne i głębokie różnice, pragnęlibyśmy się nadto dowiedzieć, czy te obce nam formy dawno minionych okresów ziemi są to płody odrębnego stworzenia, czy też wiedzie od nich droga stopniowania powolnego, przez przejścia nieznaczne, do zwierząt i roślin, które obecnie ziemię zamieszkują. Jako zaś cel ostateczny wszystkich tych badań wnętrza ziemi i jej skorupy ukazuje się nam znajomość całego przebiegu rozwoju ziemi, od pierwszych jej zaczątków aż do stanu dzisiejszego.

Jakkolwiek wskazane tu pytania obejmują przedmiot żywo nas zajmujący, zastęp badaczy, którzy na nie odpowiedzi szukali, stosunkowo zawsze był szczupły, niezbyt też dawno dopiero położono trwałe podwaliny do naukowego ugruntowania tych badań, należących do zakresu geologji i geografji fizycznej. Szerokie koła społeczeństwa doniosłość tych pytań słabo dotąd pojmują, część przeważna ludzi oświeconych zdala się od nich trzyma, zwolna jednak budzi się do rzeczy tych zajęcie coraz żywsze. Dla tego też nie ograniczymy się tu na skreśleniu dziejów badań skorupy ziemskiej, ale zarazem przedstawić zamierzamy historję rozwoju naszej planety. Przytem też wyjaśnić pragniemy, jakie znaczenie dla rozwoju człowieka miały objawy geologiczne i materjały skorupy ziemskiej, a wreszcie też w jasnem oświetleniu ukazać wpływ, jaki badania geologiczne na nasze życie umysłowe wywierają.

Nasunąć się nam tu może łatwo pytanie, skąd to pochodzi, że badania skorupy ziemskiej tak stosunkowo późno na utrwalone i usystematyzowane tory wprowadzone zostały, dlaczego rezultaty tych poszukiwań do świadomości ogółu oświeconego nie przeniknęły jeszcze w takiej mierze, jak znajomość innych gałęzi wiedzy. Na pytanie to odpowiedź jest prosta,—mamy tu przed sobą zagadnienie nader trudne, którego zgłębienie wymaga znacznej miary bystrości dostrzeżeń i daru kombinacji. Zapewne, rzeki i strumienie, cichą swą, przez całe tysiącolecia ciągnącą się pracą, wryły się głęboko w serce gór, a w dolinach swych i parowach odsłoniły nam widok na budowę tej lub owej części skorupy ziemskiej; zapewne i człowiek sam w zdumiewających swych robotach technicznych, w kopalniach, tunelach i otworach świdrowych, do znacznych już przedarł się głębokości i mógł przytem skład skorupy dokładnie rozejrzeć; jakkolwiek wszakże olbrzymie wydają się nam te zagłębienia, jakkolwiek wysoko wznoszą się góry przed oczyma naszemi, w zestawieniu z ogólną wielkością kuli ziemskiej wymiary ich są nader nieznaczne. Skoro uprzytomnimy sobie, że najgłębsze otwory świdrowe nad dwa kilometry niewiele przekroczyły (otwór świdrowy w Paruszowicach na Szląsku sięga na 2002 metry), gdy natomiast promień ziemi wynosi około 6370 kilometrów, poznajemy, że praca ludzka zdołała otworzyć sobie dostęp do nader drobnej zaledwie części wielkiej bryły ziemskiej. Najpotężniejsze nawet pasma górskie, Alpy, Andy, Himalaje, które nas zdumieniem przejmują, kurczą się w utwory karłowate, gdy je do całej kuli ziemskiej odnosimy, Same już liczby ich wysokości bezwzględnych (Montblanc 4,8 kilometra, Aconcagua prawie 7 kilometrów, Gaurizankar 8,8 kilometra) okazują się nader drobne wobec przytoczonej wyżej wielkości promienia ziemskiego, ale wybitniej wyrazić to może rysunek. W tym celu nakreślił Ferdynand Lingg część przecięcia ziemi w stosunku 1: 1.000.000; w profilu tym zatem jeden milimetr na rysunku odpowiada kilometrowi wymiarów ziemi w każdym jej kierunku, a według tej skali cała ziemia byłaby przedstawiona przez globus o średnicy 12 metrów. Na rysunku dopiero takim, który wiernie rzeczywistość odtwarza, słabe wysokości gór i nieznaczne głębie mórz widocznie się nam ujawniają,

a stąd ocenić możemy, jak drobna jest część zewnętrznej skorupy ziemskiej, bezpośrednim badaniom naszym dostępna, w stosunku do utajonego zupełnie przed nami wnętrza, o którem snuć możemy jedynie domysły, gorzej lub lepiej uzasadnione. Poglądy nasze na budowę wnętrza ziemi byłyby nawet bardziej jeszcze chwiejne, aniżeli są w istocie, gdybyśmy skazani byli na wyprowadzanie wniosków tylko przez analogję do otwartych dla bezpośrednich badań naszych obszarów jej skorupy; łaskawa jednak przyroda nastręczyła nam w wybuchach wulkanicznych środek pomocniczy, który dozwala domysłom naszym o wnętrzu ziemi i jego budowie pewność niejaką nadawać. W jakiej głębokości poszukiwać mamy ogniska, które wulkany zasila, o tem zaiste wiemy również mało, jak nie możemy powiedzieć stanowczo, co w głębszych jeszcze dzieje się otchłaniach, a jak wygląda samo już wewnętrzne jądro ziemi, to jest obecnie dla nas zupełną jeszcze zagadką i długo też zapewne, o ile przewidywania ludzkie sięgają, zagadką pozostanie.

Jeżeli wszakże badania nasze głębi ziemskich tak niedaleko kres napotykają, to z drugiej strony i na samej też powierzchni ziemi obszar dla poszukiwań tyczących się budowy skorupy dosyć jest ograniczony, do dochodzeń bowiem takich zużytkować się dają jedynie tylko lądy, obejmujące około $^2/_7$ powierzchni ziemi, gdy natomiast wszystko, co morzem jest pokryte, usuwa się od badań geologicznych. Na powierzchni nawet lądów napotykamy rozległe obszary, rumowiskami lub lodem, jakby zasłoną osnute, które przed wzrokiem naszym istotną budowę skorupy kryją.

Pomimo to obficie nastręczają się też na powierzchni ziemi miejsca, gdzie skorupa jej we wszelkich swych szczegółach daje się wyraźnie rozpatrywać, a od zarania czasów nowożytnych nie brakło mężów, którzy stosunki te w rodzinnych swych okolicach badali, by wykryć plan budowy choćby pewnej cząstki skorupy ziemskiej. Gdy wszakże usiłowano podobny układ odnaleźć i w innej, dalekiej okolicy, przekonywano się, że tam odrębne zgoła występują stosunki. Należało więc przedewszystkiem nagromadzić niezmierny materjał obserwacyjny i należycie go uporządkować, zanim rozpoznać zdołano w tych rozmaitych planach wspólne rysy zasadnicze, by stąd wreszcie wyprowadzić system ogólny, dozwalający objąć całkowitą budowę skorupy ziemskiej. Skoro zaś cel ten w głównych rysach osiągnięty został, szło znów o zbadanie, w jaki sposób działały siły, które w różnych epokach historji ziemi spowodowały rozliczne jej przeobrażenia. W obec stosunków potężnych, jakie tu dostrzegano, zbyt łatwo wzbudzić się musiała pochopność do przypisywania zmian oddzielnych jedynie tylko działaniu sił nagłych i gwałtownych; dla czasów najnowszych dopiero zachowany był dowód, że powolna praca wody, wiatru i chwiejnej temperatury, gromadząc się w ciągu okresów niezmierzonych, sprowadzać może z biegiem czasu również olbrzymie wyniki i oblicze ziemi przeobrażać zupełnie.

Cicha praca wspomnianych tu sił przyrody dokonywa się codziennie przed oczyma naszemi. Ilekroć przechadzka prowadzi nas na łono przyro-



Użycie różczki czarodziejskiej do odkrywania skarbów podziemnych.

Według dzieła Agricoli „Bergwerksbuch“ z 1580 roku.

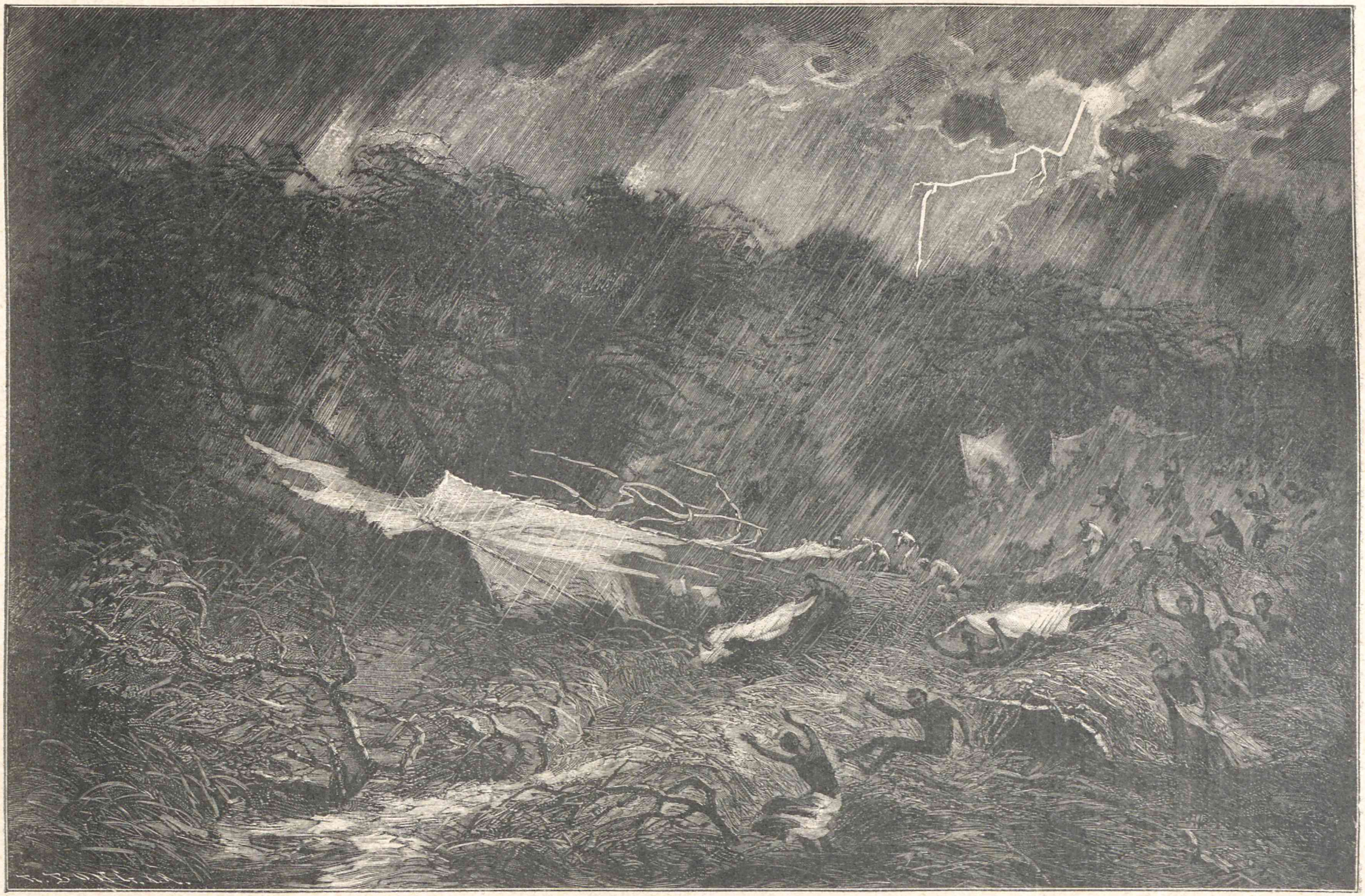
dy swobodnej, widzimy, jak wiatr pędzi tumany pyłu, jak strumyk szemrzący prowadzi ze sobą na dół piasek i kamyki stoczone, ale nie zastanawiamy się przytem, że powszednie te objawy, właśnie dla tego, że się dokonywają bezustannie i dokonywały się zawsze od czasów niepamiętnych, z biegiem stuleci niezmierne następstwa powodują, że w najściślejszem znaczeniu tego wyrazu przenosić mogą góry i morza wypełniać. Podobnie zaś jak my teraz pracę pędzącego wiatru i skrzętnego strumyka jasno wprawdzie dostrzegamy, a pomimo to o skutkach tej pracy myśleć zgoła nie zwykliśmy, tak też w czasach dawnych i najdawniejszych ludzie objawy te widzieli i obserwowali, niewielu wszakże tylko mężów wybitnych wysokie jej znaczenie poznało. Głos ich brzmiał najczęściej niewysłuchany, albo napotykał mało ufnych słuchaczy; ogół nie zdołał się do prawd tych nakłonić, codzienne te objawy były dlań nieznaczne i nieskuteczne; jedynie tylko wypadek

niezwykły, jakieś nadzwyczajne zdarzenie przyrody, wspaniałej piękności lub groźnej, przerażającej często potęgi, to tylko wytrącić mogło umysły z koła nawyknień powszednich i skłonić do rozmyślania o przyczynach tych zdarzeń, o pierwotnem powstaniu ziemi i o jej zagładzie.

Jeżeli objaw ten powszechny był u narodów mniej lub więcej w kulturze posuniętych, to w daleko wyższej mierze występuje u ludów pierwotnych. To prawda, że człowiek na łonie natury żyjący ma zmysły pod niejednym względem lepiej wyćwiczone i zaostrzone, aniżeli my, zniewieściali wychowańcy kultury, stosuje je wszakże wyłącznie do celów praktycznych, do orjentowania się w wyprawach i do innych zajęć podobnych; zaprzątać się trudnemi zagadnieniami nie pragnie zgoła. Dostrzega zamącenie strumieni i rzek po ulewnych deszczach i wie dokładnie, że przyczyną tego zamącenia jest ziemia spłókana; wie także dobrze z własnego doświadczenia, że podczas przyboru rzeki unoszą wielkie głazy stoczone, a potem po obniżeniu się poziomu wody znowu je odkładają; zna wędrowne ławice krzemieni i piasku, które mu żeglugę utrudniają, zna z własnych spostrzeżeń pracę fal wodnych i ich działanie niszczące. Nie zastanawia się wszakże, jakie wyniki ogólne wytworzyć się mogą z tych działań przez ich gromadzenie się w ciągu długiego okresu, nie troszczy się tem, że mogą wpływ istotny na ukształtowanie powierzchni ziemi wywierać. Wzrok jego zwrócony jest tylko na rzeczy bliskie i najbliższe; co jest dalekie i odległe, jest dlań obojętnem zupełnie, a tyczy się to zarówno przestrzeni jak i czasu; pod tym względem zbliża się do myśli i uczuć dziecka. Tego dawniej nieraz nie rozumiano i pojęciom człowieka pierwotnego przyznawano pewne rysy, które są im obce zupełnie; ulegając polotom fantazji, wyobrażano sobie, że łagodny szmer liści w samotni lasu dziewiczego wywierać winien wrażenie głębokie na umysł człowieka pierwotnego, że powiew wichru, gałęźmi drzewa wstrząsający, wydaje mu się zapewne głosem jego Boga. Obserwacja wszakże trzeźwa przekonywa, że człowiek pierwotny na szmer liści lub na szum wichru uwagi zgoła nie zwraca; nawykł do nich od młodości i do zastanawiania zgoła go nie pobudzają. Potrzeba wybitniejszych, bardziej niezwykłych zjawisk przyrody, by go do rozmyślania skłoniły; już burza ze swą błyskawicą i ze swym toczącym się grzmotem wywiera nań zwykle wrażenie silne, w tych zwłaszcza okolicach, gdzie objawy te występują rzadko, a znamionują się potężnemi wyładowywaniami elektrycznemi i rzęsistemi ulewami; dla tego też u najrozmaitszych narodów tak często napotykamy błyskawicę i piorun, jako atrybuty bóstw najwyższych. Często też podczas silnej burzy zbierają się dzicy w swych domach bożych, by przez modły i ofiary, przez tańce i inne ćwiczenia, gniew Boga swego ułagodzić; gdy piorun wznieca pożar lub człowieka zabija, wiara jest powszechna, że wypadki te są karą za jakieś przestępstwo. Skoro wszakże burza łaskawie minęła, człowiek pierwotny znów jest uspokojony zupełnie i już nie zaprząta się tem, by snuć rozważania przyrodnicze o przyczynach i następstwach burzy.

Nieco głębsze wrażenie wywierają na człowieka pierwotnego dostatecznie silne trzęsienia ziemi; ale jedynie wstrząśnienia rzeczywiście potężne, podczas których ziemia się rozszczepia, pochłaniając ludzi i inne twory, oddziaływają tak potężnie na umysł dzikiego, że nieraz przechowują się w pamięci licznych pokoleń, dodatkami późniejszemi zupełnie przetworzone. Inne znów, silne nawet trzęsienia, pozostają często przez krótki tylko ciąg czasu we wspomnieniu człowieka, co stąd pochodzi, że wobec niskiego stanu kultury trzęsienie ziemi w ogólności znacznie mniejsze szkody zrządza, aniżeli wobec wyższego jej rozwoju. Drobne chaty, liśćmi palmowemi lub słomą kryte, podczas najgwałtowniejszych nawet wstrząśnień ziemi nie ulegają zniszczeniu; nie zapadają się i nie grzebią mieszkańców pod zwaliskami swemi, jak to się dzieje często z kamienicami europejczyków, a gdzie niebezpieczeństwem znacznie mniejszem grozi, wywiera też trzęsienie ziemi i wrażenie słabsze. Stanie się to dla nas jasnem zupełnie, gdy rozważymy przykład jakikolwiek. Przypomnijmy sobie trzęsienie na Ischii d. 28 lipca 1883, podczas którego osada kąpielowa Casamicciola prawie zupełnie zburzona została, a wielu mieszkańców życie straciło; wyobraźmy sobie na miejscu kilkopiętrowych gmachów tego miasta niskie chaty Indjan lub Negrów, a nie przypuścimy zgoła, by trzęsienie takiegoż samego natężenia zrządzić mogło jakiekolwiek szkody; pojmujemy też, że wspomnienie o gwałtownem wstrząśnieniu ziemi ustąpi rychło z pamięci dotkniętego niem plemienia, nikt tam bowiem nie opłakiwał straty ludzi lub własności. Człowiek w stanie pierwotnym, którego obszar widzenia jest w ogólności szczupły, troszczy się mało o rzeczy, które nie dotyczą szkodliwie jego osoby, jego rodu, jego plemienia, poprzestaje też najczęściej na odwołaniu się do pewnego bóstwa lub do pewnej istoty bajecznej, która ma władzę ziemię w trzęsienia wprawiać, i nie wiąże z tem żadnych dalszych badań przyrodniczych.

Toż samo dzieje się i z tłomaczeniem zjawisk wulkanicznych. Gdzie góry ogniste ujawniają wulkaniczną swą działalność prawidłowo lub często przynajmniej, nie zrządzając przytem szkód żadnych otoczeniu, w pobliżu przebywający człowiek pierwotny jest z niemi od młodości oswojony; również mało lub również wiele o nich rozmyśla, jak o statecznym biegu słońca lub księżyca, albo też o przebiegu zjawisk atmosferycznych. Inaczej zapewne rzeczy się mają, gdy następuje wielki wybuch wulkaniczny, gdy ciemność przez dnie całe zalega okolicę, ziemia drży, a góra we wnętrzu swem grzmi i huczy, gdy błyskawice pędzą przez czarne kłęby dymu, gdy deszcz popiołem przejęty ziemię zalewa, a potoki lawy wyrywają się ze stoków góry i w zwycięskim swym pochodzie, wolniej lub prędzej, rozlewają się po bujnych polach, szerząc na nich zniszczenie i zagładę,—wtedy, zaiste, i człowiek pierwotny nie może uniknąć wrażenia przemożnego, jakie na umysł ludzki wywierać musi widok tak potężny. Nie do przyrodniczych wszakże rozważań skłaniają go te zjawiska wspaniałe, ale przedewszystkiem budzi się w nim myśl ocalenia siebie samego i sobie bliskich, może też i szczupłego majątku, a najczęściej przypisuje znów wybuch rozgniewanym



Burza nocna w okolicach zwrotnikowych (Afryka podrównikowa).

Według szkicu Wiktora Giraud, narysował Riou.

bogom, podobnie jak i ludzie w chrześcijańskiej posunięci kulturze w wybuchach wulkanicznych nieraz jeszcze wyroki boże dostrzegają.

Ponieważ wielkie wybuchy wulkaniczne rzadko stosunkowo zachodzą, a przytem niekiedy, jak świadczy słynny wybuch wulkanu Coseguina w styczniu 1835, przechodzą bez znacznych strat w ludziach i dobytku, stąd w podaniach ludzi pierwotnych nie są zbyt często wspominane, nie odgrywają też roli zbyt wybitnej w religijnych ich poglądach. Bliski związek trzęsień ziemi z objawami wulkanicznemi nie mógł, oczywiście, ujść uwadze narodów dawnych, podobnie jak i obserwatorom nowoczesnym, a Indjanie Ameryki środkowej z plemienia Quiché ujmują łączność tę w sposób dobitny, odwołując się do dwóch półbogów, braci Sipakua i Kabrakan, z których jeden góry tworzy, a drugi je niweczy i ziemią wstrząsa.



Trzęsienie ziemi.

Według drzeworytu w dziele Sebastjana Münstera „Cosmographia“ z 1550 roku.

Daleko większe straty w ludziach i dobytku, aniżeli od burz, trzęsień ziemi i wybuchów wulkanicznych, ponosiły niewątpliwie narody pierwotne od wylewów, zwłaszcza, gdy te powodowane były wypadkami nieprzewidywanemi, jak np. trzęsieniem ziemi, burzą gwałtowną albo załamaniem się brzegów jeziora; dla tego też u wielu narodów dawnych przechowały się żywe jeszcze wspomnienia o wielkich potopach, chociaż znów w różnych obszarach rozległych, jak zwłaszcza w całej prawie Afryce, brak zupełnie podań o takich zdarzeniach przyrody. Zalewy zwykłe, powodowane przez wezbranie rzek lub przez nawałnice, trudno zapewne dawać mogą podnietę do podań długotrwałych, wydają się bowiem zjawiskami łatwo zrozumiałemi, mieszkańcy zaś okolic, na zalewy takie narażonych, chronić się od nich umieją zwykle przez dobór siedliska zabezpieczonego. Inaczej wszakże dziać się musiało z niezwykłemi objawami przyrody, których nie przewidywano i przeciw którym nie można też było podejmować żadnych środków ochron-



Casamicciola na wyspie Ischia po trzęsieniu 28 lipca 1883 roku.

Według fotografji Sommera w Neapolu.

nych. W takich też razach niewątpliwie ginęły często liczne zastępy ludzi, a niekiedy zapewne z całego plemienia niewiele tylko osób ocalić się mogło w okolicznościach szczególniej pomyślnych. Przypomnieć sobie tylko trzeba, jakie to niesłychane tłumy ludzi padały ofiarą nadzwyczajnych przypływów morskich, wywołanych trzęsieniem ziemi w Lizbonie 1755 r., wybuchem wulkanu Krakatau 1883, lub niejednym cyklonem indyjskim, by łatwo pojąć opowiadania o zniszczeniu całych plemion. W samej rzeczy, jak to dowodnie wykazał Ryszard Andree w swoich „legendach o potopie," znaczna liczba podań takich u plemion amerykańskich, od Eskimosów z półwyspu Księcia Walji aż do Araukańczyków, sprowadzić się daje wyraźnie do przypływów przez trzęsienie ziemi sprowadzanych, a tradycja Araukańczyków opowiada nietylko o potopie, ale zarazem i o wybuchach wulkanicznych, w których zapewne przyczyny tego zalewu dopatrywać się należy. Gdy podania o potopie tyczą się okolic śródlądowych, mogły mieć źródło w załamaniu się brzegów jezior, jak u plemienia Muyskas (Chibchas) w Kolumbji, albo u mieszkańców Tybetu i Kaszmiru. W innych jeszcze razach niektóre legendy o potopie wywołane być mogły przez wykopaliska skamieniałych ryb, korali i muszel, które się już ludziom w dawnych czasach nastręczały; poznajemy to mianowicie w podaniach Samoańczyków, mieszkańców wysp Towarzyskich i Eskimosów centralnych. Niekiedy też cyklony same przez się, lub też w straszliwem połączeniu z trzęsieniami ziemi, były przyczyną najgroźniejszych przypływów, które we wspomnieniach narodów długo przeżyły. Do tej kategorji wydarzeń należy też, według ścisłych dochodzeń Edwarda Suessa, wielki potop, który w połączeniu z trzęsieniem ziemi zalał niegdyś dolne porzecze Eufratu i Tygrysu i dał powód do biblijnego, zarówno jak i do dawniejszego jeszcze podania babilońskiego o potopie powszechnym. Powiodłoby to nas zbyt daleko, gdybyśmy wszystkie legendy rozważać tu chcieli; przytoczymy wszakże jednę baśń, z tego względu osobliwą, że obejmuje inne założenia i wypadki, aniżeli znane powszechnie legendy o potopie; jest to podanie Indjan Quiché z Gwatemali. Przechowało się w piśmie indyjskiem Popol Vuh i traktuje o zagładzie pierwszych ludzi, którzy nie chcieli z wdzięcznością wspominać swego pana i stworzyciela i dlatego na zagładę oddani zostali. Wieść ta brzmi, jak następuje:

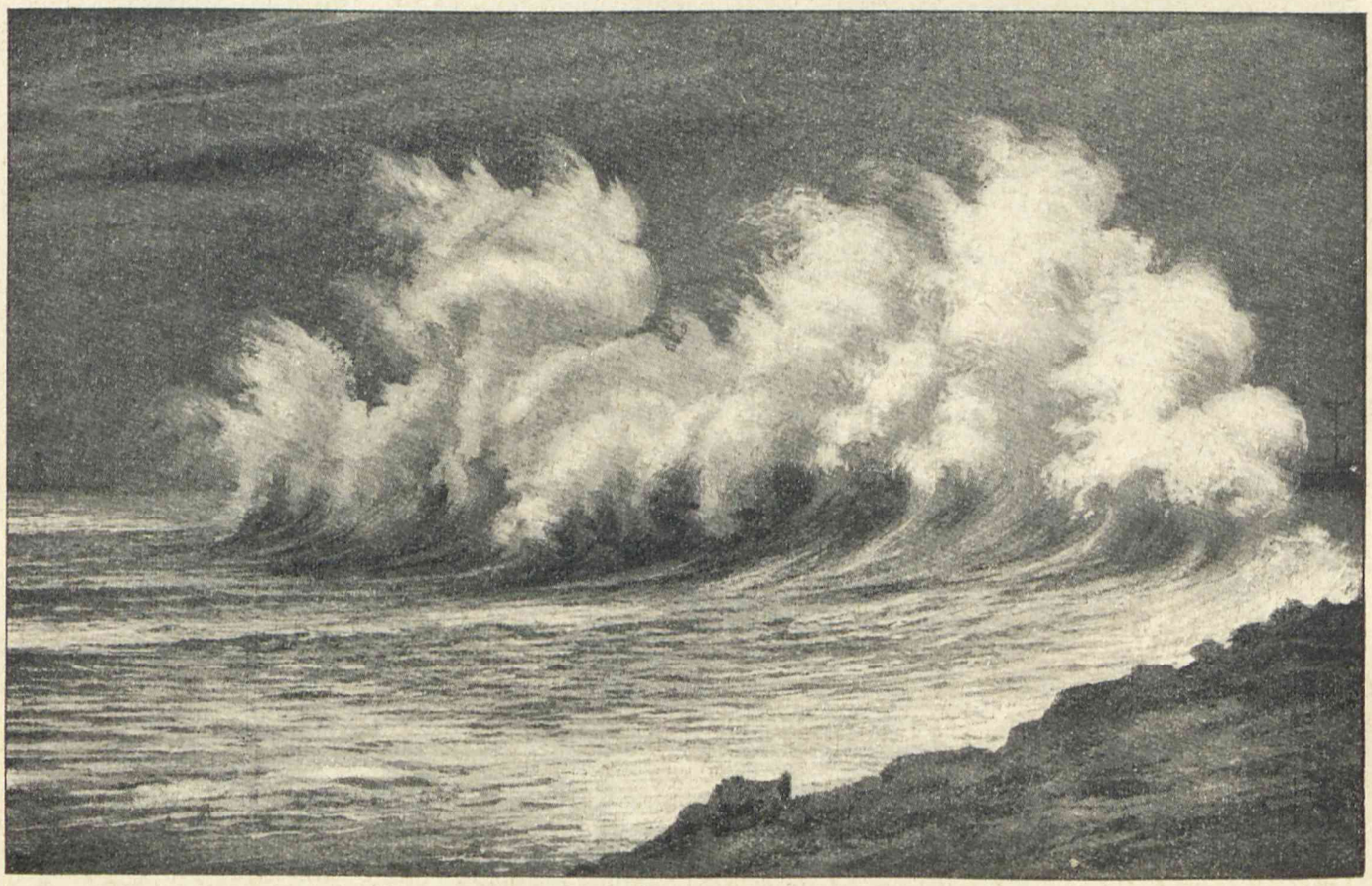
„Podniosła się wielka fala, która na nich naszła; z drzewa korkowego było mięso mężczyzn, a kobiety utworzone były z rdzenia trzciny. Gdy o stwórcy swoim nie myśleli i za stworzenie swoje nie dziękowali, zabici zostali i zatopieni. Spadło wiele żywicy i smoły z nieba, przybył ptak, zwany Ksekotkowuch i wydarł im oczy, inne zwierzę, zwane Kocbalam, pożarło ich mięso, a Tekumbalam pogruchotał ich kości i nerwy i zrobił z nich mąkę, a to było karą i chłostą, że nie dziękowali swojej matce i swojemu ojcu, swojemu panu, zwanemu Hurakan, który jest sercem nieba. Zaćmiło się oblicze ziemi i rozpoczął się deszcz ulewny w dzień i w nocy i przybyły zwierzęta wszelkiego rodzaju, małe i wielkie, i przybyły drzewa i skały, i w twarz ich uderzyły i urągały im, i wszystkie mówiły, kamienie



Zniszczenie domów i plantacji przez strumień lawy spływający z Wezuwiusza.

Według miedziorytu w dziele Hamiltona „Campi Phlegraei“ z 1766 roku.

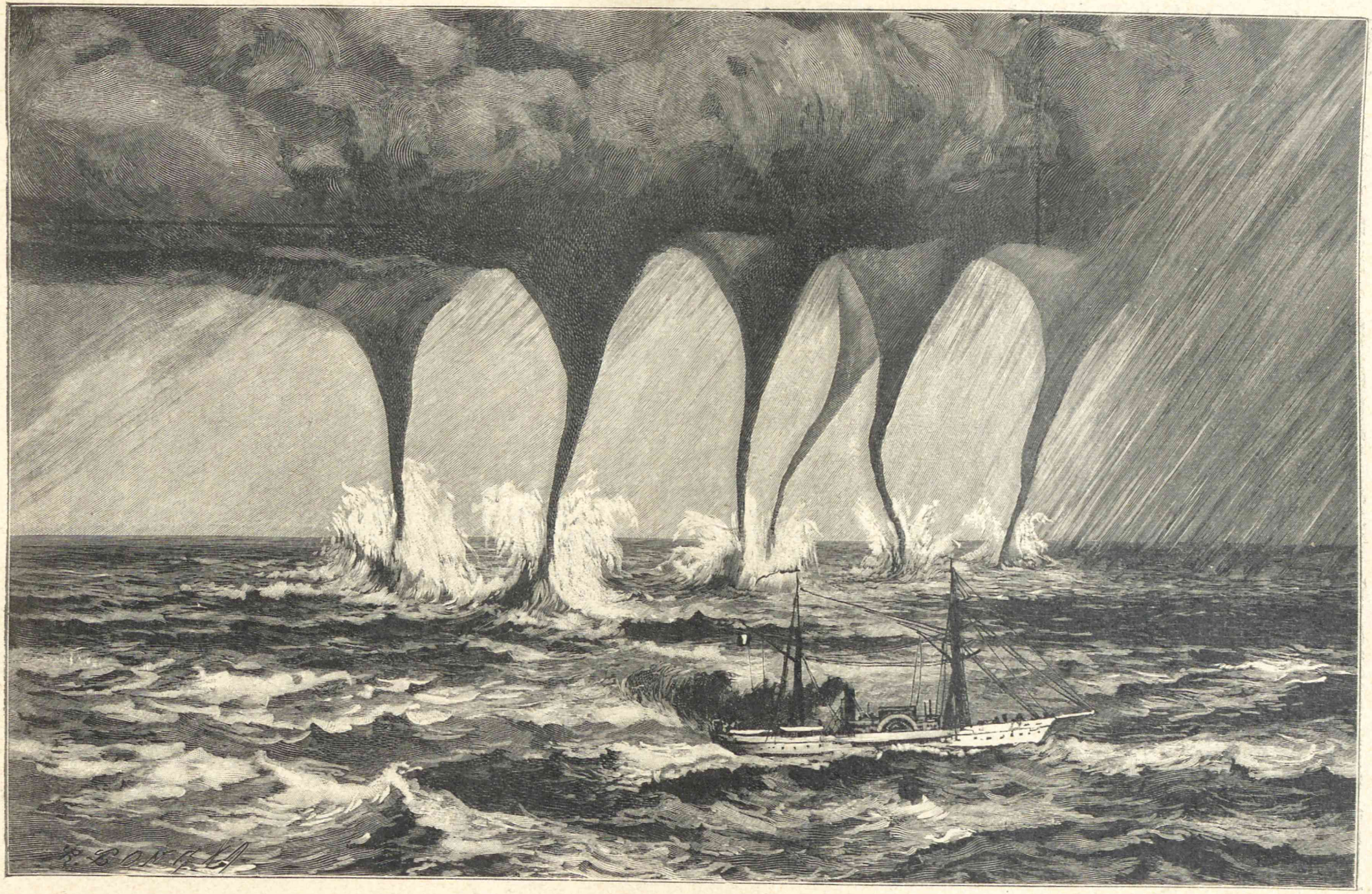
młyńskie, patelnie, talerze, naczynia i garnki, a także psy; wszystkie urągały im i mówiły: Bardzo źle obchodziliście się z nami, gryźliście nas i tak samo my was gryźć będziemy — powiedziały psy i kury, a kamienie młyńskie mówiły: Byłyśmy przez was bardzo dręczone, każdego dnia rano i wieczorem, teraz wy naszą siłę poczujecie, zmielemy mięso wasze i mąkę z ciała waszego zrobimy. Tak mówiły kamienie młyńskie, psy zaś mówiły: Nie dawaliście nam jeść, ale stałyśmy tylko zawsze i patrzyły na was, a wyście nas wypędzili i zawsze był kij gotów, by nas bił. Teraz wy uczujecie zęby, które są w paszczy naszej, pożremy was, — powiedziały psy, a patelnie i talerze mówiły, jak następuje: Ból nam sprawialiście i udręczenie, nasze usta i twarz nasza były sadzą uczernione; zawsze prażyłyśmy



Fala przypływu w oceanie Indyjskim na wybrzeżu Cejlonu
podczas burzy północno-zachodniej w jesieni 1900 roku.

się nad ogniem, paliliście nas, a myśmy czuły ból, teraz wy tego doznacie, a my was palić będziemy,—powiedziały garnki i twarze ich parzyły. A ludzie z pośpiechem rozbiegali się przerażenia pełni; chcieli na domy wejść, ale domy zapadły się i ich pogrzebały; chcieli się do jaskiń schronić, ale jaskinie się zamknęły, a tak wszyscy zabici zostali".

Rozglądając liczne wieści o potopie, poznajemy, że najczęściej podanie wiązało się z rzeczywistemi objawami przyrody. Chociaż jednak wspomnienia takie, rozmaitem ubarwieniem mistycznem osnute, wyryte są w sercach wielu narodów, to wszakże ani razu nie powiodły do dochodzeń przyrodniczych o istocie i przyczynach takich katastrof; jedne z narodów pierwotnych przyjmowały zdarzenia te bez żadnych tłomaczeń, poprostu jako wy-



Trąby morskie na wybrzeżu zachodniem Afryki w 1884 roku.

Według szkicu świadka naocznego porucznika Coffinières de Nordeck, narysował Weber dla pisma „La tour du monde".

padek czasów ubiegłych, inne dostrzegały w nich wyroki boże. Myśl, że przebieg prawidłowy działań natury do zdarzeń takich prowadzić może, a w pewnych okolicznościach koniecznie nawet wywołać je musi, zbyt była oderwana, by powstać mogła u dzieci natury, konkretnie zawsze rozumujących. Widzimy przecież, jak w przytoczonem podaniu indyjskiem występują przemawiające zwierzęta i sprzęty; i dziś zresztą jeszcze Indjanie w zwykłych swych rozmowach przytaczają nieraz odzywające się zwierzęta i rośliny, a nawet wody i góry; świadczy to, że materję wyobrażają sobie jako ożywioną, a stąd też w objawach przyrody dostrzegają czyny osobiste istot nieprzyjaznych.

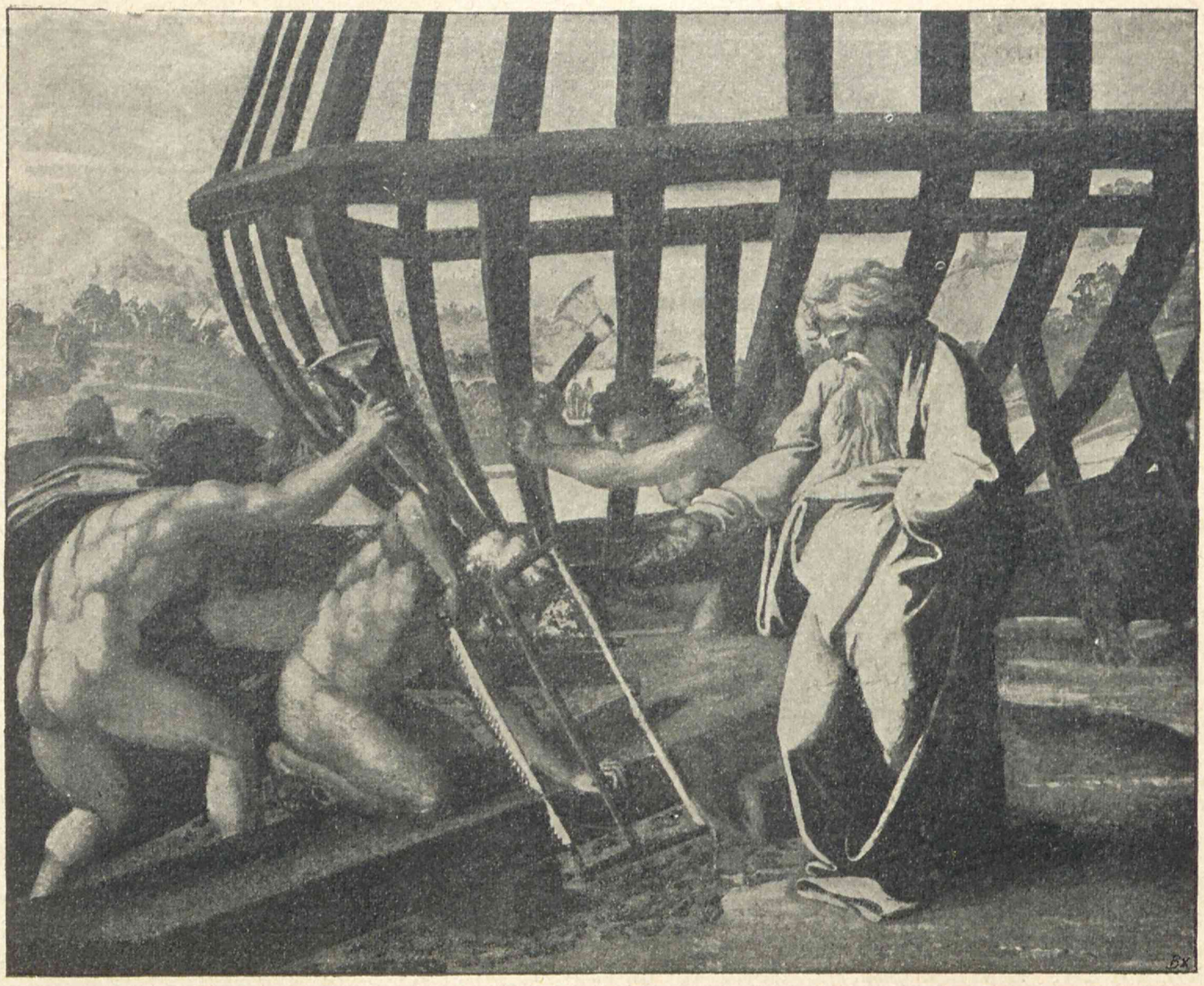
Niemniejszą też rozmaitość i osobliwość znajdujemy w podaniach o stworzeniu lub powstaniu świata. Poprzestać tu wszakże musimy na zaznaczeniu, że przeważnie narodom dawnym materja wydawała się wieczną, działalność zaś twórcza ich bogów sprowadzić się daje najczęściej jedynie do przeobrażenia substancji pierwotnej, a zwłaszcza do rozdzielenia lądu i wody. Oświecone nawet narody starożytne, chociaż głębiej zadanie to obejmowały, od pojęcia wieczności materji oderwać się nie mogły.

Tak kosmologja japońska powstanie świata tłómaczy w sposób następny: „W czasach dawnych, gdy niebo nie było jeszcze od ziemi oddzielone, a to, co jest mętnem, nie było wyróżnione od tego, co jest czystem, istniał tylko eter pierwotny, mieszanina do jajka podobna. Co jest czyste, uniosło



Potop.

Według miedziorytu M. Meriana w dziele Gottfrieda „Chronica“ z 1633 roku.



Budowa arki przed potopem.

Według obrazu Rafaela.

się jako lżejsze w górę i stało się niebem, co ciężkie, mętne, ścięło się w wodzie na osad i stało się ziemią.“

Z tak materjalistycznem pojmowaniem początku świata przez narody wschodnio-azjatyckie w ostrej pozostają sprzeczności pomysły filozoficzne kosmogonji indyjskiej. Tak mówi hymn 129 księgi 10 Rigvedy: „Ciemnością zakryte było wszystko, woda w początku nie wyróżniona. Stąd powstała noc i pieniące się morze. Z pieniącego się morza zrodził się czas, ustalił dnie i noce, czas, który ma moc nad wszystkiem, co oczyma porusza. Z kolei ukształtował Stwórca słońce i księżyc, niebo i ziemię, krąg powietrza i obszar eteru.“

Pojmujemy łatwo, że opis taki nie mógł to być wytwór naiwnego umysłu ludowego, ale wysnuty być musiał przez kapłanów i myślicieli; w samej też rzeczy śród ludu w Indjach rozpowszechnione były inne zgoła poglądy o powstaniu świata. Tak mówi jedno z tych opowiadań; „Na początku to wszystko było nic; zmieniło się, stało się jajkiem, które rok leżało; rozdwoiło się, obie skorupy były srebrem i złotem, srebro jest ziemią, złoto jest niebem, błoną są obłoki, żyłki są rzekami.“ Wyraźniej i w spo-

sób niezwykle poetyczny o powstaniu świata mówi mit inny: „Z wody pierwotnej wzniósł się złoty kwiat lotosu; z pąka jego wystąpił najpierw Brama, a ten z oddzielnych części kwiatu utworzył części świata.“ Takież same prawie pomysły napotykamy i u ludu egipskiego.

Zgoła inaczej sądzą narody skandynawskie: W kosmogonji „Eddy“ istnieje tylko czas pierwotny, a dalej otchłań ziejąca, wszechświat, i Ymir, materja, która i tu, jak i u tylu innych narodów dawnych, jest czemś pierwotnem, wiecznem, co potem dopiero bogowie przeobrażają. A znowu inaczej brzmi opowiadanie biblji o stworzeniu: Wszechmocny Bóg osobowy tworzy tu z niczego świat cały, jednakże nie nagle w całej jego wspaniałości i w pełnym rozwoju, ale „ziemia była pusta i próżna, i ciemno było na głębokościach, a duch boży bujał po nad wodami“,—znajdujemy tu więc pojęcie materji, ciemnością owianej, i istotę duchową, osobową, która materję w sposób celowy przeinacza i kształtuje. Wprawdzie czytamy tuż dalej w opowiadaniu mojżeszowem: „A Bóg rzekł: stań się światło i światło się stało“, a więc tylko słowem swojem stworzył Bóg światło; gdy zważymy jednak, że narody dawne w ogólności wyobrażały sobie światło jako pewnego rodzaju substancję, a według rozdziału I księgi I Mojżesza materja już istniała, to nie potrzeba zgoła koniecznie sądzić o istotnem stworzeniu tego światła z niczego, ale przebieg ten pojmować można jako oddzielenie substancji świetlnej od materji pozostałej, wyobrażenie zaś takie i innym narodom nie było obce. Podobny rozdział nastąpił też przez słowo boże w rozpołowieniu morza pierwotnego na dwie części, które rozgraniczone zostały firmamentem niebieskim, a również w oddzieleniu suszy od wilgoci, lądu od morza. Potem nastąpiło stworzenie życia roślinnego, brył niebieskich, zwierząt, a wreszcie człowieka.

Jakkolwiek wszakże mojżeszowa historja stworzenia wyróżnia się od wszelkich innych podobnych opowieści jasnem objęciem i jednolitym charakterem monoteistycznym, to wszakże istotną cechę jej odrębności przedstawia jedynie wiersz pierwszy księgi pierwszej Mojżesza, stworzenie nieba i ziemi z niczego. Henryk Zimmern wszakże w wybornem swem dziele o biblijnej i babilońskiej historji pierwotnej zwrócił uwagę, że mojżeszowa historja stworzenia napisana została dopiero po powrocie z wygnania babilońskiego, najwcześniej zatem w VI wieku przed Chr., i nie jest zgodna z dawniejszem podaniem izraelskiem, które mówi o walce Boga z istotą nieprzyjazną (lewiatanem, smokiem, wężem) przed stworzeniem świata (Por. Psalm 89 i 74, Jezajasz rozdz. 51, Job rozdz. 6 i 9).

Osobliwe te stosunki stają się bardziej zrozumiałe, gdy rozważamy obok nich dawny mit babiloński, przechowany na kilku płytach z napisami klinowemi, a pochodzących z bibljoteki króla asyryjskiego Asurbanipala (Sardanapala u Greków). Poemat ten zaczyna się, jak następuje:

„Niegdyś, gdy w górze niebo nie było nazwane,
A na dole ziemia nazwy nie miała,
Gdy jeszcze ocean pierwotny, ich rodzic,



Stań się światło.
Według obrazu I. K. Ajwazowskiego.

I padół Tihamat, ich wszystkich matka,
Wody swe razem w jedno mieszały,
Wtedy powstali pierwsi bogowie."

Znaczy to innemi słowy: Na początku istniało tylko morze pierwotne, uosobione jako istota męzka i żeńska. Następnie zrodzili się bogowie. Tihamat, matka bogów, powstaje przeciw bogom górnym i do pomocy w boju stwarza sobie istoty potworne. Marduk jednak zbroi się w łuk i kołczan, w miecz sierpowaty i trójząb, i na swym wozie wojennym wyrusza przeciw Tihamat; wbija jej miecz w ciało, bierze do niewoli jej pomocników i rozbija wreszcie zwłoki Tihamat na dwie części:

„Połowę jednę wziął, zrobił z niej pułap niebieski,
Rozciągnął przed nim przegrodę, ustawił tam strażników,
By wody nie wypuszczali, tak im rozkazał".

Tak więc powstało niebo, podobnie jak w mojżeszowej historji stworzenia, gdzie również wody górne tworzą ocean niebieski, sklepieniem niebios odcięty od dolnego oceanu ziemskiego.

Jest rzeczą prawdopodobną, że Hebrajczycy od Babilończyków przejęli legendę o stworzeniu świata. Stworzenie świata z niczego, które przytoczyliśmy, jako cechą wyróżniającą mojżeszowe dzieje stworzenia od wszelkiej innej kosmogonji, jest późnym dopiero wytworem wiary żydowskiej.



Potop.

Według obrazu I. K. Ajwazowskiego.

Zaprzeczyć nie można, że żydowskie i indyjskie mity o stworzeniu świata pod użyzniającym wpływem religji i filozofji wybiły się do znacznej wysokości. Rzecz wszakże również jasna, że obu tu wskazanemi drogami niepodobna było dojść do przyrodniczego pojmowania i wyjaśnienia początku świata. Łatwiej już mogłyby to osiągnąć narody wschodnio-azjatyckie, których kosmogonja opierała się na rozległem pojmowaniu materjalistycznem; ale zapowiadający się korzystnie zarodek nie zdołał się rozwinąć w roślinę kwitnącą, a ostatecznie uznać należy, że ani u narodów pierwotnych, ani u dawnych narodów oświeconych, badanie naukowe skorupy ziemskiej zgoła nie rozkwitło. Wielki ten krok, który prowadzić miał do systematycznego przyrodniczego pojmowania wszystkich zagadnień, zachowany był Grekom.

Zwracając się do nich, rozpoczynamy właściwą historję badań skorupy ziemskiej.



Bóg rozdziela niebo i ziemię. Według Rafaela.

Historja badań skorupy ziemskiej.

Przegląd ogólny.

W starożytności początek naukowemu badaniu ziemi dają Grecy, naród nieliczny, ale osobliwie uzdolniony, który w wielu dziedzinach ludzkiej wiedzy i działalności zdumiewające wydał plony. Na nieszczęście wiele pism filozofów greckich do nas nie doszło, a stąd też często z mozołem zaledwie, z luźnych wzmianek i cytat przytoczonych wyśledzić można, jaki był pogląd istotny autorów, których dzieła do czasów naszych nie przetrwały. Z wielką wszakże usilnością i bystrością zestawili nowsi badacze poglądy wyrażone w pismach przechowanych, a stąd odbudowali cały system naukowy myślicieli greckich. Z największem powodzeniem przeprowadzili to Albert Forbiger i Hugo Berger, a z wywodów ich w dalszym ciągu nieraz korzystać nam wypadnie.

Działalność naukowa Greków przedstawia w rysach ogólnych obraz bardzo pocieszający,—w miejsce dziecinnych rojeń ludów pierwotnych, w miejsce filozoficznych spekulacji różnych narodów dawnych, występują tu naukowo uzasadnione hypotezy o powstaniu naszej macierzy, ziemi. Jeżeli uzasadnienie ich wiele jeszcze do życzenia pozostawia i stąd często nie daje się utrzymać ze stanowiska nauki dzisiejszej, i jeżeli pomimo wszelkiej bystrości nie osiągnęli Grecy rezultatów ostatecznie utrwalonych, to pamiętać należy, że posiadali oni do rozporządzenia niewiele tylko wiadomości doświad-

czalnych wraz ze szczupłym zasobem przekazanej im wiedzy egipskiej i babilońskiej, a może i indyjskiej. Cały przeto ogół wiedzy przyrodniczej nieledwie z niczego tworzyć musieli, a pomimo to doprowadzili ją do wysokości, na jakiej stali mężowie tak wybitni, jak Demokryt lub Arystoteles.

Z naukowym również duchem przystąpili Grecy do badań skorupy ziemskiej i śledzili otwartem okiem rozliczne zjawiska, które do zmian na powierzchni ziemi prowadzić mogą. Z oddzielnych dostrzeżeń objawów przyrody wychodząc, starali się przez uogólnianie obserwacji szczegółowych tłómaczyć wielkie procesy w naturze.

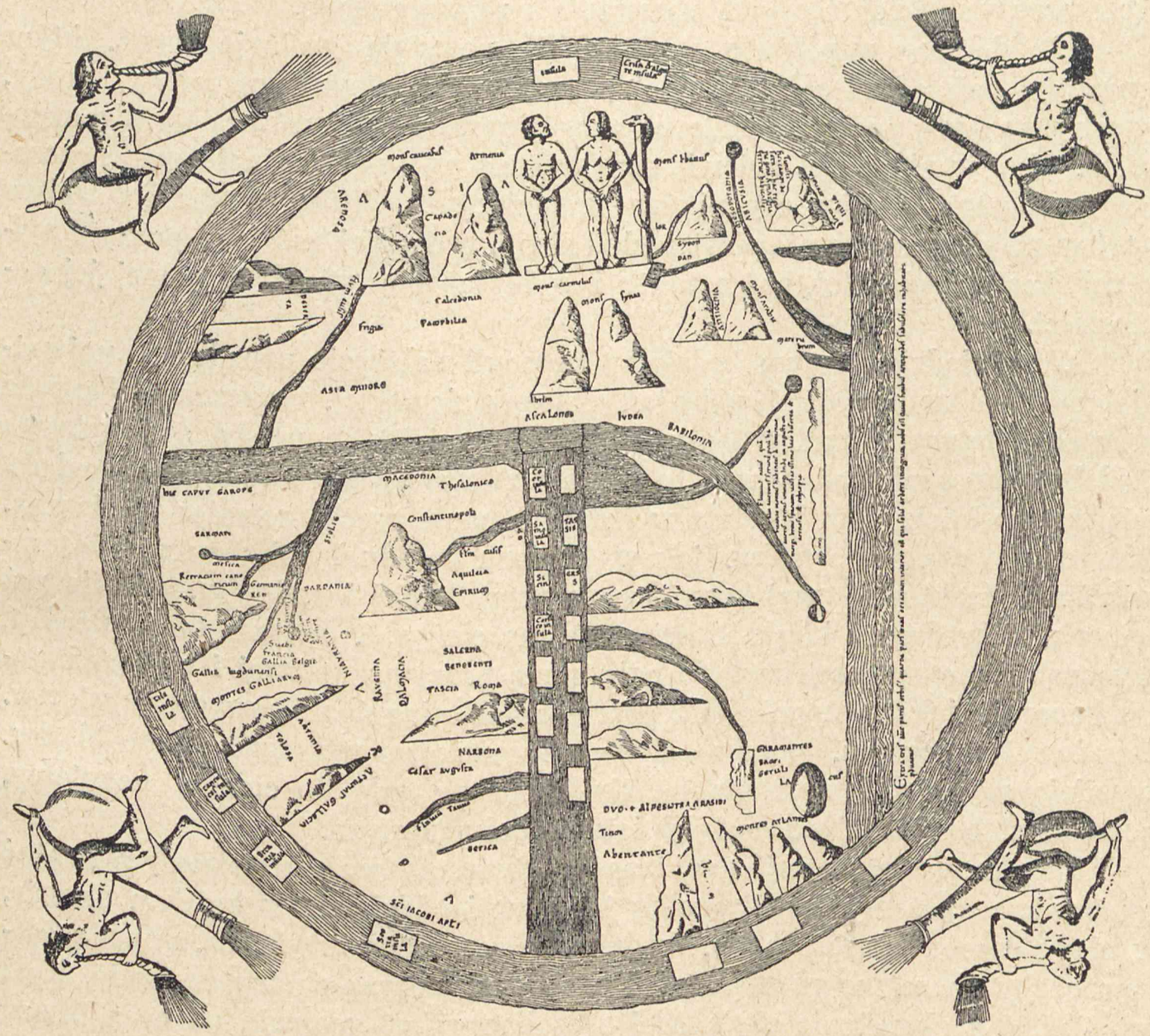
W jednolity wszakże system powiązać nie potrafili wiadomości zdobytych o naturze skorupy i jądra ziemi, oraz o przeobrażeniach jej powierzchni; na stanowisko nauki istotnej wynieść ich nie zdołali. Przyczyna niepowodzenia tego stąd przedewszystkiem wypływa, że nie przedarli się wraz z górnikiem do głębin skorupy ziemskiej, by tam budowę jej istotnie rozpatrzeć; wzrok ich pozostał na powierzchni utkwiony, a stąd brakło im wszelkich badań systematycznych nad składem kory ziemskiej. Prócz tego i obręb dla ich poszukiwań otwarty zbyt był ograniczony, by zebrać mogli dostateczny zasób różnorodnych dostrzeżeń, koniecznych do należytego rozumienia przeobrażeń powierzchi ziemi.

Rzymianie probowali wprawdzie nauki Greków samodzielnie dalej rozwijać i w nową szatę je oblec, działalność ich wszakże pozostaje znacznie poza oryginalną pracą przyrodników greckich.

Wieki średnie ze swemi niezliczonemi burzami politycznemi nie sprzyjały zgoła pomyślnemu rozwojowi nauk, dla tego też dziwić się nie można, że badanie skorupy ziemskiej w tym okresie stanowczo się cofnęło. Bezpłodność umysłowa owych czasów tkwiła w żywiole religijnym, który wtedy górował ponad całem życiem Zachodu i wszelkie inne sprawy duchowe usuwał na stanowisko podrzędne. Rozkwit nauki greckiej stąd tylko był możebny, że filozofowie greccy, duchem swobodnym przejęci, naukę z więzów religji zupełnie uwolnili i rozwój jej samodzielny nadali. Swobodne takie badanie stało się wszakże niemożliwem, skoro treść różnych ksiąg świętych uznano za probierz niewzruszony wszelkiej wiedzy; nie szło już bowiem o zgłębienie prawdy przez badanie przyrody, ale o to jedynie, by oddzielne zjawiska i spostrzeżenia z poglądami pism świętych pogodzić. Stąd liczne prawdy, które już u Greków dobrze były znane, zatraciły się zwolna.

W warunkach takich stan ogólny nauk na Zachodzie, o ile sięgał wpływ piśmiennictwa rzymskiego i greckiego, przedstawiał ostatecznie obraz nader smutny, a własną swą siłą nie zdolaliby uczeni chrześcijańscy podnieść nauki z głębokiego upadku do wyżyn jaśniejszych. Zadanie to powiodło się natomiast szybko rozwijającemu się narodowi Arabów, którzy po śmierci Mahometa (1623 r. po Chr.) bystrym pochodem zwycięskim państwo potężne założyli. Państwo to zajęło całe południe znanego wówczas świata, sięgało bowiem od Indji aż do Maroka i Hiszpanji, od Kaukazu aż do krajów murzyńskich Afryki środkowej. Jeżeli sama już wielka rozległość pań-

stwa sprzyjała rozbudzeniu badań geograficznych i rozkwitowi dostrzeżeń przyrodniczych, to z drugiej strony na kierunek tych dążeń naukowych wpływ potężny wywarła ta jeszcze okoliczność, że w krajach zdobytych mieściły się wybitne ogniska cywilizacji greckiej, zwłaszcza też w Syrji, gdzie Arabowie po raz pierwszy z literaturą się grecką zapoznali, i w Egipcie. Starzy autorowie greccy, którzy przez stulecia całe przez kleryków chrześcijańskich usuwani byli i zupełnemu ulegli zapomnieniu, dali się im



Średniowieczna karta ziemi.

Według rękopisu w bibljotece turyńskiej, mającego pochodzić z XII wieku.

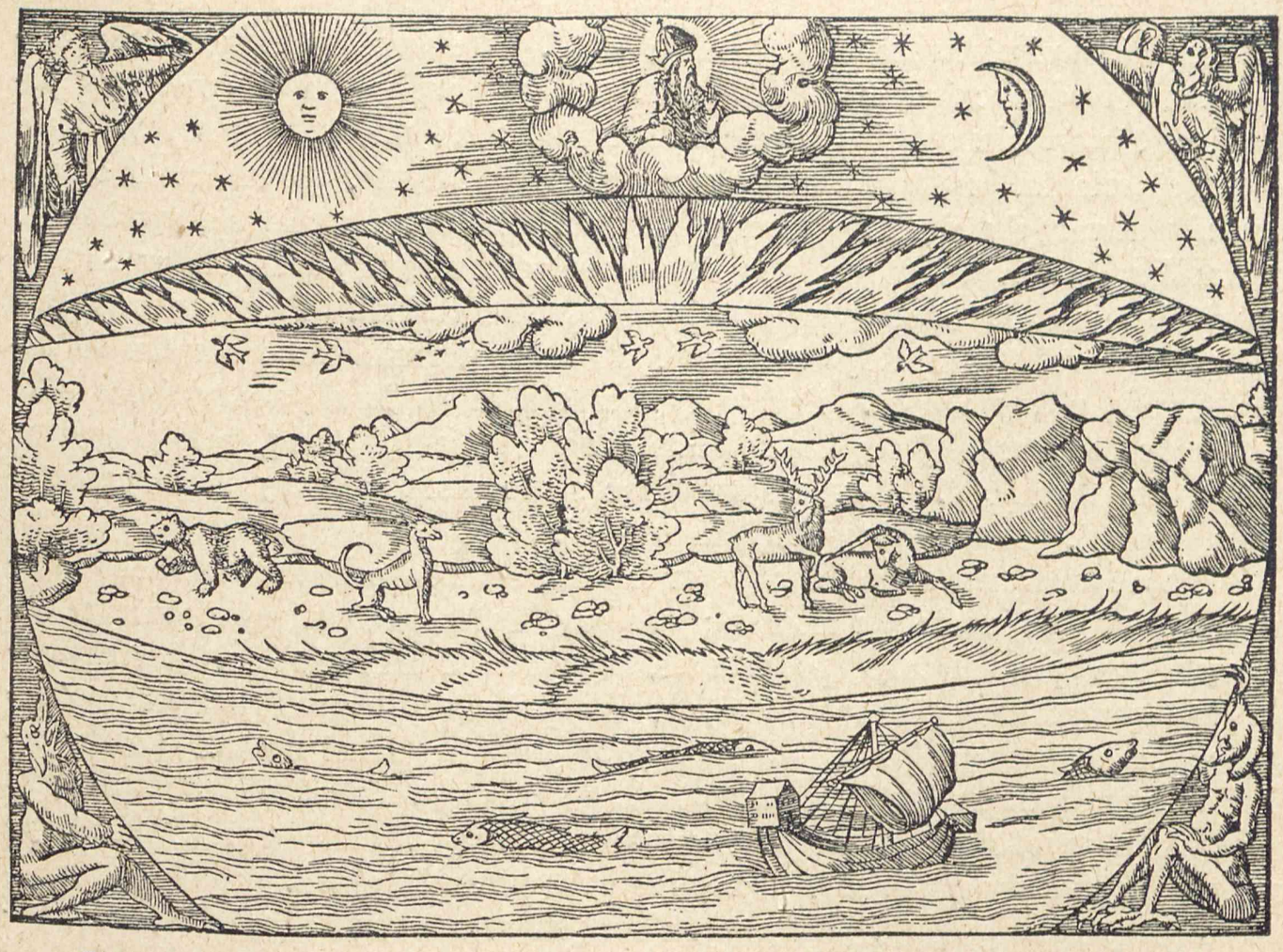
na nowo poznać po raz pierwszy za pośrednictwem arabskiem; dzieła ich bowiem zostały z tłómaczeń arabskich znów na łacinę przełożone, a tą drogą stały się dla szerszego koła czytelników dostępne. Scholastycy chrześcijańscy rozprzestrzeniali odtąd nietylko starą naukę heleńską i nową wiedzę arabską, ale ośmielili się i do rozważań samodzielnych nad zjawiskami przyrody, a tem dali początek nowemu rozkwitowi badań skorupy ziemskiej i zachodzących na niej objawów, chociaż zwrot ten w nowszych dopiero czasach rozleglejsze objął koła i rozwój przyjął silniejszy.

Z brzaskiem wieków nowożytnych duch nowy, swobodniejszy, owionął przybytki wiedzy; był to okres humanizmu, gdy wiedza i sztuka starożytności odrodzenie swe święciły, nie bez ciężkiej zaiste walki z zagrzęzłymi w konserwatyzmie scholastykami, którzy z wytrwałością uporczywą przy dawnych stali poglądach. Zwolna zaledwie zdołano badanie przyrodnicze oswobodzić z więzów ślepej wiary w powagi dawne, aż wreszcie w drugiej połowie wieku XVIII pisma święte utraciły charakter wyroczni rozstrzygającej przy wszelkich teorjach powstania i rozwoju ziemi.

Ale dopiero w połowie wieku XIX powstała geologja nowa, która wprawdzie nie odrzuca bynajmniej udziału gwałtownych procesów przyrody, główny wszakże nacisk kładzie na rozwój powolny utworów i objawów ziemskich. Już w pierwszej połowie tego stulecia wyświetlono należycie znaczenie przeważnej liczby czynników geologicznych, które wywierają wpływ istotny na ukształtowanie powierzchni ziemi, w drugiej zaś jego połowie wykazał Ferdynand Richthofen także i wybitną rolę wiatru w pełnej jej doniosłości.

W wykładzie naszym będziemy tu mogli należycie uwzględnić najważniejsze tylko ustępy dziejów badań skorupy ziemskiej, przyczem jednak do rozważań naszych zaciągniemy nietylko genjalne pomysły starożytnych i zdobycze poszukiwań nowożytnych, ale zwrócimy też uwagę i na poglądy wieków średnich, jest bowiem w dziejach nauki rzeczą również niesłuszną, zamilczać o czasach upadku, jak w dziejach narodu byłoby rzeczą niesprawiedliwą, traktować wyłącznie czasy pomyślności i rozkwitu, ciężkie zaś czasy niepowodzeń i klęsk litościwą osłoną okrywać. Jedynie obraz upadku wysunąć może na jasne światło całą sumę pracy umysłowej i wszystek nakład energji, jaka następnie była potrzebna do osiągnięcia nowych zwycięztw. Przodownicy postępu, pomimo słabego stosunkowo własnego swego blasku, wybijają się ostro i wyraźnie na tle ciemnem; gdy tło ciemne usuniemy, postacie słabo jaśniejące uszłyby łatwo oczom naszym.

Do skreślenia historji nauki naszej dwie otwierają się drogi; rozważać mianowicie możemy bądź ogólny jej rozwój oddzielnie w każdym okresie, w ciągu czasów starożytnych, średniowiecznych i nowożytnych, a tym sposobem cechy charakterystyczne każdego okresu w obraz ogólny zestawić, bądź też śledzić doskonalenie się każdej z osobna gałęzi geologji, od początku aż do czasów ostatnich. Zastosujemy tu drugą z tych metod, ma bowiem tę wyższość, że prowadzi łatwiej do rozumienia doktryn poszczególnych, a gdy przyjdzie nam dalej rozpatrywać problematy geologiczne, łatwiej też dozwoli nam kwestje sporne z różnych stron ujmować.



Ziemia po stworzeniu. Według Sebastjana Münstera (1550)

I. Powstanie ziemi i jej budowa.

Najdawniejsze narodu greckiego pojęcia o powstaniu ziemi nie są nam dokładnie znane: prawdopodobnie wszakże Noc, Okeanos (morze pierwotne) i Tetyda (karmicielka, siła karmiąca) stały u początku wszech rzeczy, a pogląd podobny odnajdujemy i w wielu innych kosmogonjach. Najdawniejsza kosmogonja grecka, która nas doszła, pochodzi od Hezjoda (wiek VIII przed Chr.); według niego powstał najpierw chaos, następnie ziemia, ta zaś sama z siebie wydała niebo, góry i morza, a przez połączenie z niebem zrodziła bogów. Co przez ten chaos rozumieć należy, nie wiemy; Arystofanes i Arystoteles uważali go za przestrzeń ciemną, Zeno za wodę, Kornutus za ogień. Inni filozofowie owych czasów wyobrażali sobie jużto czas, eter i chaos, już wodę i ziemię, już wreszcie wodę i muł jako zasady pierwotne świata, przypisując w dalszym rozwoju pewne znaczenie i jajku, z którego się świat wyłonił. Tales z Miletu, natomiast, wodę jedynie za substancję pierwotną uważał. Grecy.

Do naukowego ujęcia kwestji powstania ziemi zbliżył się bardziej uczeń Talesa, Anaksymander z Miletu, który w pierwszej połowie VI wieku przed

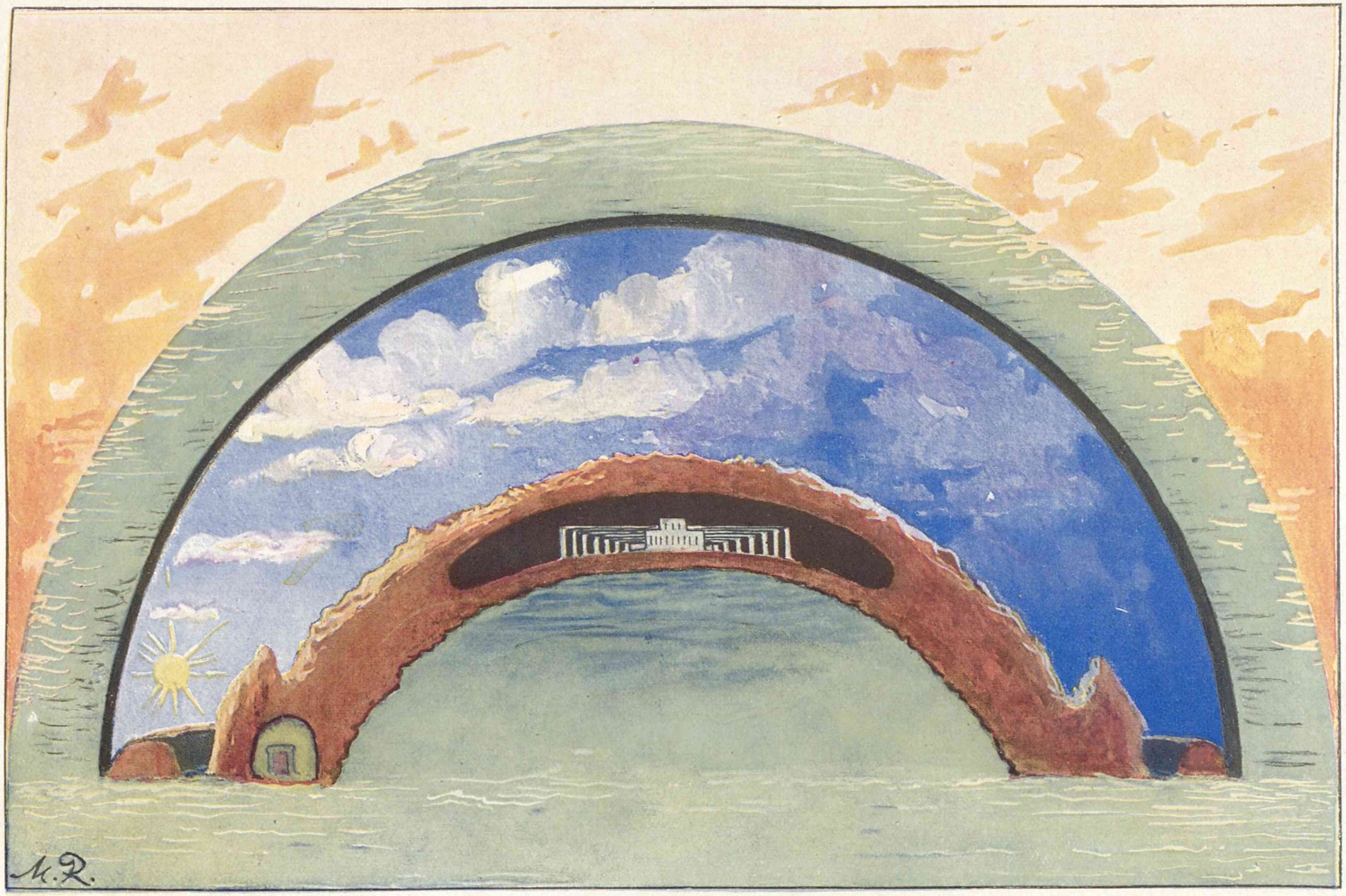
Chr. naszkicował pierwszą ogólną kartę ziemi. Według Anaksymandra z nieskończonej i odwiecznej materji pierwotnej, pod wpływem pewnej siły poruszającej, powstała substancja ciepła i zimna, z ich mięszaniny wyłoniła się substancja ciekła, z której znów wydzieliła się ziemia, powietrze i ogień. Gwiazdy utworzyły się z ognia i powietrza. Ziemia unosiła się swobodnie wpośrodku świata kulistego, a w położeniu tem utrzymywała się w skutek jednakiej ze wszech stron odległości od kuli niebieskiej. Przedstawiała tarczę kołową grubości niezbyt znacznej, której powierzchnia początkowo zupełnie wodą pokryta była. Pod wpływem słońca woda się ulatniała, a stąd iłość jej coraz bardziej się zmniejszała, aż wreszcie ląd stały, jakby wyspa, z wody się wynurzył. Teraźniejsze więc słone morze byłoby tylko pozostałością dawnej, powszechnej powłoki wodnej.

Postać walcowa ziemi w pojęciu Anaksymandra przypomina nieco jeszcze krążkową jej postać u Homera; według Talesa natomiast ziemia miała formę bębna pływającego po wodzie, wpośrodku kuli niebios, Anaksymenes zaś przyznawał jej kształt płyty, ku południowi pochylonej i spoczywającej na ściśniętem przez nią powietrzu dolnej półkuli nieba. Co do poglądów innych filozofów jońskich o naturze wnętrza ziemi wiemy tylko, że jądro ziemi wyobrażali sobie przerznięte pieczarami, kanałami i żyłami, po których krążyć mogły wody, powietrze lub wreszcie ogień.

Postęp niewątpliwy, jaki geografom jońskim zawdzięczać należało, polegał na tem głównie, że starali się dostrzeżenia rzeczywiste uogólniać i do ziemi stosować. Pierwsze tego rodzaju dostrzeżenie tyczyło się procesów ulatniania pod wpływem słońca, drugie zaś natury gruntu Grecji, jej licznych, wielkich często pieczar i jej rzek, niknących i znów występujących. W obu wszakże razach znaczenie faktów zaobserwowanych o wiele przeceniono, a stąd powstały poglądy błędne.

Dalszy, doniosły postęp wybija się w nauce Pitagorasa. Prawdopodobnie Pitagoras sam mieścił jeszcze ziemię w środku świata i dopiero w późniejszych poglądach jego szkoły ziemia uznaną została za jednę z gwiazd, krążących dokoła ognia centralnego w środku świata, przyczem ziemia zwracać miała ku niemu statecznie zamieszkałą swą półkulę, podobnie jak księżyc zawsze nam tęż samą swą stronę ukazuje. Dziesięć było brył takich, które po kołach harmonijnie uporządkowanych obiegały ognisko święte, w środkowym punkcie świata umieszczone: niebo gwiaździste, siedem gwiazd błędnych, ziemia i wreszcie ziemia przeciwległa, której widzieć nie możemy, porusza się bowiem pomiędzy ziemią a ogniem centralnym. Słońce gromadzi w sobie fale ognia czystego, które wybiegają ze środka i ze skrajnego obwodu świata kulistego, a następnie znowu je wysyła jako światło i ciepło. Poglądy Pitagorejczyków, które Plato znał dobrze, dostępne były jedynie kołom bardzo szczupłym; poza niemi powszechnie prawie panowało pojęcie o centralnem położeniu ziemi we wszechświecie.

Heraklit, żyjący około 500 r. przed Chr., jako pierwotną zasadę wszech rzeczy przyjmował ogień, a wszystko też ostatecznie w ogień rozwiązać się



Niebo i ziemia według pojęć Babilończyków.

Obraz M. Räniche'go według szkicu P. Jensena.

W górze rozpościera się sklepienie nieba, wsparte na podstawach. Po nad niem znajduje się „wnętrze nieba", siedlisko bogów, słońcem oświetlone, oraz ocean niebieski, czyli „wody górne". Na wschodzie jest brama, którą słońce wschodzi, na zachodzie zaś brama którą znów zachodzi: na niebie ukazują się gwiazdy, planety „oddalające się owce" i meteory („rozbłyskujące się gwiazdy"). Okrągła ziemia tworzy górę wysoką, która spoczywa na morzu powszechnem. Na wschodzie znajduje się „góra jasna, wielka góra wschodu słońca", pod którą mieści się w ziemi „gmach losów", gdzie się bogowie na narady zbierają; na zachodzie wznosi się „góra ciemna, góra zachodu słońca. Ponad niebem rozlane jest morze, odgraniczone od niego tamą okrągłą; na dalekim południo-wschodzie leży „wyspa błogosławionych". Pod powierzchnią ziemi znajduje się świat zmarłych, do którego wstęp jest od zachodu. Świat ten zmarłych, który pojmowano jako kraj, jako miasto lub też jako dom, otoczony jest siedmiu murami, posiada zatem siedm wzajemnie obejmujących się oddziałów. Ziemia jest od dołu pusta i w wydrążeniu tem zawiera wody morza powszechnego.

miało. Świat jest ogniem wiecznym, który gaśnie i który się znowu sam zapala; wszystko ulega ciągłemu powstawaniu, przeobrażaniu. Ogień staje się morzem, a morze ziemią, wznoszące się zaś pary tworzą słońce wciąż na nowo.

Empedokles z Agrygentu natomiast przyjmował cztery niezniszczalne tworzywa pierwotne: ogień, ziemię, wodę i powietrze, które już to się wiążą w miłości, już w sporze rozłączają. Tak w przeinaczaniu wiecznem powstają twory i nowe wciąż twory, które znów giną. Empodekles, który znał dobrze wielki wulkan sycylijski i potężne jego strumienie lawy, przypisywał powstawanie skał, gór i przepaści jedynie ogniowi podziemnemu, któremu przyznawał rozległość wielką i znaczenie główne w kształtowaniu się powierzchni ziemskiej.

Leucyp (około 500 r. przed Chr.) i uczeń jego Demokryt z Abdery sprowadzali materję wszystką do cząstek najdrobniejszych, już dalej niepodzielnych, nieznikomych, czyli do atomów. Rozmaite ciała różnić się miały między sobą, nie według swej natury własnej, ale według kształtu i uporządkowania swych cząstek. Atomy są w ciągłym ruchu, skupiają się i tworzą wiry, a w ten sposób należy także powstanie świata rozumieć. Przez ten ruch wirowy łączy się substancja lekka z lekką, ciężka z ciężką, aż wreszcie tworzą się ciała wielkie. I ziemia także jest skupieniem atomów, które zwolna się do spokoju ułożyły, a z wilgotnych jej części składowych powstały istoty organiczne.

Plato (427—347 przed Chr.), uczeń wielkiego myśliciela Sokratesa, podjął na nowo dawną ideę przekształcającej działalności ducha i rozumiał, że stworzyciel świata (Demiurgos) z masy chaotycznej utworzył świat widzialny według wzoru pewnego świata idealnego, niewidzialnego. Dusza swiata miała być pośrednikiem między tym światem a jego stworzycielem. Świat sam pojmował Plato, jako istotę z ciała i duszy złożoną, rozumem obdarzoną, nigdy się nie starzejącą, nigdy nie ginącą. Przy takich wyobrażeniach tracimy oczywiście wszelki grunt przyrodniczy; w zestawieniu z pomysłami Demokryta, z jego pojmowaniem głębokiem istoty atomów i początku ziemi, było to cofnięcie się uderzające.

Plato przedstawiał sobie ziemię przejętą wielkiemi obszarami pustemi i czeluściami, kanałami, rurami i żyłami, po których bez wytchnienia pędzą prądy ognia płynnego, mułu, powietrza i wody. Woda przesiąka przez powierzchnię w górę i na dół i przedziera się do głębi, przezwyciężyć jednak środka nie może, ale zostaje skierowana w kręte drogi wężowe, lub też pędzona jest w górę, by rzeki i morza zasilać. Największą z otchłani ziemskich jest Tartaros. „W otchłani tej zbiegają się wszystkie rzeki i z niej też wszystkie wypływają; każda wszakże przybiera właściwości okolic, które przebiega.“ Cztery są główne rzeki ziemskie: Okeanos, ze wszystkich największa, która na powierzchni obiega koło z północy na południe i znowu na północ; prostopadle do niej płynący Acheron, który też krąży pod ziemią i do jeziora Acheruzyńskiego dosięga, zachowując kierunek od zachodu ku

wschodowi; dalej Piriphlogethon, który „w pobliżu swego źródła wlewa się do rozległego obszaru, ogniami licznemi ziejącego, i tworzy jezioro większe, aniżeli morze nasze, mułem i wodą zajęte“; wreszcie w kierunku przeciwnym płynący Kokytos, który, podobnie jak Piriphlogeton, pod ziemią w skrętach kołowych biegnie i również do Tartaru uchodzi.

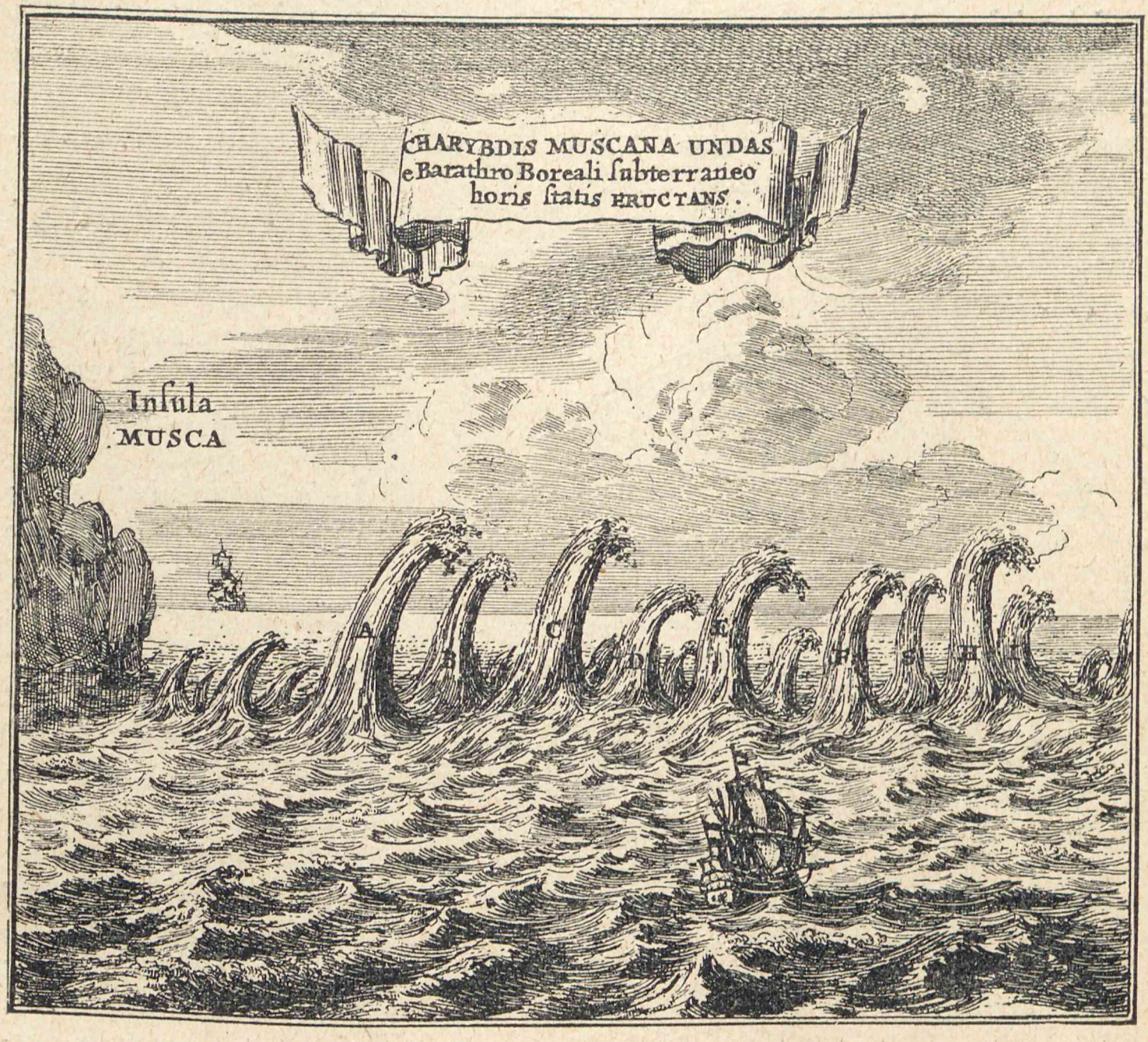
Jeżeli Plato przez swe spekulacje filozoficzne zboczył od trzeźwego, przyrodniczego rozpatrywania rzeczy, to natomiast wielki jego uczeń Arystoteles (ur. 384 r. przed Chr. w Stagirze, zm. 322 w w Chalkidzie na Eubei), późniejszy nauczyciel Aleksandra Wielkiego, stanął znowu na gruncie faktów dostrzeganych i wzniósł mocny system nauki, który przez stulecia za normę służył uczonym wszystkich narodów Zachodu. Plato już zastanawiał się nad strefami górnemi i dolnemi, ale Arystoteles kwestję tę rozważał głębiej. Substancja lekka, ogień, dąży według niego w górę, ku dołowi zmierza ciężka ziemia, gdy powietrze i woda układają się według swej ciężkości względnej. Stąd to w środku świata skupiła się kula ziemska, której wielkość w stosunku do świata jest nieznaczna; można ją zmierzyć, a matematycy w samej rzeczy jej wymiary obliczyli.

Ogień, powietrze, woda i ziemia posiadają ruch naturalny prostolinijny, pionowy, ku środkowi na dół lub ku obwodowi w górę; razem składają kulę wewnętrzną pod niezmiennym eterem, który pozostaje w wiecznym ruchu kołowym. Do eteru należy sfera nieba gwiaździstego i sfery planet.

Cztery substancje zasadnicze kuli wewnętrznej wciąż się mięszają i tworzą na nowo; zasób ich wszakże istotnej zmianie nie ulega. Kula wewnętrzna składa się ze stałej kuli ziemskiej, która zarazem i żywioł wody w sobie zawiera, oraz z otaczającej ją powłoki lotnej, złożonej z powietrza i ognia. Atmosfera ta tworzy się z wyziewów ziemi i wód wciąż na nowo pod wpływem ciepła słonecznego. Wilgotne wyziewy lotne stanowią część wewnętrzną powłoki i nie sięgają ponad najwyższe szczyty górskie ziemi, wyziewy suche, dymne, składają skrajne jej warstwy.

Ruchy i prądy dokonywające się w powłoce lotnej powodują ogniste i świetlne objawy meteorologiczne, wiatry zaś sprowadzają opady wodne. Woda zapełnia zagłębienia powierzchni ziemi; nie jest ona według Arystotelesa pozostałością dawniejszego, powszechnego zbiorowiska wody, ale produktem odtwarzania się bezustannego. Woda paruje wprawdzie pod wpływem ciepła słonecznego, ale wraca znów jako opad na ziemię. We wnętrzu ziemi wyobrażał sobie Arystoteles liczne pory i jamy, w których wyziewy jej, podobnie jak w obszarach nadziemnych, tworzyć mogły zarówno wodę i wiatr, jak i własny jej ogień; z wyziewów suchych powstają metale, z wilgotnych kamienie nietopliwe.

Nauka Arystotelesa zamyka na czas długi twórcze na tem polu badania. Kulistość ziemi uchodzić odtąd mogła, jako uzasadniona stanowczo. Przyjął ją i Zeno (336—264 przed Chr.), założyciel szkoły stoików, a zaprzeczenie Epikura (341—270 przed Chr.) i jego stronników, którzy wrócili do pojęcia płaskiej ziemi tarczowatej, wpływu nie wywarło.



Malstrom, wir morski w grupie Lofotów.
Według „Dissertationes“ Herbiniusa z r. 1678.

Kwestja powstania ziemi i natury jej wnętrza w ciągu następnych stuleci słabo tylko zaprzątała umysły; Plutarch dopiero, wszechstronny pisarz z późniejszych czasów starożytności greckiej, zajmował się rzeczą tą gorliwie i z zasad teoretycznych wysnuł wniosek, że zimno nadmierue wszelkie rzeczy w kamień przeobraża, a stąd i jądro ziemi, mrozem ścięte, być musi jakby lodem, „tam bowiem, bardzo długo od eteru odtrącone, panować musi czyste zimno, którego żadna inna własność nie łagodzi.“

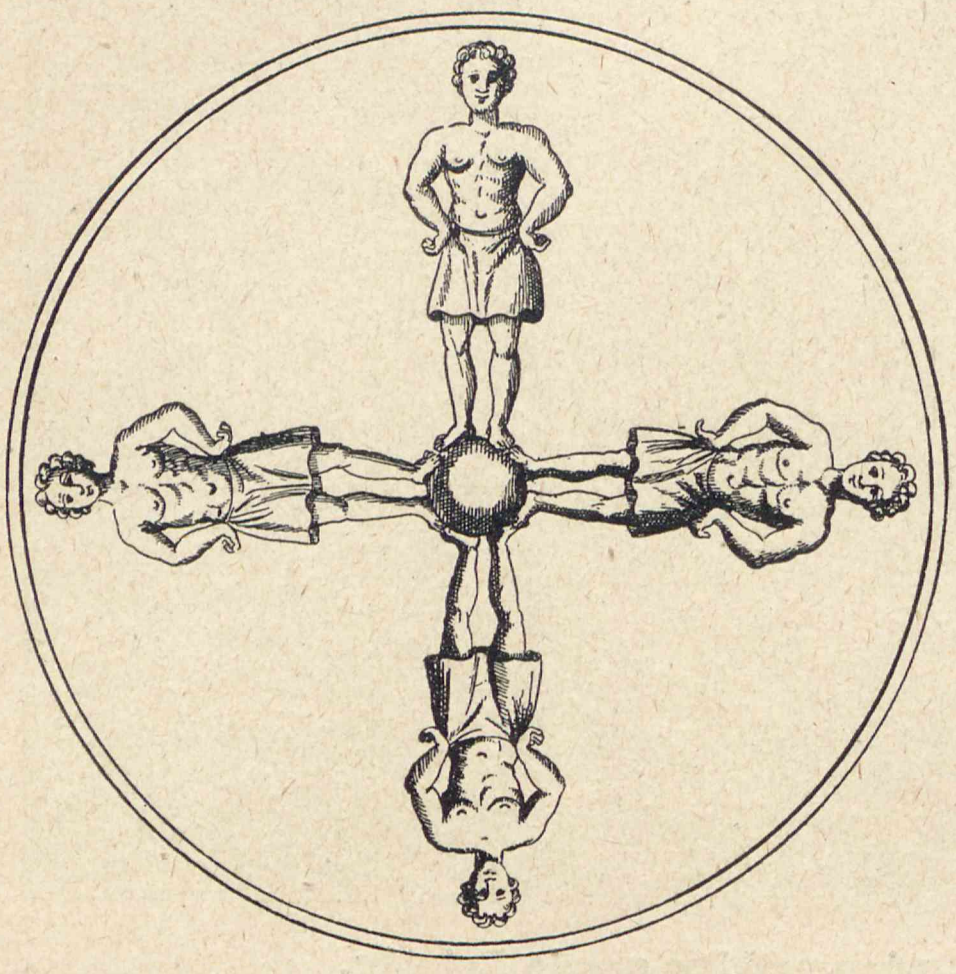
Rzymianie.

Z pisarzy rzymskich niewielu tylko pytaniu o utworzeniu się ziemi uwagę poświęcało, w każdym razie opierając się ściśle na wzorach greckich. Do nich zaś należy przedewszystkiem Tytus Lukrecjusz Carus (98—55 przed Chr.), który z siłą i polotem poglądy Epikura o powstaniu świata rozwinął w wielkim swym poemacie „O naturze rzeczy“.

Publjusz Owidjusz Naso (43 przed Chr. do 17 po Chr.) w swoich Metamorfozach (I, 15 i nast.) w opisie początku ziemi widocznie szedł za autorami greckimi. „Zanim było morze, ziemia i wszystko otaczające niebo,

przedstawiał wszechświat widok całości, chaosem zwanej,—ogrom surowy, bezładny, jedynie tylko materja bezwładna, skupione i wzajem sobie sprzeczne nasiona celowo jeszcze nie powiązanych rzeczy.“ Chaos ten został przez bogów zamieniony w świat uporządkowany, ziemia zyskała postać kuli, powstały góry i doliny, jeziora i rzeki.

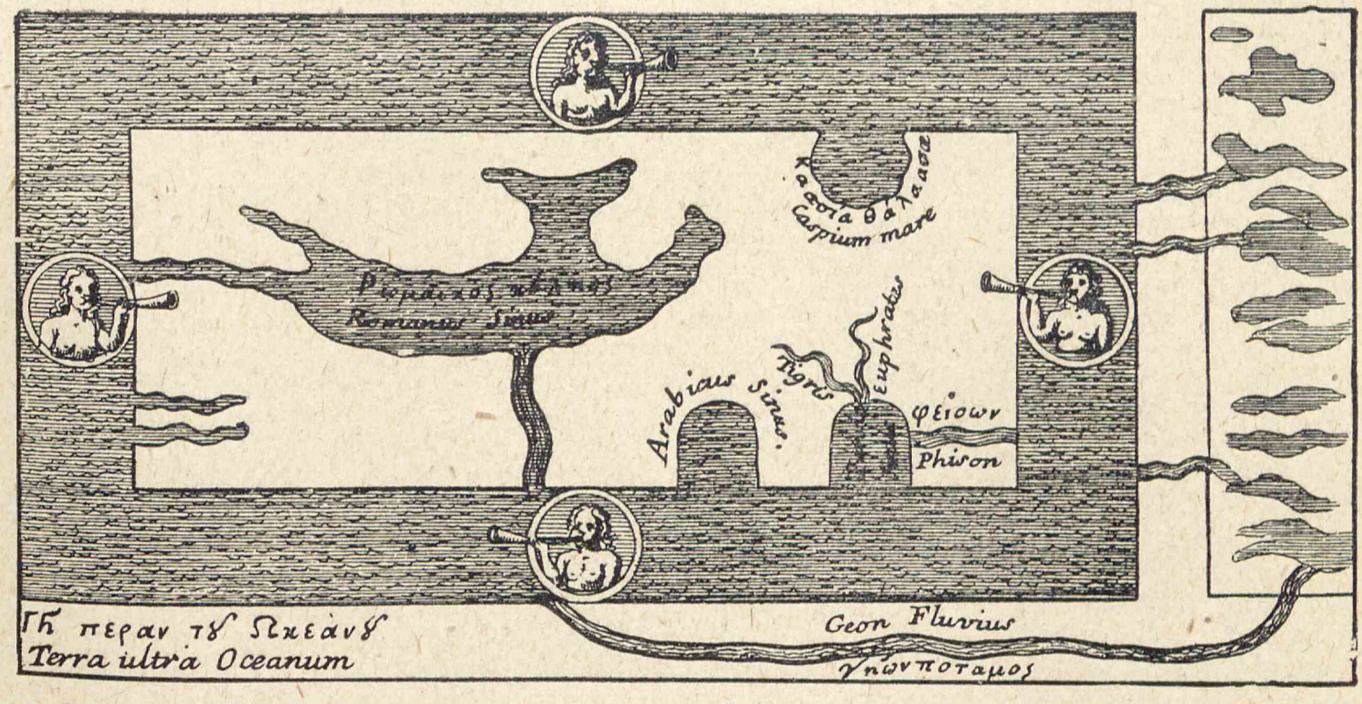
Jak Owidjusz materji pierwotnej zdolność rozwoju przypisywał, tak też zaznaczył to i Publjusz Wergiljusz Maro (70—19 przed Chr.) w swej Eneidzie (VI, 324 i nast.), gdy śpiewał: „Na początku niebo, ziemię i wody, a także jaśniejącą kulę księżyca i gwiazdy tytaniczne przenika duch wewnętrzny, jako dusza porusza masę całą i z ciałami zmięszany części ich przebiega.“ Czy tą ideą duszy świata sięgał Wergiljusz do wyobrażeń ludowych Italji, czy też do nauki Platona o duszach ożywiających bryły niebieskie, to trudno rozstrzygnąć się daje. Zapewne, pojęcie duszy świata jest głębsze i wspanialsze, aniżeli naiwne uosobianie materji, sił i ciał przyrody, od czysto przyrodniczego wszakże pojmowania oba te wyobrażenia również są dalekie.



„Dowód“ średniowieczny przeciw kulistości ziemi.
Według rysunku z VI wieku.

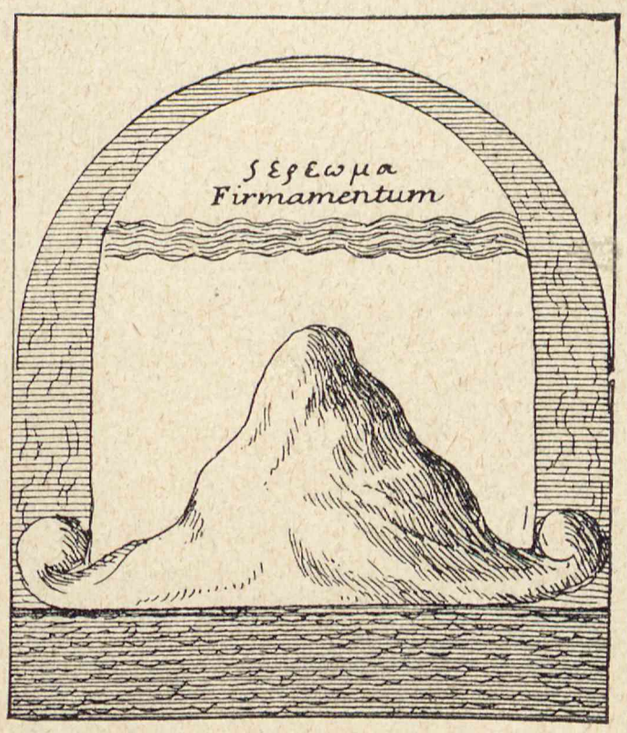
Wiek średnie.

Z dawnych przyrodniczych opisów żydowskich poznaliśmy dotąd jedynie mojżeszową historję stworzenia, przyczem widzieliśmy, że pozostaje ona w ścisłym związku pokrewnym z kosmogonją babilońską; można więc przyjąć, że był czas, gdy Izraelici i o budowie świata mieli wyobrażenia podobne, jak niegdyś Babilończycy. Wniosek nasz wydaje się tem bardziej usprawiedliwiony, że pierwsza księga Mojżesza mówi również o oceanie niebieskim i ziemskim (o wodach nad i pod firmamentem). Jezajasz (40,22) wszakże przypisywał ziemi postać płaską, okrągłą, czytamy bowiem w przytoczonem miejscu: „zasiada nad kręgiem ziemi“, gdy Babilończycy ziemię jako wysoką górę pojmowali. Ziemia otoczona była oceanem; na granicach jego oddziela się światło od ciemności (Job 26,10), a niebo rozpościera się nad nim, „jak cieńka skóra“, niebo wszakże porównywane jest i do izby czyli namiotu (Jezajasz 40,22, Psalm 104,2). W psalmach wybija się znowu wyraźnie stary pogląd babiloński, znajdujemy bowiem w psalmie 136,6: „Który ziemię na wodzie rozpostarł“.



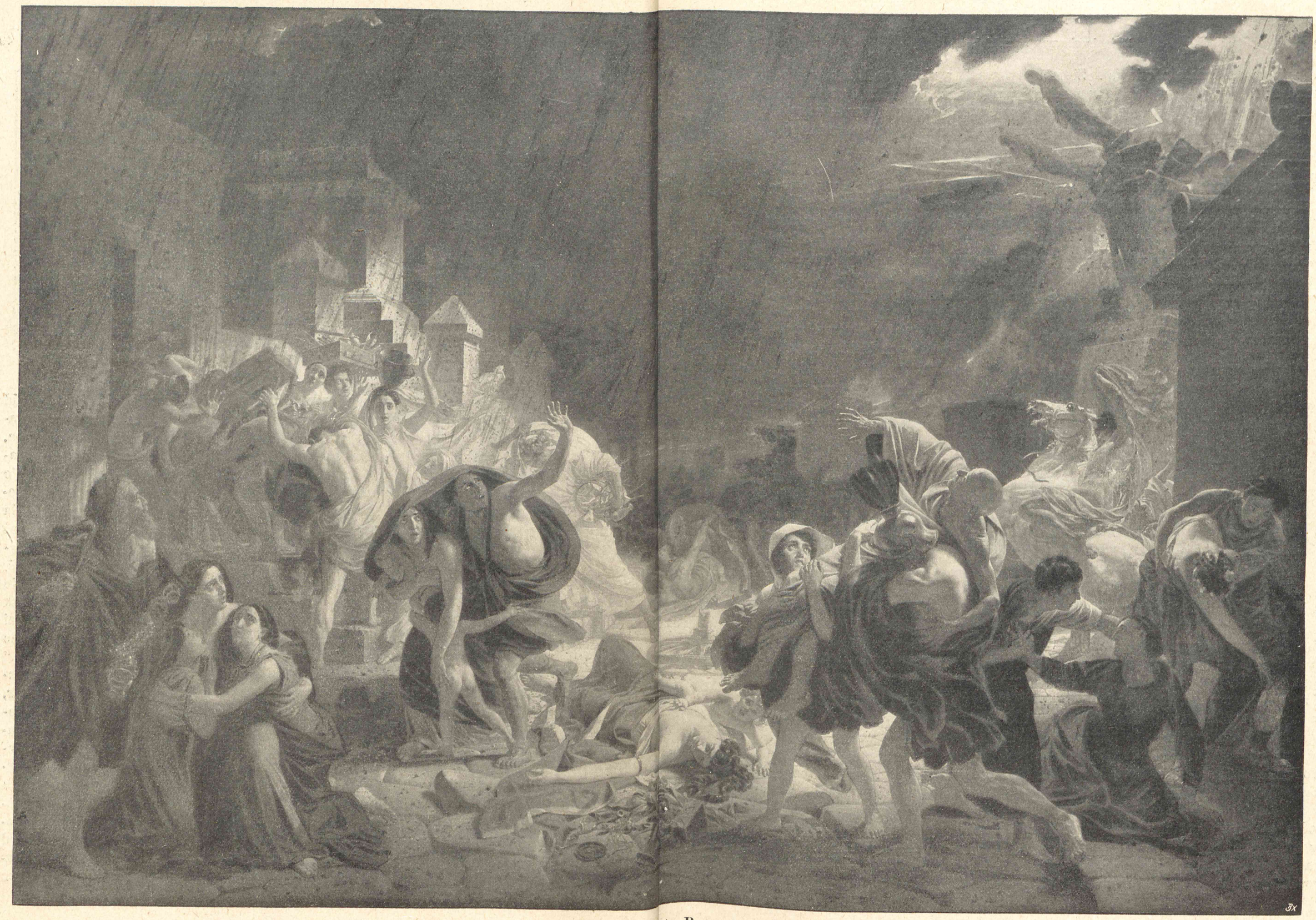
Karta ziemi ułożona na wzór stołu w mojżeszowym namiocie przymierza.
Według Kosmasa (VI wiek po Chr.).

Krążkowata postać ziemi zyskała oczywiście licznych obrońców wśród ojców kościoła, tak zwłaszcza „Cycero chrześcijański“, Laktancjusz Firmanus (wiek IV) zaprzeczał nietylko kulistości ziemi, ale i kulistości nieba, które się nam skrzywionem wydaje jedynie dla niesłychanej swej szerokości; ziemia już dla tego kulą być nie może, że w tym razie na stronie przeciwległej musieliby istnieć antypodzi, co jest rzeczą niemożebną. Sewerjan z Gabali opisał szczegółowo budowę świata, jak się przedstawiała w poglądach syryjskich: Świat jest to według niego dom, którego grunt stanowi ziemia zamieszkała. Niebo jest nad nią w dwu piętrach zbudowane; ponad niebem widzialnem znajduje się ocean niebieski. Skoro ziemia przedstawiać miała krąg płaski, niepodobna było słońca w nocy pod nią przeprowadzać; Sewerjan przeto każe mu się przesuwać od miejsca jego zachodu ku północy i wzdłuż granicy między niebem a ziemią znowu do miejsca wschodu zawracać. Niebo zaś, sądzi Sewerjan, nie może być kulą, tak też bowiem dowodzi psalmista, mowiąc o „szczycie nieba.“



Ziemia murami niebios otoczona.
Według Kosmasa.

Podobnież i Kosmas Indikopleustes, który żył w VI wieku po Chr., wyobrażał sobie świat jako gmach, do żydowskiego namiotu przymierza podobny, Mojżesz bowiem otrzymał od Boga na Synaju rozkaz, by namiot ten

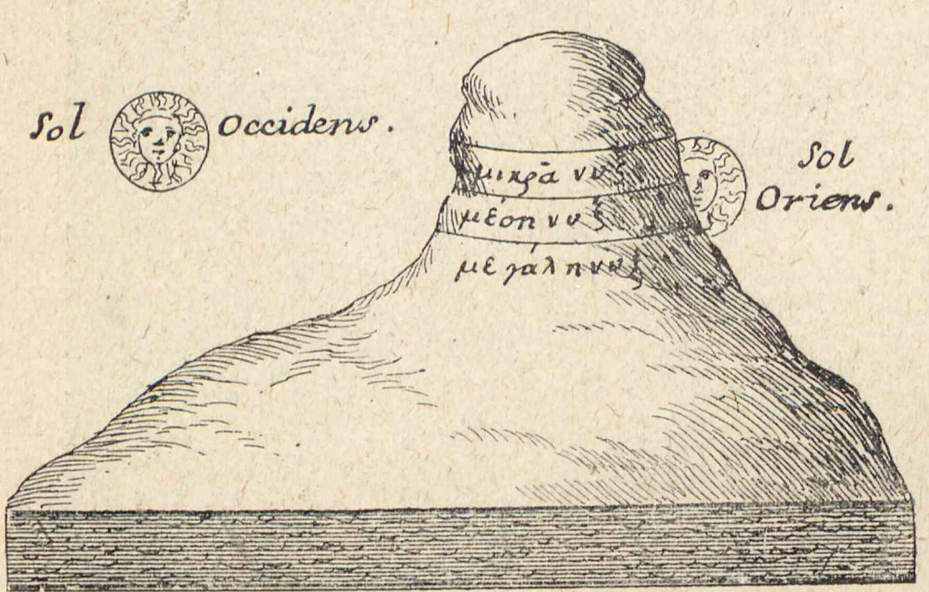


Zagłada miasta Pompeji.

Według obrazu K. Briułowa w Muzeum Aleksandryjskiem w Petersburgu.

według wzoru świata zbudował. Ziemia jest według niego podłużna w stosunku 2:1, gdyż długość stołu w namiocie przymierza wynosiła dwa łokcie, szerokość zaś jeden łokieć (2 księga Mojżesza, 25,23 i 37,10); rowek dokoła stołu biegnący miał być obrazem alegorycznym oceanu, otaczający zaś go wieniec złoty oznaczał ląd, który miał się poza oceanem rozlegać.

Ziemia otoczona jest murami, które wzbijają się niesłychanie wysoko i w górze tworzą sklepienie. Firmament, na którym ocean niebieski spoczywa, oddziela część górną gmachu, siedlisko błogosławionych, od świata dolnego, ziemskiego, w którym się słońce, księżyc i gwiazdy poruszają; na północy zamieszkałej powierzchni ziemi wznosi się góra potężna, gdy więc słońce kryje się poza tę górę, poczyna się noc, gdy znów się wysuwa, następuje dzień. Rysunek poniższy tłómaczy nadto, skąd pochodzą długie noce zimy i krótkie noce lata: Góra podobna jest do lejka odwróconego, ponieważ zaś słońce w zimie przypada niżej, aniżeli w lecie, ma przeto znacznie wtedy dłuższą drogę do przebieżenia poza górą.



Przyczyna nocy długich i krótkich.
Według Kosmasa.

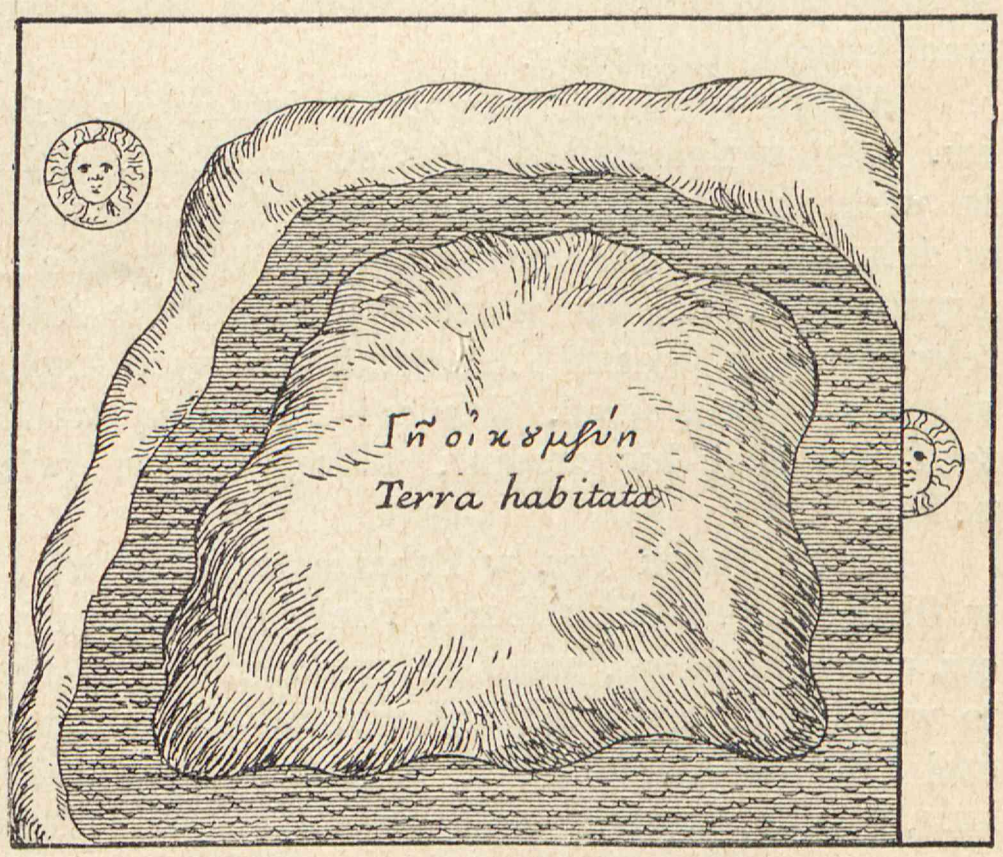
Jak zaś Kosmas wyobrażał sobie kartę całej powierzchni ziemi, widzimy na załączonym szkicu (str. 49), powtórzonym z wydania Montfaucona. Dostrzegamy tu zarys czworokątny ziemi z głównemi jej morzami i rzekami, z otaczającym ją oceanem i rozpościerającym się poza jego granicami lądem. Z lądu wschodniego, z raju, wypływają cztery rzeki, które przebiegają ocean pod ziemią i wytryskują znowu, jako główne jej rzeki. Wydawało się też Kosmasowi zupełnie oczywistem, że ziemia nie może być kulistą, istnieć bowiem nie mogą mieszkańcy przeciwnożni, co nawet starał się rysunkiem (str. 48) uwidocznić. Obraz całego świata, przedstawiony według Kosmasa na str. 49, przypomina nader silnie dawne pojęcia babilońskie, gdy w innych współczesnych wyobrażeniach oddźwięk ten słabo się wyraża. Tem wybitniej wszakże stare te mniemania ujawniają się w poglądach Prokopa z Gazy (wiek VI), jego bowiem niebo jest półkuliste, wtrącone pomiędzy wody ziemskie i niebieskie, gdy ziemia pływa po wodzie, działaniem bożem na jej powierzchni utrzymywana.

Wielu innych stronników krążkowatej postaci ziemi snuło różne tego rodzaju pomysły fantastyczne w ciągu wieków średnich i później jeszcze, w czasach nowych, a może i teraz nawet dziwaczne takie poglądy nie wygasły doszczętnie, jakkolwiek nie wynurzają się już na jasne światło jawności.

Chociaż niewolnicze trzymanie się słów pisma świętego i wyrażających się w nich poglądów narodu hebrajskiego spowodowało znaczną część ojców kościoła do tak uderzającego i prawie niepojętego cofnięcia się w znajomości ziemi, to wszakże pominąć tu nie można, że byli też mężowie swobodniej myślący, którzy za kulistością ziemi obstawali. Do nich przedewszystkiem należy Bazyli Wielki z Kapadocji (330—379), którego wzniosłe poczucie przyrody tak gorąco podziwiał Humboldt. Bazyli stanął zupełnie na gruncie pojęć arystotelesowych o istocie żywiołów i o ich uporządkowaniu w przestrzeni świata, a to doprowadziło go z kolei do kulistości ziemi. Także i niebo jest według niego kuliste i wiruje dokoła własnej osi; ziemia mieści się w środku świata.

Arabowie

Arabowie w poglądach swoich na postać i budowę ziemi oparli się bezpośrednio na Grekach, zwłaszcza na Arystotelesie i Ptolemeuszu, którego wielki traktat astronomiczny przełożony został na język arabski jako „Almagest“. Ziemia była dla nich kulą w środku świata. Abulfeda, książę arabski i uczony (1273—1331), wiedział już także, że dwaj ludzie, którzy, wyszedłszy z jednego punktu, wędrują dokoła ziemi w kierunkach przeciwnych, jeden na wschód, a drugi na zachód, przy ponownem spotkaniu różnić się muszą o dzień jeden w dacie.



Podnóże góry tworzącej ziemię.
Według Kosmasa.

Scholastycy.

W późniejszych czasach średniowiecza chrześcjańskiego, w okresie scholastyków, utrzymywały się najpierw jeszcze poglądy ojców kościoła w pełnym rozkwicie. Z szerszem wprawdzie rozprzestrzenieniem się chrześcijaństwa w obręb języka łacińskiego i kultury rzymskiej pociągnięci zostali uczeni plemion nowych (Irlandczycy, Szkoci, Niemcy, Słowianie), ale stąd w ogólności w charakterze studjów i w całym kierunku duchowym nic się zgoła nie zmieniło. Karol Wielki przez sprzyjanie swe kulturze rzymskiej uczynił w rozległem swem państwie łacinę mową ogólną duchowieństwa i stanów uczonych, a stąd też oczywiście do kół nowo pozyskanych przedarł się i duch badań, jaki się w pierwszych wiekach średniowiecza w nauce chrześcjańskiej wyrobił. Skutkiem tego zapewne klerycy chrześcjańscy krajów północnych posiedli lepszą nieco znajomość piśmien-

nictwa rzymskiego, ale to nie starczyło, by sprowadzić przewrót istotny w sposobie myślenia mnichów. Głębszy wpływ na nich wywarło zapoznanie się z kulturą grecką i arabską, która napłynęła za pośrednictwem wypraw krzyżowych i wojen w Hiszpanji, rychło też w bibljotekach średniowiecznych zagnieździli się klasycy greccy, początkowo w przekładach łacińskich z arabskiego, i wywarli wpływ trwały.

Wkrótce też powaga Arystotelesa wzmogła się tak dalece, że pisma jego w rzeczach świeckich miały znaczenie również wielkie, jak biblja w sprawach religijnych. W każdym razie nie przez wszystkich uczonych została nauka Arystotelesa bez oporu przyjęta, a umysły przodujące owych czasów wiodły w różnych szczegółach krytykę ścisłą i gorliwą. Poglądy jednak Arystotelesa na postać i budowę ziemi przyjęte zostały bez ograniczenia w chrześcijańskim świecie uczonym i ustaliło się też przekonanie, że góry w stosunku do całej ziemi są zbyt nieznaczne, by kulistej jej postaci istotnie uwłaczały.

Albertus Magnus, hrabia Bollstädt (ur. 1193 w Lauingen w Szwabji, zm. 1280 w Kolonji, od 1223 dominikanin), największy uczony niemiecki w wiekach średnich, rozpatrywał drobiazgowo kwestję kulistości ziemi, w dowodach swych wszakże opierał się zupełnie na powadze mistrza swego Arystotelesa. Wnętrze ziemi wyobrażał sobie Albertus, podobnie jak Arystoteles, przejęte jamami i kanałami, w których krąży powietrze, woda, a gdzieniegdzie także i ogień. Kamienie powstają według jego rozumienia z materji ziemistej lub wodnej, której wpływ gwiazd siłę kamieniotwórczą nadaje.

Roger Bacon (ur. w Ilchester w hrabstwie Somerset 1214, zm. 1294 w Oksfordzie), obok Alberta Wielkiego najznakomitszy uczony średniowiecza chreścjańskiego, nowator znienawidzony i prześladowany, ale pomimo to wysoko poważany, który wprowadził matematykę do wiedzy przyrodniczej i doświadczeniu w niej przyznał zakres rozległy, pojmował ziemię jako kulę, w takiej bowiem tylko postaci wszystkie linje od środka do powierzchni są równe. Niebo obejmuje wszystko i również jest kuliste. Wszystkie ciała w przestrzeni świata porządkują się w formę kuli; widzimy to na wodzie ziemskiej, która z powodu swej ciężkości poszukuje miejsca najgłębszego, jakie jest dla niej dostępne; powierzchnia zatem wody, tworząc powłokę ciągłą, musi być wszędzie jednako od środka ziemi oddalona, czyli jest częścią powierzchni kuli. Twierdzenie to znajduje poparcie w doświadczeniu, żeglarz bowiem dostrzega z masztu ląd wcześniej, aniżeli z pokładu, co może być następstwem jedynie skrzywienia powierzchni wody. Stąd zaś, że każda masa wody na swej powierzchni postać kulistą przyjmuje, wnioskował Bacon słusznie, że w miejscu niżej położonem skrzywienie powierzchni wody musi być nieco silniejsze, aniżeli w miejscach wyżej wzniesionych, gdyż w pierwszym razie powierzchnia ta tworzy część kuli o średnicy mniejszej, aniżeli w przypadku drugim.

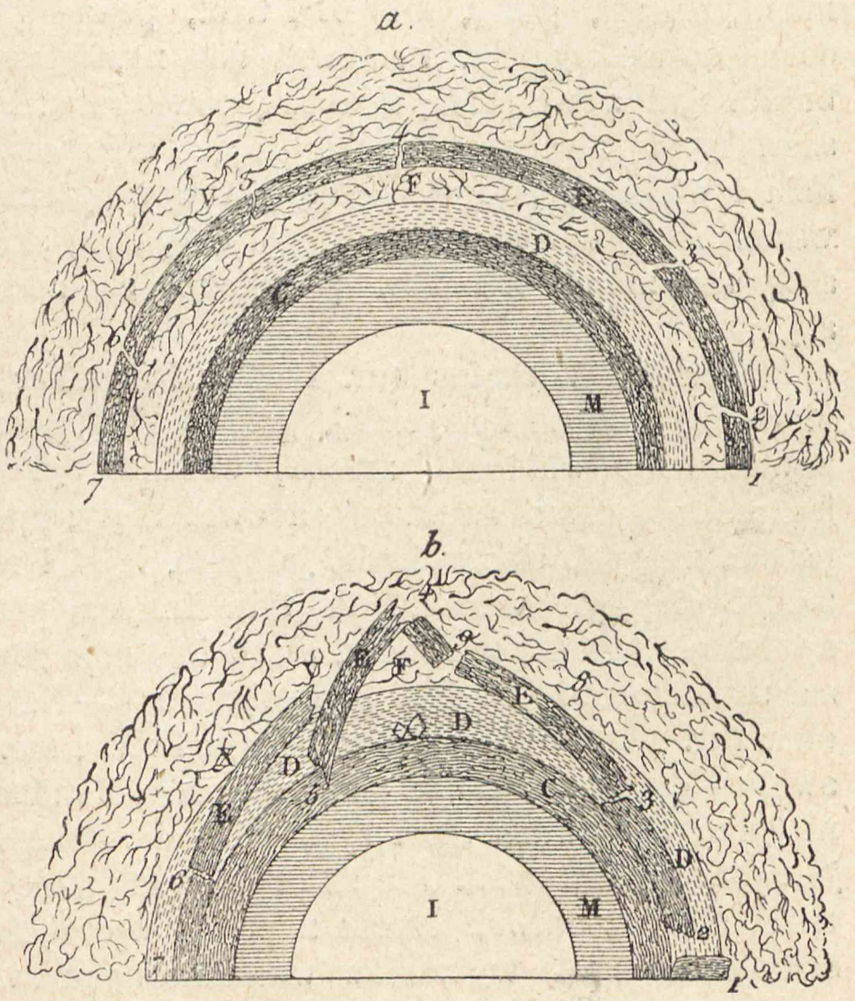
Co się zresztą tyczy nauki o kulistości ziemi w późniejszych czasach

wieków średnich nie posunięto się już zgoła poza Alberta Wielkiego i Rogera Bacona, a również i co do wnętrza ziemi przyjmowano powszechnie poglądy ich obu, albo raczej poglądy Arystotelesa. Postęp w tej dziedzinie zachowany był dla czasów nowych dopiero.

* * *

Czasy nowożytne

W początkach czasów nowożytnych wyłącznie prawie jeszcze panowała historja stworzenia mojżeszowa wraz z pojęciami Arystotelesa o wnętrzu ziemi, z pieczarami i kanałami, jakkolwiek w okresie tym napotykamy mężów samodzielniej myślących, którzy znaczne już zmiany wprowadzali do poglądów przez przeszłość przekazanych. Tak zwłaszcza Jerzy Bauer, bardziej znany pod swem łacińskiem nazwiskiem autorskiem Agricola (ur. 1494 w Glauchau w Saksonji, zm. 1555 w Chemnicach), lekarz i uczony wszechstronny, wybitnej zdolności spostrzegawczej, który podczas długiego pobytu w Joachimsthal zdobył rozległe wiadomości z mineralogji, geologji i górnictwa, trzymał się w głównej treści ściśle jeszcze tradycji Arystotelesa, sądził jednak, że ogień podziemny przypisać należy pożarom lokalnym bitumów (asfaltu) i siarki.



Tworzenie się gór z odłamów skorupy ziemskiej.
Według Descartes'a.

Pierwszym z uczonych, który zajął stanowisko zupełnie niezawisłe i nie ulegał zgoła wpływowi podań biblijnych, był to sławny filozof René Descartes (Renat Kartezjusz), ur. 1596 w La Haye w Touraine, zm. 1650 w Sztokholmie, zarówno przez jednych wielbiony, jak przez innych potępiany. Wybitny ten człowiek oparł się na nauce Demokryta o atomach i przyjął, że wszystka materja składa się z cząstek najdrobniejszych, które pozostają w ruchu wirowym. Drobne te wszakże cząstki posiadać miały różne formy; najmniejsze między niemi tworzyły żywioł pierwszy, a z nich składało się słońce i gwiazdy; cząstki mniej nikłe, zaokrąglone, stanowiące żywioł drugi, napełniały niebo, wielkie zaś, wydłużone, nieraz rozgałęzione partykuły trzech żywiołów składały skorupy ziemi i planet. Pierwiastkowo i ziemia była wi-

rem cząsteczek żywiołu pierwszego, jak słońce; następnie wszakże bryłki mniej drobne gromadziły się na powierzchni, tworzyły plamy, chmury, które się dalej coraz bardziej zagęszczały, a ostatecznie zbiły się w skorupę stałą.

Zwolna jednak, przez stopniowe wydzielanie się osobnych części tej skorupy ziemskiej, wytworzyły się powłoki kuliste różnego składu; dokoła ognisto-płynnego, słonecznego jądra I (str. 55) rozłożyła się zbita powłoka C, z metali złożona, dalej nastąpiła powłoka wodna D, wyżej jeszcze powłoka kulista F, wypełniona powietrzem, a wreszcie kora ziemska E, złożona z kamieni, piasku, gliny, wapna i t. d., ponad którą nakoniec rozpostarł się ocean atmosferyczny. Ponieważ zaś zewnętrzna kora ziemska bez podpory bujała nad wewnętrzną warstwą powietrzną, łatwo dziać się mogło, że rozszerzały się szczeliny, przerzynające sklepienie, a wtedy kora ziemska pękała i wielkie jej bryły padały na wewnętrzną, metaliczną skorupę C; była wszakże zbyt mała, by przyjąć całą korę skrajną, oddzielne jej bryły musiały się zatem z boków podpierać, co może nam tłomaczyć tworzenie się gór.

Bernard Varenius (ur. 1622 w Hitzacker nad Elbą, zm. 1650), autor pierwszej geografji fizycznej, przyznawał skromnie, że o wnętrzu ziemi nic pewnego nie wiadomo, zresztą wszakże był pod tym względem zupełnie jeszcze pojęciami Arystotelesa owładnięty; przyjmował „niezliczone przepaście, zakątki, skrzywienia, jaskinie, lejki i rozległe obszary“ w ziemi, a ze źródeł ciepłych wnosił, jak tylu innych przed nim i po nim, że w głębi mieści się ogień podziemny, ale o istotnem jego siedlisku i o jego rozległości żadnego nie pozostawił wyobrażenia.—Natomiast jezuita Atanazy Kircher (ur. 1601 w Geiza w opactwie Fuldy, zm. 1680 w Rzymie) w wielkiem swojem dziele o świecie podziemnem („Mundus subterraneus“, wyd. I 1664) nietylko w słowach ale i rysunkach dał dokładny obraz wnętrza ziemi, jak je sobie przedstawiał. Nie szedł on bynajmniej za wielkiemi ideami Descartes'a, ale pozostawał jeszcze zupełnie w obrębie poglądów Arystotelesa; jako świadek wszakże wybuchów wulkanicznych i wielkich trzęsień ziemi, mając nadto bogate zbiory minerałów do rozporządzenia, rzucił też i wiele nowych pomysłów. Wnętrze ziemi składa się według Kirchera z bryły stałej, poprzerzynanej mnóstwem pieczar rozległych, oraz niezliczonemi kanałami i przerwami; w najbardziej wewnętrznem jądrze ziemi znajduje się ogniem wypełniona przestrzeń wymiarów nader znacznych, gdy jamy zewnętrzne zajęte są w części ogniem, w części wodą, a w części też i powietrzem; liczne rozpadliny i przewody łączą obszary te między sobą i z powierzchnią ziemi.

Pobożny jezuita sądził nadto, że Bóg stworzył ogniste jądro ziemi i ogniska oddzielne, by wnętrze nie krzepło i nie utraciło zdatności do wytwarzania metali; dlatego też porównywał te źródła ogniowe do słońc i księżyców podziemnych, ale mniemał zarazem, że służyć muszą za miejsce pobytu dla zmarłych grzeszników i tworzą „piekło“, stał przeto jeszcze na

stanowisku zgoła średniowiecznem; w istocie rzeczy też uważać go w ogólności należy jako ostatniego wybitnego przedstawiciela poglądów średniowiecznych.

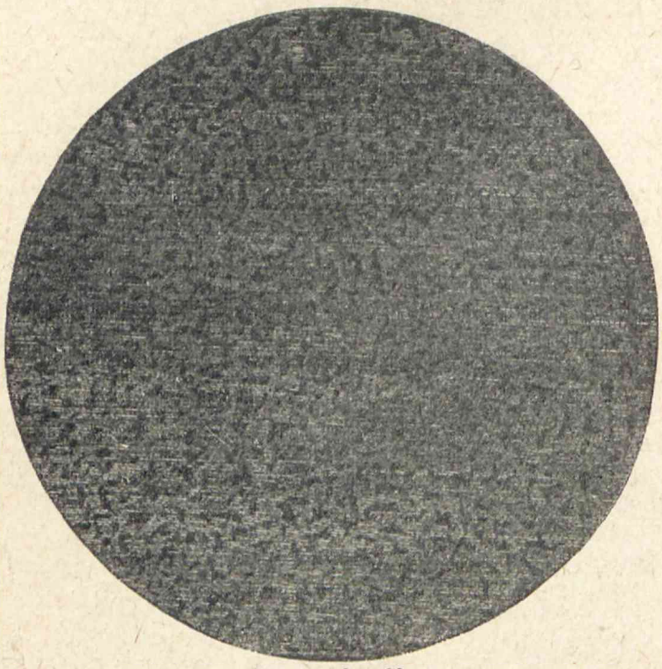
Wielki ogień centralny jest według Kirchera wieczny, gdy ogniska obwodowe z braku materjału opałowego wyczerpać się mogą. Materjałem zaś tego ognia podziemnego jest nietylko siarka, asfalt i węgiel kamienny, ale także ałun, sól, soda, antymon, witryol miedziany i inne podobne rzeczy; popiół, który przy paleniu powstaje, mięsza się z przenikającą wodą i podsyca ogień. Podziemne prądy wody wytwarzają wiatr, który przedziera się do ognisk i wilgotnym swym powiewem materjały opałowe w żar płomienisty wprawia.



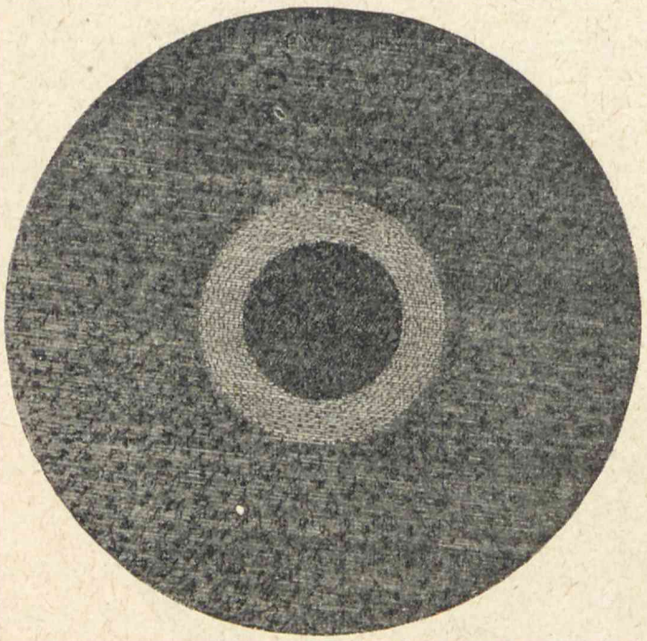
Atanazy Kircher.
Według miedziorytu z XVII wieku.

Jakkolwiek Kircher doniosłe znaczenie ogniom podziemnym przypisywał, tak silnie jednak pozostawał pod wpływem mojżeszowej historji stworzenia, że jako stan początkowy ziemi przyjmował pewien muł pierwotny, któremu Bóg, jakby nasieniu, wszczepił siłę kamieniotwórczą (vis lapidifica), by morze i powietrze gór nie zniosło. Góry kamieniste stwardniały z powodu szybkiego odpływu wód, gdy równiny zostały „wysłodzone“ czyli wyługowane, a stąd mięką ziemię rolną wydały. Góry są jakby szkieletem kostnym ziemi. Obok tej siły kamieniotwórczej miał być też czynny duch porządkujący (spiritus architectonicus), „sól przyrody“, którą Bóg również materji wszczepił.

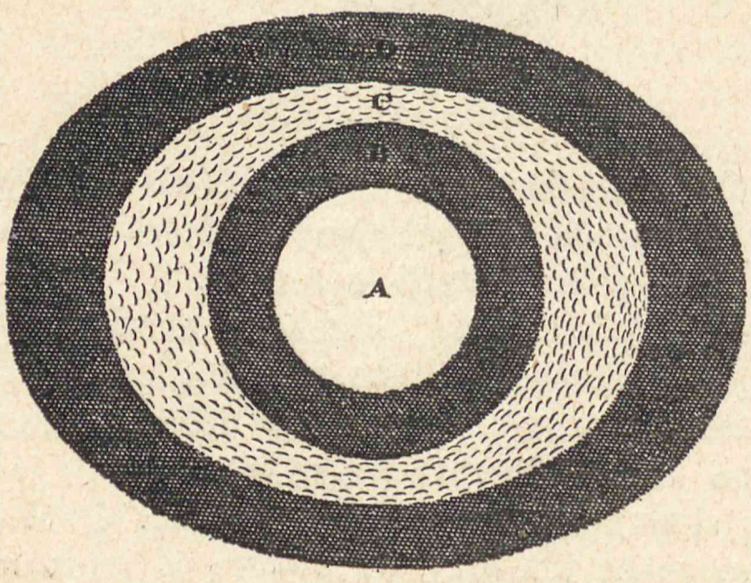
Współcześnie prawie ze „światem podziemnym“ Kirchera ukazało się (1669) niewielkie pismo duńczyka Mikołaja Stensona (Steno, ur. 1638, zm. 1687), które wręcz przeciwnie poglądom fantastycznym powyższego dzieła po raz pierwszy do zagadnień dziejów ziemi stosowało ze wszelką bystrością i jasnością trzeźwe obserwacje warstw skalnych i ich uporządkowania. Pokłady skał i prawidłowe ich następstwo znane już były wprawdzie od wieków górnikom praktycznym, a po części nawet od początku wieku XVI były



Chaos ziemski.



Utworzenie się stałego jądra ziemskiego.



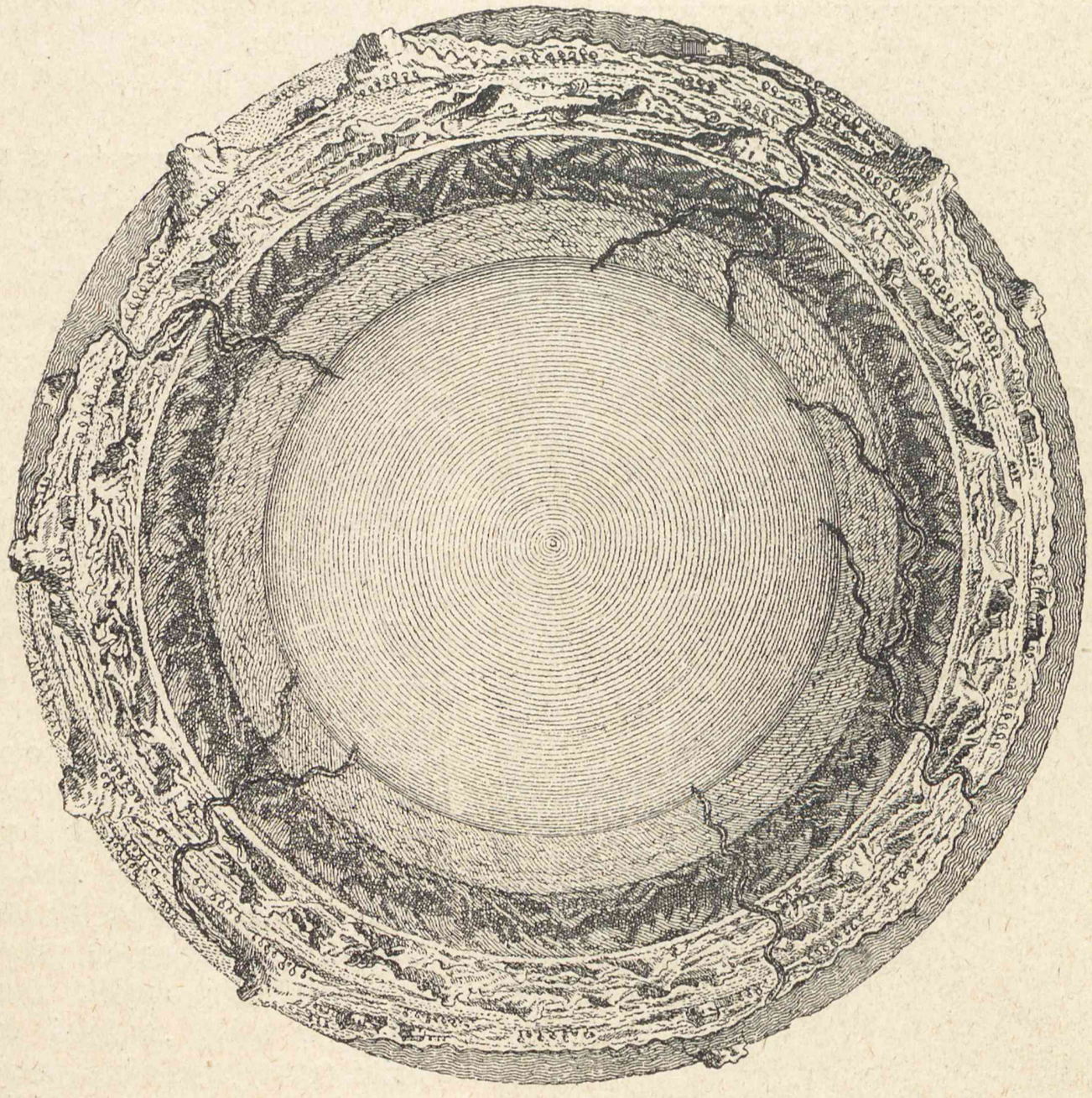
Stopniowe tworzenie się ziemi według teorji Burneta.
Z dzieła „Telluris theoria sacra“ z r. 1699.

nazwane i opisane; aż dotąd wszakże nigdy nie myślano o wysnuwaniu stąd wniosków teoretycznych, nie probowano też objaśniać i należycie rozumieć budowy warstw skalnych. Steno dopiero, po dokładnem rozpatrzeniu stosunków geologicznych Toskanji, wykazał, że warstwy te wydzielić się musiały z cieczy jako osady, materjał bowiem proszkowaty i gruboziarnisty odkładał się według praw ciężkości; stąd też warstwy były pierwiastkowo miękie i następnie dopiero stwardnieć mogły. Od skorup dają się te pokłady łatwo odróżnić, górna bowiem powierzchnia skorupy przebiega równoległe do dolnej, nawet przy nieprawidłowem jej ukształtowaniu, gdy powierzchnia pokładu ma kierunek do poziomu równoległy, lub tylko bardzo słabo jest pochylona. Tak np. inkrustacje wapienne w rzekach nie utajają nierówności ich dna, gdy osady piasku i gliny wszystko wygładzają.

Jeżeli w pokładach występuje sól, lub jeżeli znajdują się w nich szczątki zwierząt morskich, przy ich tworzeniu się musiało istnieć morze. Zawartość w nich trawy lub pni drzewnych świadczy o osadach z wód rzecznych, węgle i popiół wskazują, że był tu niegdyś ogień. Jeżeli warstwa jest jednorodna, ciecz, z której się osad wydzielił, nie otrzymywała dopływów różnorodnych; jeżeli wszakże napotykamy obok kamieni stoczonych piasek lub

glinę, a zatem osady gruboziarniste i drobnoziarniste zarazem, pochodzić to może od różnicy pór roku, albo też od rozmaitości unoszonych przez rzeki materjałów.

Steno wszakże nietylko tak jasno rozpoznał naturę skał uwarstwowanych i ich powstawanie, ale również słuszne i doniosłe wnioski wyprowadził ze stosunków ich uławicenia. Wykazał najpierw, że pokład tworzyć



Przecięcie idealne ziemi według teorji Johna Woodwarda.
Według miedziorytu z r. 1735

się może jedynie na podstawie stałej; warstwa dolna musi już być nieco stwardniała, zanim się nowa ponad nią tworzyć może; również musiała być z boków przez ciała stałe ograniczona, lub też rozpościerała się po całej ziemi. Gdy dolna warstwa się tworzyła, górna istnieć jeszcze nie mogła. Z wyjątkiem warstwy najniższej wszystkie inne posiadać muszą wszędzie grubość dosyć jednostajną. Zmiana w położeniu pokładu, która nastapić może bądź przez wspólne wyniesienie, bądź też przez zapadnięcie, jest

głównym początkiem gór; góry wszakże mogą być budowane także przez wyrzuty wylkaniczne, lub też kształtują się przez zmywającą działalność deszczu i potoków, z pewnością przeto nie istniały od samego początku.

Po tych wybornych uwagach ogólnych, które w zarodku zawierają zasadnicze pojęcia całej geologji nowej, zwraca się Steno przeciw mniemaniu, że góry rosną na wzór roślin, lub że można je do szkieletu zwierząt porównywać; twierdzi wszakże niesłusznie, że góry nie biegną według pewnych kierunków oznaczonych.



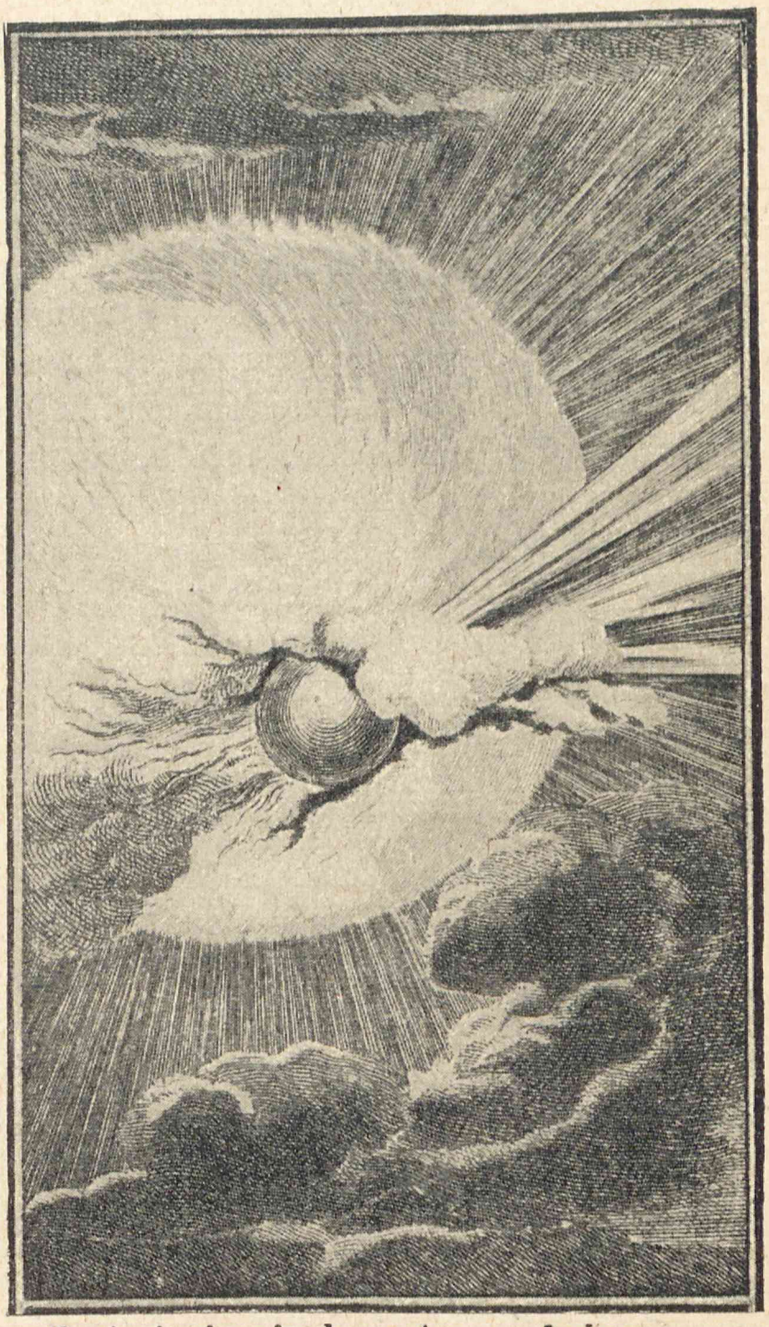
Jerzy Ludwik Leclerc hrabia Buffon.
Według miedziorytu Thellota.

Steno zajął przez to w pewnej mierze stanowisko zgodne z biblją, w metodzie wszakże swych badań okazał się zgoła od niej niezawisłym. Na nieszczęście niewielka jego rozprawa nie zwróciła na się dostatecznej uwagi, nie wywarła też wpływu zapładniającego na życie naukowe tych czasów, jakkolwiek ona pierwsza wskazała drogę, która prowadzić mogła do jasnego zrozumienia dziejów ziemi, a to mianowicie przez rozpatrywanie składu i budowy skorupy ziemskiej.

Gdy w ten sposób Steno ograniczał się jedynie obszarem swych dostrzeżeń bezpośrednich i pytanie o utworzeniu się ziemi pomijał, chociaż pewne znaczenie i ogniowi podziemnemu przyznawał, starał się anglik Tomasz Burnet w swej „świętej teorji ziemi“ (1681) wyśledzić początki pierwotne naszej planety i jej rozwój stopniowy, przyczem wszakże okazał się silnie zawisłym od pojmowania biblijnego. Ziemia powstała według Burneta z chaosu, z masy ciekłej, która pierwiastkowo tworzyć miała kulę o powierzchni jednostajnej. Następnie ciała stałe i ciężkie zajęły środek, cząstki wodne utworzyły przeto pierwsze, a cząstki lotne drugą powłokę kulistą. Później z powłoki ciekłej wydzieliły się części tłuste i unosiły na powierzchni cieczy, gdy cięższe jej materjały opadały w głąb', do jądra ziemi, pył zaś powietrza osiadał na tłustej warstwie ciekłej, która w skutek takiego

zmięszania się utworzyła powłokę mułu i dała początek powierzchni zamieszkałej, a tą drogą sfera powietrzna zupełnie się wreszcie oczyściła. Może też znajdowało się we wnętrzu ziemi jądro ogniste (A, str. 58), dokoła którego uporządkowała się masa ziemi (B); dalej następowała „woda otchłani“ (abyssus, C), a nakoniec skorupa zewnętrzna (D), bez gór i mórz, wygładzona zatem zupełnie.

Pierwsza ta ziemia została wszakże przez potop powszechny rozpuszczona, gdy już może od wielu tysięcy lat istniała. Ponieważ wtedy jeszcze oś ziemi była do ekliptyki czyli do drogi słońca prostopadła, a stąd nie zachodziła różnica pór roku, słońce przeto osuszyło tę skrajną powłokę ziemską, potworzyły się szczeliny, a wreszcie wskutek trzęsienia załamała się ta powłoka i pogrążyła w wodę otchłani; nastąpił znów zalew ogólny, trwający przez długie miesiące, aż zwolna wody ustąpiły, a otchłań dawna wydała morza i zbiorowiska wód podziemnych. Przez załamanie powłoki ziemskiej pochyliły się niektóre jej części, inne zachowały swe położenie pierwotne; na powierzchni rozwinęły się góry, doliny i równiny, w łonie zaś ziemi pieczary, częścią suche, częścią wodą wypełnione. W pieczarach zamknięte pary sprowadzają trzęsienia ziemi i wybuchy wulkaniczne, gdy wyspy niknąć mogą w skutek zapadania się pieczar.



Zetknięcie się komety ze słońcem.
Według miedziorytu w „Histoire naturelle“ Buffona z r. 1785.

Odrębną znów teorję ziemi podał młodszy rodak Burneta, John Woodward (ur. 1665 w hrabstwie Derby, zm. 1722 w Londynie), który usunął zupełnie ogień centralny, a wnętrze ziemi wyobraził sobie zapełnione olbrzymią kulą wodną, która za pośrednictwem kanałów miała być z morzami połączona; kula ta wodna i ocean posiadały wspólny środek ciężkości. Gdy załamała się skorupa ziemska, rozpościerająca się ponad kulą wodną, powstał potop powszechny, a w wodach jego rozpuściły się wierzchnie skały i masy mineralne; części ich utrzymywały się najpierw w wodzie zawieszone, po-

tem jednak opadały w miarę swej ciężkości i wytworzyły pokłady, które osiadały jedne na drugich, a później twardniały. Początkowo wszystkie warstwy były poziome, powierzchnia była gładka i wodą pokryta, ale warstwy te załamywały się we wszystkich miejscach, obniżały się i wznosiły, a przez zapadanie głazów olbrzymich powstały doliny i dno morskie.

William Whiston (1666—1753) twierdził, że ziemia zrodziła się z wielkiej komety, której jądro utworzyło ogniste wnętrze ziemi; inna kometa miała się zetknąć z ziemią w r. 2349 przed Chr., a wodami swemi, z któremi połączyły się i wody podziemne, spowodowała potop.

Wielki filozof G. W. Leibniz (ur. 1 lipca 1646 w Lipsku, zm. 14 listopada 1716 w Hanowerze) wrócił natomiast do pomysłów Descartes'a, pisząc w rozprawie swej „Protogaea", że ziemia była pierwotnie bryłą rozżarzoną jak słońce; na powierzchni jej wydzieliły się następnie żuzle, z których wreszcie utworzyła się skorupa stała, gdy jądro ogniste jeszcze się pod nią utrzymuje. Woda istniała z początku jedynie w postaci pary, skropliła się wszakże przy oziębieniu, opadła na powierzchnię ziemi i tu przybrała sól. Przy dalszem stygnięciu ziemi potworzyły się w jej wnętrzu przestrzenie puste, a przez ich załamywanie na powierzchni skorupy powstały nierówności. W zagłębieniach złożyła woda osady, które potem stwardniały, a stąd oblicze młodzieńczej jeszcze ziemi niejednokrotnie się odnawiało. Skały są przeto częścią wodnego, częścią ogniowego pochodzenia. Wszystko było niegdyś wodą okryte; wyniesienie lądu prawdopodobnie stąd nastąpiło, że woda w części zbiegła do pieczar podziemnych.

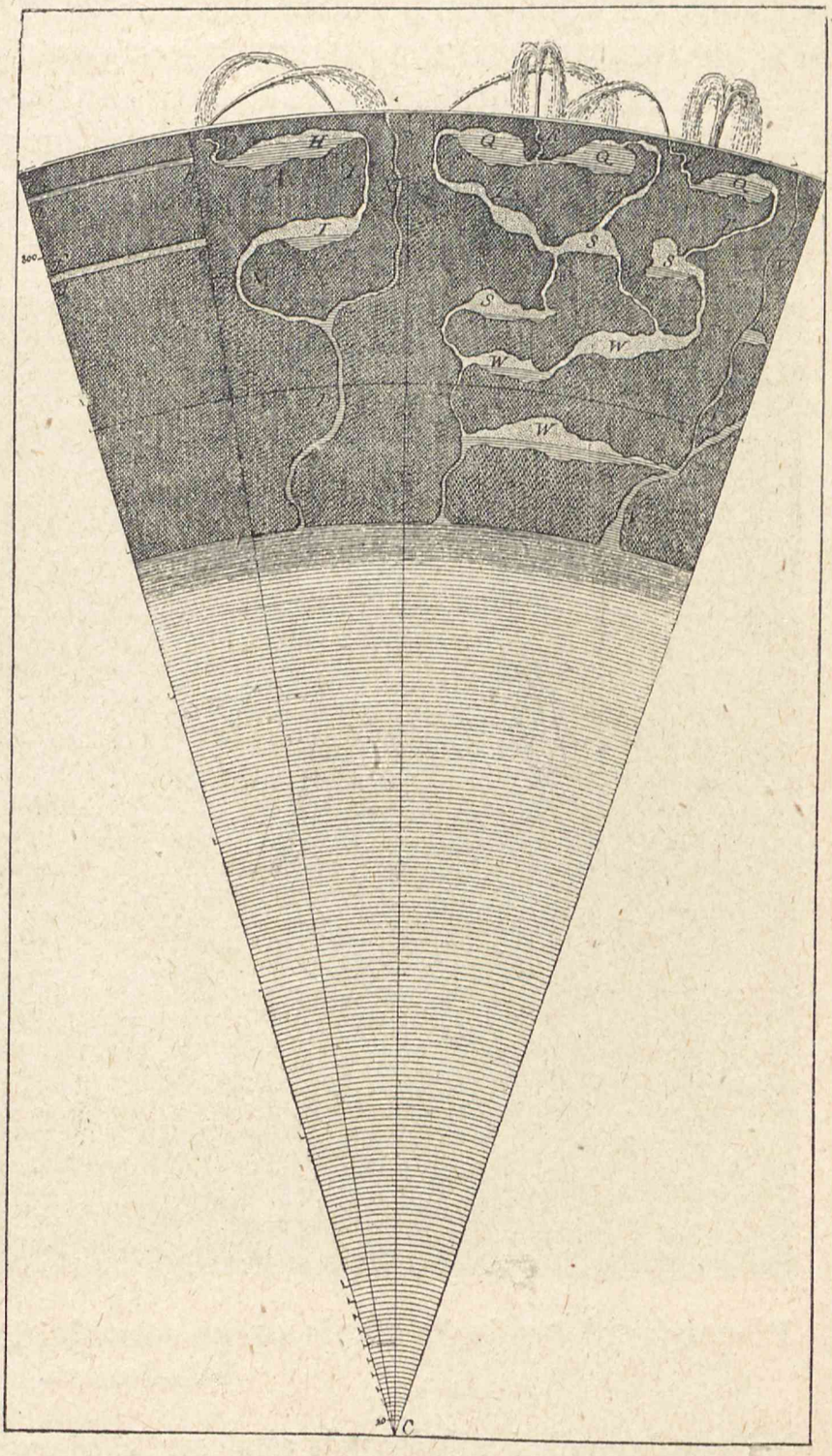
Jeżeli już Leibniz starał się, by jego teorja ziemi nie pozostawała w jawnej sprzeczności z mojżeszową historją stworzenia, to opat włoski, Antonio Lazzaro Moro (ur. 1687 w St.-Vito, zm. 1740) usiłował dzieje powstania ziemi doprowadzić do zupełnej z nią zgody. Z początku była kula ziemska według jego pojęć otoczona jednostajną powłoką wody słodkiej, trzeciego dnia jednak dopuścił Bóg rozniecenie ognia podziemnego, który wysunął z wody lądy i góry; wielkie ilości wyrzuconego materjału ziemistego, piasczystego, gliniastego, kamieni stopionych, metali, soli, asfaltu, osiadły warstwami i wytworzyły skały drugiego rodzaju. Dnia piątego stworzeni zostali mieszkańcy morza, a ponieważ wybuchy głazów wyrzucanych trwały dalej, liczne szczątki zwierzęce dostały się do nowopowstających warstw skalnych. Obok wszakże pokładów uwarstwowanych wyróżniał już Moro skały utworzone z masy jednolitej, jakie powstają z krzepnięcia ciał stopionych.

Gdy Guettard (1755) i Jan Fryderyk Wilhelm Toussaint Charpentier (1778) nakreślili pierwsze karty geologiczne, czyli oznaczyli na mapach rozległość oddzielnych rodzajów skał, a Giraud Soulavie i Faujas de Saint Fond rozpatrzyli wygasłe wulkany Francji i poznali naturę wulkaniczną bazaltu, pojawiać się zaczęły obficie fantastyczne i bujne hypotezy o początku i rozwoju ziemi. Z wielkiej ich liczby przytoczymy tu tylko, jako szczególnie wybitną, teorję znakomitego naturalisty francuskiego, hrabiego Grzegorza Ludwika Leclerc de Buffon (1707—88).

Buffon w dziele swojem „Époques de la nature“ (1778) przyjął, że niegdyś wielka kometa zetknęła się ze słońcem rozżarzonem i oderwała jego części, które zaczęły w jednakim kierunku krążyć dokoła macierzystej swej gwiazdy, wirując zarazem dokoła własnych swych osi. Do części tych należała także i ziemia, która od owej epoki jeszcze 2.936 lat w stanie ognisto płynnym pozostawała; okres ten wyprowadził Buffon z doświadczeń swych ze stopionemi kulami żelaza lanego.

W okresie drugim, którego trwanie wynosić miało około 35.000 lat, pokryła się ziemia skorupą zakrzepłą; wskutek niejednostajnego ściągania się tej skorupy i przez wywiązywanie gazów powstały na powierzchni wielkie, chociaż w zestawieniu ze średnicą kuli ziemskiej nieznaczne tylko zagłębienia i wyniosłości; szczeliny skorupy wypełniły się presublimowanemi metalami i minerałami, a skrzepnięcie dotarło wreszcie do środka ziemi.

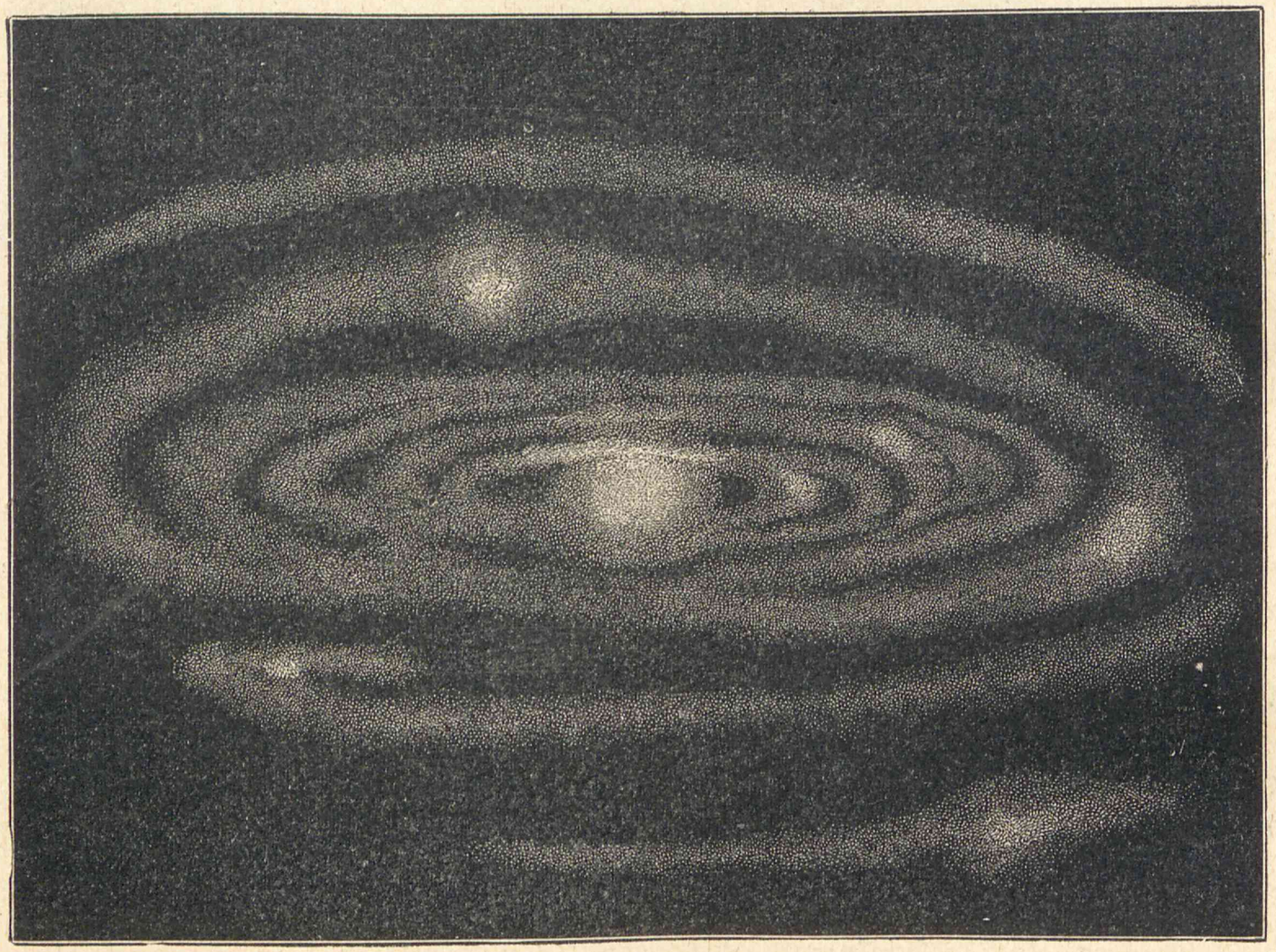
W okresie trzecim, który ciągnąć się miał 15 do 20.000 lat, ziemia tak dalece już zastygła, że woda mogła opaść i pokryć jej powierzchnię. Gorąca woda działała rozkładająco na skały, zamieniła je w łupki, margiel i piasek, które się ułożyły w warstwy równoległe; zwierzęta nieprzeliczone zapełniły morza pierwotne, a z ich szczątków powstały wapienie; wzrastające zastyganie morza spowodowało zagładę przeważnej części owych zwierząt dawnych czasów; przedzieranie się oceanu do wielkich pieczar podziemnych obnażało coraz większe obszary lądu, a na nim rozwinęła się roślinność zwotnikowa, której pozostałości odnajdujemy w pokładach węgla kamiennego.



Skorupa ziemi i napełnione wodą jej wnętrze.
Według „Geogonji“ Silberschlaga z r. 1780.

W okresie czwartym, trwającym około 5.000 lat, rozpoczęła się działalność wulkanów przez zetknięcie się wody z gorącem wnętrzem ziemi i przez rozgrzanie się materjałów palnych. W okresie piątym nastąpił znowu spokój; pod równikiem panował jeszcze żar palący, ale w obszarach północnych żyły już słonie i inne wielkie zwierzęta lądowe. Ze wzrastającem stygnięciem posuwały się istoty żyjące coraz dalej na południe. W okresie szóstym nastąpił obecny rozkład wód i lądów—i ukazał się człowiek.

Chociaż teorja ta w wielu punktach oparta jest na nader słabej i nietrwałej podstawie, przypada jej jednak wielka zasługa, a to przez wprowadzenie bardzo długich okresów, przez jasne wyróżnienie skał pierwotnych,



Planety w pierwotnym stanie swego rozwoju: Pierścienie od słońca oderwane.
Według Laplace'a.

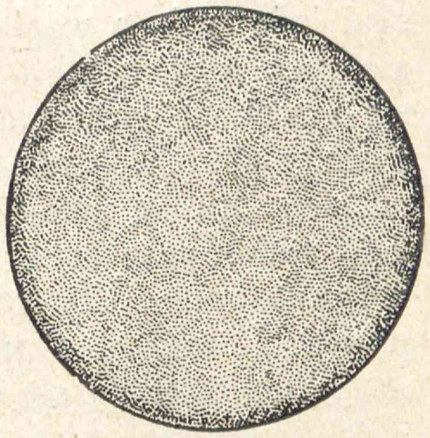
skał osadowych i młodszych skał wulkanicznych, wreszcie przez odwołanie się do rozkładu geograficznego zwierząt i roślin.

Ważniejsze były jeszcze poglądy, jakie rozwinął Abraham Boguchwał Werner (ur. 25 września 1749 w Wehrau w Saksonji, zm. 30 czerwca 1817 w Dreźnie) w słynnych swych odczytach w akademji górniczej w Freibergu o tworzeniu się i budowie skorupy ziemskiej. Sądził, że wszystkie skały, zarówno jak i cała bryła ziemska, powstały z roztworu wodnego. Skały pochodzenia najdawniejszego wykrystalizowały w czasie, gdy zgoła jeszcze istot żyjących nie było na ziemi; skały późniejsze są to bądź chemiczne,

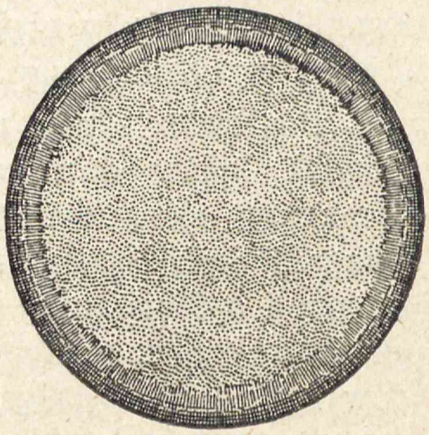
bądź też mechaniczne osady wody morskiej i zawierają już szczątki organiczne. Osady te, ułożone jedne na drugich, jakby łuski cebuli, poziomo lub w słabem pochyleniu, tworzą bryłę ziemską, a gdzie są silniej pochylone, nastąpiło to przez załamanie się pieczar, przez zapadanie gór lub inne podobne zdarzenia. Wielokrotne zalewy sprowadzały zagładę istniejących niegdyś tworów, których szczątki znamy jako skamieniałości. W objawach wulkanicznych widział Werner następstwa pożarów podziemnych, bazaltowi przypisywał początek wodny, a wszelkie żyły rud metalicznych uważał za szczeliny, które stopniowo z góry przez roztwory zapełnione zostały. Zmiany poziomu wód morskich wytworzyć miały wyspy i lądy, których powierzchnia jedynie tylko przez spłukującą działalność wody ukształtowana została. Tak wyłączne uwzględnianie wodnego pochodzenia skał i stanowcze zaprzeczanie tworzeniu się ich z roztopów ognistych czyni znaczny uszczerbek nauce Wsrnera, która wszakże z drugiej strony, przez jasne scharakteryzowanie różnych skał, przez wykazanie ich stosunków wzajemnych, ich rozprzestrzenienia, układu i następstwa kolejnego, wytworzyła podstawę trwałą dla dalszego rozwoju geologji.

Werner był wybitnym przedstawicielem kierunku neptunicznego, czyli tych poglądów, które wodzie przypisywały znaczenie naczelne w tworzeniu się ziemi, a pod jego wpływem pojęcia te dosyć długo panowały w świecie naukowym, dopóki przeciw nim nie wystąpili z powodzeniem dwaj znakomici uczniowie Wernera, Aleksander Humboldt i Leopold Buch, a zwłaszcza genjalny badacz szkocki James Hutton (ur. 3 czerwca 1726 w Edymburgu, zm. 1797).

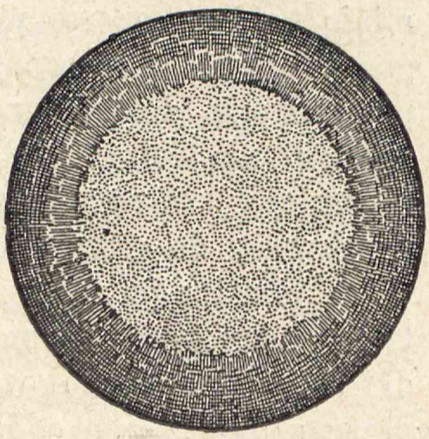
Hutton przyznał wprawdzie w swej „Theory of the earth“ (1788, wyd. drugie, powiększone, 1795) wodzie również znaczenie doniosłe, gdy piaskowce, gliny i konglomeraty czyli zlepieńce wyprowadził ze spławionych wodą



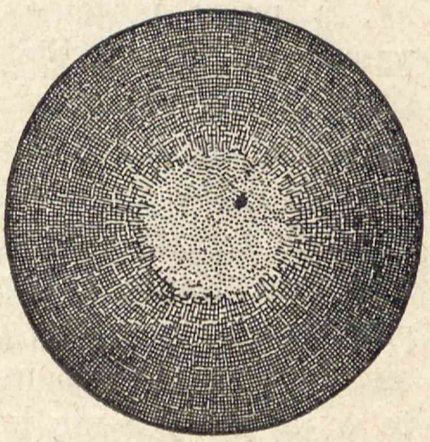
Grubość skorupy zakrzepłej.
100 kilometrów.



1000 kilometrów.



2000 kilometrów.



4000 kilometrów.

Stopniowe krzepnięcie ziemi
Według A. Stübla.

skał lądowych, a wapienie ze szczątków zwierząt morskich na dnie oceanu, ale obok tego sądził wszakże, że skały inne, jak porfir i granit, utworzyły się z roztopu gorącego, a skały uwarstwowane przez przetopienie w głębi zyskały zbitość. Uwarstwowane te skały wyniesione zostały w górę skutkiem rozszerzania się materji gorącej, we wnętrzu ziemi istniejącej, i utworzyły lądy stałe, przyczem warstwy same uległy pofałdowaniu, rozłamaniu lub wyprostowaniu. Utworzone przytem szczeliny i rozpadliny zapełniły się minerałami, rudami i masami skalistemi, które przedostały się od spodu, a obecnie ukazują się nam jako żyły na powierzchni ziemi i w kopalniach. Tak wyciśnięte wszakże ognisto płynne masy skaliste (magmy) wtłoczyły się także między istniejące już warstwy i zakrzepły tam w zbite utwory krystaliczne (skały głębokie), gdy magmy, które na powierzchni ziemi zastygły, wyróżniają się budową pęcherzowatą i żuzlowatą.

Ponieważ skały uwarstwowane składają się po większej części z rumowisk lądów dawnych, rozkład przeto wody i lądu stałego był niegdyś odmienny; skutkiem rozprężliwości gorącego wnętrza ziemi wynurzają się z morza lądy nowe, zarazem jednak lądy dawne niszczone są przez wietrzenie i spłókiwanie; proces ten dokonywa się w ciągu nieprzejrzanych okresów czasu, a przez tę grę bezustanną lądów nowo powstających i lądów zagładzie ulegających zmienia się wciąż oblicze ziemi.

Przez tak dobitne uzasadnienie wpływu, jaki ciepło wewnętrzne ziemi miało na losy naszej planety, stanął Hutton na czele kierunku plutonicznego, w ostrej sprzeczności z neptunizmem Wernera; przez starannie przeprowadzone doświadczenia sir James Halla (1762—1831) i przez wyborne wyjaśnienia Johna Plaifaira poglądy te stały się lepiej zrozumiałe i zyskały rozleglejsze rozpowszechnienie, a przy następnych, istotnych ulepszeniach przetrwały do czasów obecnych.

Wkrótce po znakomitem dziele Huttona ukazało się (1796) pismo matematyka i astronoma francuskiego P. S. Laplace'a (1749—1827), które początek układu słonecznego wyprowadzało z niezmiernej, wirującej kuli gazowej; przez zagęszczanie oddzielnych brył niebieskich wywiązywał się żar ogromny, a przez powolne ich stygnięcie, skutkiem promieniowania w zimną przestrzeń wszechświata, jaśniejące te i rozżarzone bryły zyskały wreszcie stałe skorupy zakrzepłe. Poprzednio już (1755) podobne myśli o powstaniu układu słonecznego wyraził wielki filozof królewiecki E. Kant (1724—1804), chociaż losów ziemi tak daleko nie śledził, a stąd hypoteza Laplace'a, niezupełnie zresztą słusznie, oznacza się też nazwiskiem wielkiego myśliciela. Hypoteza Kanta i Laplace'a została przez geografów i geologów prawie powszechnie przyjęta, jakkolwiek zaprzeczyć nie można, że pewne szczegóły układu planetarnego nie dają się przez nią wytłomaczyć. Nie umiano wszakże w jej miejsce nic lepszego wprowadzić, a z najważniejszych stosunków skorupy ziemskiej teorja ta najdokładniej jeszcze zdaje sprawę. Teraz dopiero zrozumieć można było, skąd pochodzi przyrost temperatury, jaki dostrzegamy przy zagłębianiu się w skorupę ziemską, o czem najpierw do-

wiedział się Atanazy Kircher z opowiadań górników; odtąd też utrwaliło się nowożytne pojęcie o ognisto płynnem jądrze ziemskiem potężnej rozległości, które zgoła jest różne od środkowej, obwałowanej bryły ognistej Descartes'a, od ognia podziemnego Empedoklesa, lub od centralnego pyrophylacium Kirchera. Gdy jeszcze w r. 1780 I. E. Silberschlag, który starał się powstanie i losy ziemi wyjaśnić w jak najściślejszej łączności z biblją, przyjmował wielką centralną kulę wodną i grubą, pieczarami przejętą skorupę ziemską (ob. rys. na str. 63), to następnie głosy podobne mijały bez żadnego posłuchu, idea bowiem ognisto płynnego jądra ziemskiego aż do czasów ostatnich wyłączne prawie panowanie utrzymała. Jedynie tylko co do grubości skorupy i objawów jądra zachodziły często poglądy bardzo sprzeczne: Aleksander Humboldt i Elie de Beaumont oceniali grubość skorupy na 40 do 50 kilometrów, Pfaff na 80 do 90 kilometrów, Pilar na 120 kilometrów, fizyk zaś angielski W. Hopkins wyprowadził ze swych rachunków grubość przechodzącą znacznie 1000 kilometrów. Właściwe jądro ziemskie według poglądu Lichtenberga i Franklina składać się miało z masy gazowej, a pogląd ten Henryk Spencer, A. Ritter i Karol Zoeppritz dokładniej następnie uzasadnili. Skoro zebrano liczniejsze dostrzeżenia przyrostu temperatury w kopalniach, trzeba było przyjąć, że w pewnej głębokości najpierw skały się topią, a dalej zaś, przy wyższych jeszcze stopniach żaru w głębokościach znaczniejszych, wszystkie ciała przechodzić muszą w stan lotny. Gazy te, pozostające pod potężnem ciśnieniem i w temperaturze nader wysokiej, przedstawia fizyk szwedzki Svante Arrhenius (1900) jako tak dalece ściśnięte, że w istocie rzeczy zachowywać się muszą prawie jak ciała stałe, z tą wszakże w każdym razie różnicą, że już przez samą zmianę ciśnienia części tej masy ulegać mogą znacznym przemieszczeniom. Arrhenius przypisuje stałej skorupie ziemskiej grubość około 40 kilometrów, w głębokości zaś 300 kilometrów przyjmuje temperaturę tak wysoką, że wszystkie już ciała tam się ulatniać winny, a w środku ziemi przeważa zapewne żelazo w stanie gazu. Sądzi też, że gazowa ta kula żelazna we wnętrzu ziemi zajmuje 80 odsetek promienia ziemskiego, gazowa magma kamienista 15 odsetek, magma ognisto płynna 4 odsetki, stała zaś skorupa ziemska niespełna 1 odsetkę!

Jeżeli Arrhenius jądro środkowe ziemi z żelaza buduje, to do wniosku tego prowadzi go wzgląd na znaczną stosunkowo gęstość ziemi. Ponieważ ziemia około 5,5 raza cięższa jest, aniżeli tejże samej wielkości bryła wodna, skały zaś skorupy ziemskiej posiadają ciężar właściwy zaledwie 2,5, wypływa stąd przeto bezpośrednio, że jądro ziemskie składać się musi z materjałów cięższych. Dlatego też już w r. 1847 przyjął Dana jądro żelazne, uważał je wszakże za bryłę sztywną, umieszczoną w otaczającej ją ognistej masie płynnej, na której spoczywać miała cieńka kora ziemska. Podobneż poglądy wyrażali i inni badacze, gdy natomiast fizycy angielscy, G. H. Darwin i W. Thomson, amerykanin Barnard i geolog niemiecki C. Royer całą kulę ziemską za ciało stałe uważają, albo przynajmniej przyjmują skorupę nader grubą, rozłożoną dokoła niewielkiego, płynnego jeszcze jądra środkowego.

Odrębne stanowisko w kwestji natury i ogólnej budowy bryły ziemskiej zajmuje Alfons Stübel, który oryginalne swe pomysły wysnuł podczas długich podróży w obszarach wulkanicznych Ecuadoru. Gdy, mianowicie, badacze inni są w ogólności zdania, że ziemia w skutek procesu zastygania coraz zmniejszającą się objętość zajmuje, wnosi natomiast Stübel z pewnych dostrzeżeń, że w przebiegu ciągłego i powolnego oziębiania się swego przechodzi ognisto płynna miazga pewną fazę, przy której objętość jej wzrasta, a rozszerzanie się takie dokonywać się może z niezmierną siłą. Utrzymuje więc Stübel, że masy wybuchowe rozpościerały się zawsze po zakrzepłej skorupie ziemi, tworząc jej „pancerz“ i wzmagając jej objętość. Grubość tego pancerza wynosić ma około 50 kilometrów, cała zaś zakrzepła skorupa ma być tak potężna (około 2,000 kilometrów), że ognisto płynna magma wnętrza ziemi nie może się na jej powierzchnię wydobywać.

Gdy w ogólności panuje przekonanie, że ziemia z ziemskich zbudowana jest ciał i rozwój swój własnym zasobem materjału utrzymuje, to w końcu wieku XIX słynny podróżnik podbiegunowy Nordenskjöld, gdy daleko we wnętrzu pustyń lodowych Grenlandji napotkał pył, któremu pochodzenie kosmiczne przypisał, wyraził myśl, że ziemia powstać mogła przez skupienie meteorytów. Wielu stronników pogląd ten sobie nie zjednał, jednakże Fryderyk Ratzel niedawno (1901) zwrócił uwagę, że materjał kosmiczny który dostaje się na ziemię w postaci kamieni meteorycznych i pyłu, w biegu długich okresów czasu zbiera się w ilości tak znacznej, że rzeczywiście przypadać mu może pewien udział w składzie skorupy ziemskiej.

Przesunęła się tu przed nami znaczna liczba poglądów na ogólną budowę ziemi. W istocie rzeczy przyznać należy, że nie wiemy zgoła, co się we wnętrzu ziemi dzieje, z czego się jądro jej składa; jedynie tylko dochodzenia, mające na celu oznaczenie gęstości ziemi, przekonały nas niewątpliwie, że wnętrze ziemi nie może się składać z wody, jak o tem nieraz prawiono, opierając się na wyobrażeniach semickich. Co się wszakże tyczy skał, składających skorupę ziemską, to z wszelką pewnością wiemy, że częścią zakrzepły z masy ognisto płynnej, częścią zaś utworzyły się przez współdziałanie wody i wiatru. Jeżeli więc co do wnętrza ziemi nieświadomość naszą przyznać musimy, to natomiast stajemy na gruncie pewniejszym, gdy zająć się mamy rozpatrzeniem budowy kory ziemskiej i zachodzących w niej objawów.



Według fotografji Sommera. Krater Wezuwjusza podczas wybuchu.

II. Wulkanizm i tworzenie się gór.

W rozdziale poprzednim poznaliśmy najrozmaitsze pojęcia o powstaniu i ogólnej budowie ziemi naszej, a przytem nieraz już nastręczały się nam wzmianki, jak w czasach dawnych i nowych wyobrażano sobie pochodzenie chropowatości na powierzchni ziemi. Należy nam wszakże teraz dokładniej rozważyć pytanie o powstaniu gór i lądów, śledząc rozwój, jakiemu dziedzina ta badań uległa od czasu uczonych greckich.

Trzęsienia ziemi.

W starożytności przypisywano trzęsieniom ziemi wpływ znaczny na ukształtowanie powierzchni ziemi, czemu dziwić się nie można, właśnie bowiem w Grecji, w Azji Mniejszej i w Italji, w tych siedliskach oświaty greckiej i rzymskiej, trzęsienia ziemi występują często i ze znaczną siłą Zwróciliśmy wyżej uwagę, że na ludy żyjące na łonie natury wrażenia zbyt wielkiego nie wywierają trzęsienia, jeżeli nie wyróżniają się gwałtownością. nadmierną, słupy bowiem i belki ich chat, wiciami giętkiemi związane, niewiele cierpią od uderzeń podziemnych; inaczej wszakże dziać się musiało w starożytności klasycznej, gdy za mieszkania służyły już powszechnie domy kamienne, dla których trzęsienia ziemi stawały się nader niebezpieczne. Ponieważ nadto w wapiennych górach Grecji trzęsieniom ziemi częste towarzyszą zawały, a nieraz też tworzą się szczeliny znacznej długości i roz-

ległości, pojąć łatwo możemy, że starożytni widzieli w trzęsieniach przyczynę tworzenia się gór. Dla tego też należy nam przedewszystkiem zapoznać się ze starożytnemi teorjami trzęsień ziemi.

Wiara ludowa grecka w czasach najdawniejszych źródło trzęsień ziemi upatrywała w wodzie, w morzu, skąd też Homer Pozeidonowi, bogu morza, przydomek „ziemią wstrząsającego“ nadawał. Podobnież i najdawniejsi filozofowie jońscy przyznawali wodzie moc wywoływania trzęsień ziemi, a Tales z Miletu według świadectwa Seneki (VI, 6 jego rozważań przyrodniczych) sądził, „że cała ziemia utrzymywana jest przez wodę pod nią rozpostartą i na niej pływa. Jako dowód, że w wodzie spoczywa przyczyna, którą ten krąg ziemski jest niepokojony, przytacza Tales okoliczność, że przy każdem znaczniejszem trzęsieniu ziemi w ogólności nowe źródła wytryskują“. Dowodu tego zresztą Seneka bynajmniej za przekonywający nie uważa, często bowiem mają miejsce trzęsienia, przy których zgoła nie wydobywają się nowe wody, a wylewające się na powierzchnię ziemi ich ilości zupełnie są nieznaczne. Anaksymenes natomiast podał teorję polegającą na zapadaniu ziemi, co w samej rzeczy bardzo dobrze stosowało się do wapiennych obszarów Grecji, obfitujących w pieczary: Gdy ziemia przemoczona jest od deszczów długotrwałych, a potem wysycha, tworzą się rysy i szczeliny, części wewnętrzne skorupy ziemskiej odrywają się skutkiem tego i wywołują spadkiem swoim wstrząśnienia miejscowe; dla pewnej kategorji trzęsień wyjaśnienie takie służy i w obecnych jeszcze czasach. Anaksagoras, Demokryt i inni mniemali, że w wydrążeniach wewnętrznych i w żyłach ziemi zamknięte wody, wiatry lub ogień wstrząsają nią, gdy ujścia szukają, a tym sposobem podawali takież same przyczyny trzęsień ziemi, jakie przyjmowano i dla objawów wulkanicznych. Wyobrażano sobie, że między trzęsieniami a wybuchami wulkanów zachodzi ścisła łączność, a pogląd ten również i w czasach teraźniejszych dla wielu trzęsień uznany został za słuszny.

Arystoteles wyprowadzał trzęsienia ziemi wyłącznie z ruchów powietrza, w pieczarach i porach ziemi zawartego, które usiłuje się oswobodzić, a przytem napotyka opór, albo też jest wstecz pędzone przez wody ku dołowi spływające. Sądził też przeto, że na trzęsienia ziemi najbardziej narażone są okolice, które w przepaściach swych i jaskiniach wodom dostęp do wnętrza ziemi otwiarają, jak Hellespont, Eubea, Achaja, Sycylja i wyspy Liparyjskie.

Obmyślono zresztą cały jeszcze szereg dalszych hypotez o przyczynach trzęsień ziemi, które przytacza sumiennie Seneka w VI księdze swoich „rozważań przyrodniczych“; zastanawiać się wszakże nad niemi nie będziemy, niewielkie bowiem tylko przypada im znaczenie historyczne. Wspomnimy jedynie, że Demetrjusz z Kallatydy, który żył około 300 r. przed Chr., sporządził już wykaz wszystkich trzęsień ziemi, zaszłych w Grecji, i że wtedy już wyróżniano rozmaite rodzaje trzęsień, stosownie do tego, czy dało się dostrzedz uderzenie pionowe z dołu ku górze, czy też kołysanie się poziome Seneka wyodrębnił jeszcze następnie lekkie drżenie ziemi od trzesienia istotnego.



Wybuch wulkanu japońskiego Siurpurama w r. 1650, połączony z trzęsieniem ziemi.

Według dzieła A. Montana „Pamiętne poselstwa Towarzystwa Wschodnio-indyjskiego", Amsterdam, 1669.

Zwrócono też już wówczas uwagę na trwanie trzęsień i przekonano się, że najczęściej przebiegają w czasie nader krótkim. Zwykle miały się trzęsienia składać z uderzenia gwałtownego, po którem następowało kilka słabszych; zanim występują, słyszeć się daje często szum przytłumiony we wnętrzu ziemi. Niekiedy ciągnęły się trzęsienia bardzo długo, czyli raczej powtarzały się w ciągu długiego okresu czasu, niekiedy przez lata całe. Objawy takie nazywamy dziś „rojami trzęsień ziemi."

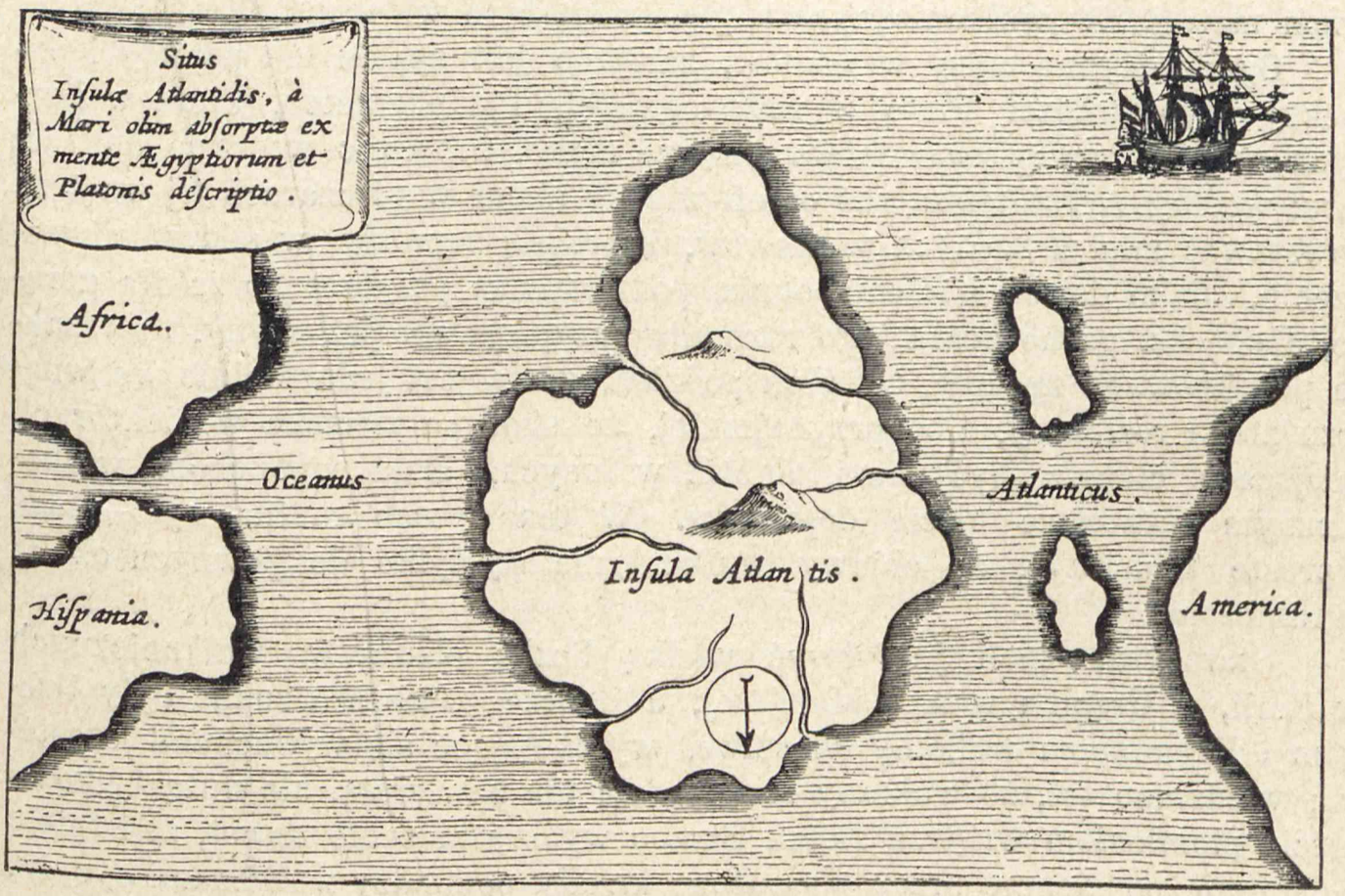
Podobnie, jak wiedziano, że w niektórych okolicach trzęsienia są częstsze, aniżeli w innych, tak też uważano za rzecz dowiedzioną, że pewne pory roku odznaczają się większą ich obfitością.

Wpływ, jaki trzęsienia ziemi na jej powierzchnię wywierać mogą, oceniano bardzo wysoko. Według Eschylesa oddzieliła się Sycylja od Włoch przez trzęsienie ziemi, według Platona przez trzęsienie ziemi zaginęła mityczna wyspa Allantyda. Że ziemia i skały pękają, można to było dostrzedz bezpośrednio, ale gdy Seneka mówi, że trzęsienia całym okolicom zgoła odmienne nadawać mogą wejrzenie, że „góry zniżają, a równiny podnoszą", to widzieć w tem należy jedynie domysły, przerażającym objawem przyrody w umyśle badacza wzbudzone. Według Strabona sprowadzają trzęsienia ziemi nawet zagładę jezior dawnych i ukazywanie się nowych, wyciskają rzeki ze starego ich łożyska, pochłaniają całe wyspy i nowe z toni wód wysuwają. W wiadomościach tych skutki trzęsień ziemi wydają się zapewne w części przesadne, jednakże znali już starożytni najgroźniejsze ich działanie, a mianowicie wzniecaną przez nie falę morską. Powstawanie jej tłómaczył Arystoteles tem, że nabrzmienie morza, pod wpływem wiatrów zewnętrznych nadciągające, ulega przez trzęsienie ziemi nagłemu w drodze swej powstrzymaniu, a tak zatamowane zalewać musi wybrzeża sąsiednie. W ten sposób miały być zniszczone miasta achajskie, Helike i Bura. Tą też drogą oderwać się miała Eubea od Beocji, a Lesbos od brzegu Azji Mniejszej; Strabon przypuszcza nawet, że podobnież powstać mogły wszystkie wyspy blizko wybrzeży położone, ale pogląd ten wybiega zbyt daleko.

Przytoczone tu teorje trzęsień dają się wprawdzie dobrze zastosować do przekształceń powierzchni ziemi, ale w ogólności nie są w stanie tłómaczyć pierwotnego powstania gór i lądów, chociaż niektóre mogą się i do tego ostatniego celu nadawać. Tak przypuszcza Arystoteles, że prądy powietrzne, które przebiegają po rozległych wydrążeniach wnętrza ziemi, w pewnych okolicznościach powierzchnię jej podnosić mogą.

Naukę tę Arystotelesa podjął Hipparch, a następnie Strabon, który ją w ten sposób dalej rozwinął, że podnoszenia i obniżania lądów dokonywać się miały zwolna i stopniowo, a główny w tem udział przyjmowało dno morskie. Strabon mianowicie tak się o tem wyraża (I, 51): „Jeżeli morze podnosi się i opada, należy to tłómaczyć w ten sposób, że części dna morskiego już to się podnoszą, już znów opadają, pociągając za sobą morze w górę lub w głąb. Gdy jest podniesione, przelewa się, skoro wszakże opada, cofa się do dawnego poziomu swych wód. Gdyby bowiem nie tak się działo, to w razie

nagłego przyboru morza musiałyby mieć miejsce wylewy, jak przy przypływach morza i przy wezbraniach rzek, przyczem w pierwszym razie masa wody zkądinąd sprowadzoną zostaje, w drugim zaś doznaje powiększenia; jednakże wezbrania nie następują tak silnie i nagle, ani też przypływ nie utrzymuje się tak długo, nie jest też nieuregulowany i nie sprowadza zalewów, ani przy naszem morzu, ani w jakiemkolwiekbądź innem miejscu. Pozostaje zatem tylko przyjąć dno jako przyczynę, bądź dno pod morzem się znajdujące, bądź dno zalane, raczej jednak dno podmorskie, gdyż daleko ruchliwsze i do zmian zdolniejsze jest dno przejęte wodą, tu bowiem więcej zdziałać może wiatr, który jest przyczyną wszelkich zmian podobnych.



Bajeczna wyspa Atlantyda.
Według Atanazego Kirchera.

Jako najbliżej zaś działającą przyczynę takich objawów przyjąć należy, że też same części dna morskiego już to się podnoszą, już obniżają". Pogląd ten o podnoszeniu się i obniżaniu powierzchni ziemi odzyskał uznanie w czasach nowych, jakkolwiek z innem zgoła uzasadnieniem i w innem zastosowaniu. W czasach starożytnych można go było przyjmować jedynie w przypuszczeniu wielkich wydrążeń podziemnych, w nich bowiem dokonywać się mogły procesy najrozmaitsze i najpłodniejsze w następstwa; w takich też wydrążeniach mieszczono najczęściej siedlisko potęg wulkanicznych, których działania poznano w różnych miejscach znanych obszarów ziemi.

Dawni poeci greccy widzieli w obszarach wulkanicznych mieszka

nia i warsztaty Hefaistosa, boga ognia, oraz szranki walk olbrzymów i tytanów z bogami. Jakkolwiek stare te mniemania wskazywały wyraźnie głębie ziemi, jako ognisko zjawisk wulkanicznych, panowało wszakże obok tego jeszcze za czasów lidyjczyka Ksantosa wyobrażenie, że pioruny być mogły również przyczyną pożarów ziemi i skał. Teorja ta stosowana była zwłaszcza do tak zwanego „kraju spalonego“ (Katakekaumene) nad górnym biegiem rzeki Hermus w Lidji, obejmującego obszar 500 stadji (89 kilometrów) długości i 400 stadji (71 kilometrów) szerokości, którego grunt, jakby spopielony, jedynie się do uprawy wina nadawał. Do istotnych, czynnych wulkanów teorji tej z pewnością nigdy nie odnoszono, wydobywanie się bowiem materjałów wulkanicznych z głębi zbyt było widoczne.

Ognistopłynne masy wulkanów, zarówno jak sypkie ich popioły i pumeksy wyprowadzał Plato z rzeki ognistej, Pyriphlegeton, która w licznych skrętach przepływać miała wnętrze ziemi, uchodząc wreszcie do Tartaru; według Arystotelesa zaś ogień własny ziemi w pieczarach jej wnętrza powstawać miał z suchych wyziewów, które się zapalały w silnem rozrzedzeniu. Jako dowód istnienia ognia podziemnego przytaczano źródła gorące, a chociaż pochodzeniu jego rozmaite przypisywano przyczyny, to wszakże przyjmowano zgodnie, że ogień podziemny nie jest jednostajnie we wnętrzu ziemi rozłożony, albo przynajmniej, że skorupa ziemska w niektórych miejscach cieńsza być musi, aniżeli w innych, skąd wybuchom wulkanicznym łatwiejsze ujście dopuszcza. W ten sposób można było jasno i prosto tłomaczyć, że objawy wulkaniczne są tylko do pewnych okolic ograniczone.

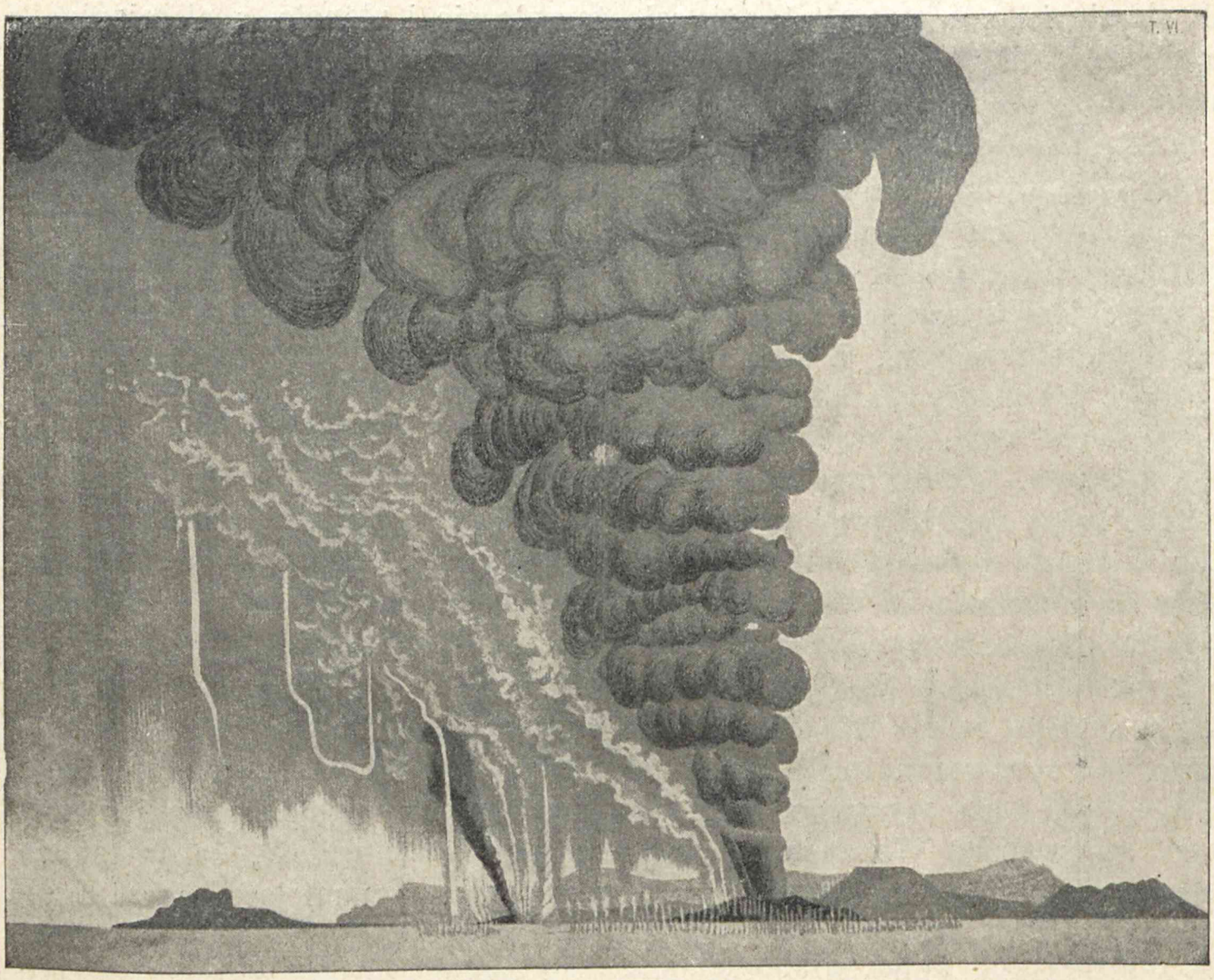
Starożytni znali już dosyć wielką liczbę obszarów wulkanicznych w Italji, w Grecji i w Azji Mniejszej, a dobrze zwłaszcza znane były Grekom i Rzymianom wulkany właściwe, wyróżniające się wybuchami częstemi; wiedziano też, że wulkany same ognia nie zawierają, ale służą tylko za ujście płomieniom wnętrza ziemi. Strabo wyobrażał sobie nawet, że istnieje połączenie podziemne przez wydrążone kanały pomiędzy wulkanami Sycylji, wyspami Liparyjskiemi, Pitekuzyjskiemi (dzisiejsza Ischia) i Wezuwjuszem, „o którym domyślać się należy, że niegdyś płonął i przewody ogniste posiadał“. Z takiego pojmowania rzeczy wypływa, że Strabo już uważał wulkany za klapy bezpieczeństwa pewnego rodzaju; mówi zresztą wyraźnie, że Sycylja teraz mniej od trzęsień ziemi cierpi, aniżeli w czasach dawniejszych, gdy Etna i wulkany wysp Liparyjskich zamknięte jeszcze były. Cechujące są według Lukrecjusza dla właściwych wulkanów kratery, otoczone popiołem, piaskiem, pumeksem, z których podczas wybuchów wznoszą się wysokie słupy dymu, a często też wypływają potężne strumienie lawy do czarnego mułu podobne i w kamień na powietrzu krzepnące. Wybuchy wulkanów zwiastowane są zwykle przez poprzedzające je grzmoty podziemne, a o pewnym wybuchu Etny opowiada Seneka w II księdze swych rozważań przyrodniczych, że towarzyszyła mu burza i że zjawisko to nader często przy wybuchach wulkanicznych obserwowano. Seneka tak o tem mó-

wi (w dziele przytoczonem, II, 30): „Etna posiadała w różnych czasach zbyt wiele ognia, wtedy też wyrzucała niezmierną ilość płonącego piasku. Światło dzienne osłonięte było dymem, a ludzi przerażała nagła ciemność. W takim czasie, jak wiemy z opowiadań, były liczne grzmoty i błyskawice". Według Strabona tworzą się niekiedy przy wybuchach nowe kratery, które następnie znów nikną; starożytnym przeto znana już była nadzwyczajna zmienność wierzchnich utworów wulkanicznych, dziwić się tedy nie można, że Strabo dobrze rozpoznał wulkaniczną naturę Wezuwjusza na długo przed słynnym wybuchem tej góry w r. 79 po Chr. Wybuch ten Wezuwjusza, który zasypał miasta Herculanum i Pompeji, ujawnił starożytnym całą wspaniałość i grozę wybuchów wulkanicznych w świetle najjaskrawszem i zapoznał ich najlepiej ze wszystkiemi zjawiskami tego rodzaju, co się okazuje z wybornego opisu Plinjusza młodszego.

Przytoczymy tu w przekładzie dosłownym opis ten, który skreślił Plinjusz młodszy w liście do wielkiego historyka rzymskiego Tacyta, jakkolwiek w istocie rzeczy jest to jedynie obraz losów osobistych Plinjusza starszego, okoliczności zaś wybuchu samego ubocznie tylko są przytoczone; niemniej jednak posiada ważne znaczenie, list bowiem pisany jest pod świeżem wrażeniem katastrofy i stanowi jedyny tego rodzaju z owych czasów dokument (księga VI, list 16). Ze sprawozdania tego opuszczamy tylko szczegóły podrzędne:

„Pragniesz, bym ci opisał śmierć mego stryja, byś mógł ją tem wierniej potomności opisać. Znajdował się w Mizenie (Misenum), jako dowódca floty cesarskiej. Dnia 24 sierpnia, około godziny 1 po południu, doniosła mu matka moja, że ukazała się chmura niezwykłej wielkości i grozy. Zażądał obuwia i wszedł na wyżynę, z której zjawisko najlepiej mógł obserwować. Z odległości nie można było rozpoznać, z której góry chmura pochodziła, następnie dopiero dowiedziano się, że był to Wezuwjusz. Chmura wzbiła się w górę, z postaci podobna była do drzewa, a mianowicie do pinjoli (sosny włoskiej), wznosiła się bowiem również na pniu bardzo wysokim i rozpościerała w kilku gałęziach". Plinjusz wspomina tedy po raz pierwszy o podobieństwie wyrywającej się z wulkanu chmury dymu do sosny włoskiej, co następnie tak często w opisach powtarzano. „Sądzę, że chmura ta podniesioną została przez silny prąd powietrza, a gdy ten osłabł i ją opuścił, albo też gdy ciężar jej zyskał przewagę, rozpostarła się zwolna; w niektórych miejscach była biała, w innych wszakże też brudna i plamista, zależnie od tego, czy ziemię, czy też popiół ze sobą porywała. Uczony mąż zapragnął zjawisko to bliżej rozpoznać, polecił tedy przygotować szybki żaglowiec liburnijski, mnie zaś pozostawił do woli, czy się z nim udać zechcę. Odpowiedziałem, że wolę raczej zająć się nauką; sam właśnie dał mi coś do pisania. W chwili, kiedy wychodził z domu, otrzymał list: Cezjusz Bassus i inni mieszkańcy Retiny, która leżała u stóp góry i ucieczkę jedynie do morza dopuszczała, prosili go, groźnem niebezpieczeństwem przerażeni, o wyratowanie ich z niego. Zmienił przeto swój zamiar

i przystąpił z największą odwagą do dzieła, które rozpoczął dla zadowolenia jedynie swej żądzy wiedzy. Kazał spuścić na morze statki czterowiosłowe i odpłynął z niemi, by nietylko ludziom z Retiny, ale także wielu innym nieść pomoc, wybrzeże bowiem dla pięknego położenia swego było silnie zamieszkane. Podążył tam, skąd inni uciekali, i prostą drogą skierował się ku niebezpieczeństwu, tak daleki od bojaźni, że wszelkie ruchy, wszelkie formy tego zgubnego objawu dyktował i w notatkach zamieszczał. Im bliżej przystępowały statki, tem gorętszy i gęstszy padał popiół; padały już także bryły pumeksu i czarne kamienie, spalone i popękane od ognia; wkrótce też morze stało się płytkie, a brzeg z powodu wyrzutów góry trudno dostępny. Wahał się przez chwilę, czy ma zawrócić, ale zaraz potem wyrzekł do sternika, który odwrót doradzał: Odważnym sprzyja szczęście, płyń do Pomponiana. Ten znajdował się w Stabjach, zatoką morską oddzielony, morze bowiem wdziera się tu w ląd brzegiem łagodnie zakrzywionym. Pomponianus z powodu niebezpieczeństwa, które zresztą bezpośrednio jeszcze nie groziło, pakunki swoje kazał przenieść na statki, stanowczo zdecydowany uciec, skoro tylko uspokoi się wiatr nieprzyjazny. Gdy przybył stryj mój, wiatrem przyjaznym pędzony, uściskał przerażonego, pocieszył go i natchnął odwagą; aby zaś jego obawę własnym spokojem ukoić, kazał się poprowadzić do łaźni, zasiadł potem do stołu i wieczerzał w usposobieniu wesołem, albo raczej, co jednaką wielkość duszy wskazuje, pozornie tylko wesołem. Tymczasem wyrwały się z Wezuwjusza w kilku miejscach szerokie płomienie i wysokie ognie, których blask i jasność ciemność nocy jeszcze wzmagała. Aby obawę otoczenia przytłumić, rozpowiadał mój stryj, że pochodzi to z płonących domów i majątków, które wieśniacy ze strachu opuścili. Następnie położył się i zasnął głęboko. Dziedziniec wszakże, z którego było wejście do izby, napełnił się tak dalece popiołem i pumeksem, że przy dłuższym pobycie w sypialni dostęp zostałby zupełnie zaparty. Dla tego go obudzono, poczem udał się do Pomponiana i do innych, którzy czuwali. Naradzano się wspólnie, czy należy pozostać w domu, czy też wyjść na pole, dom bowiem chwiał się pod częstemi i straszliwemi ciosami, jakby z wiązań swoich wychodził; zdawało się, że przechyla się to w jednę, to w drugą stronę, a potem znów do pierwotnego swego położenia wraca. Pod niebem zaś otwartem lękano się spadku brył pumeksu, jakkolwiek były lekkie i przepalone. Po rozważeniu jednak niebezpieczeństw zgodzono się na zamiar ostatni, przy nim bowiem jedna zasada rozsądna drugą pokonywała, gdy przy poprzednim jedna obawa przed inną ustępowała. Jako osłonę przeciw kamieniom spadającym nałożono sobie poduszki na głowy i przywiązano je mocno chustkami. Gdzie indziej był już jasny dzień, tu jednak panowała jeszcze noc mroczniejsza i gęstsza, aniżeli zwykłe noce; liczne pochodnie i słabe tu i owdzie blaski łagodziły zaledwie ciemność. Postanowiono udać się nad brzeg i zbliska się przekonać, czy morze przydatne już jest do żeglugi; było wszakże jeszcze przerażające i nieprzyjazne. Tu położył się stryj mój na rozpostartej



Utworzenie się wulkanu św. Jerzego na morzu Egejskiem w lutym 1866
Według dzieła J. Schmidta „Vulkanstudien auf der Insel Santorin", Lipsk, 1874.

chuście, zażądał jeszcze zimnej wody i wypił ją. Wsparty na dwóch domownikach podniósł się, ale natychmiast znowu upadł: sądzę, że gęsta para odjęła mu oddech i zamknęła tchawicę, która u niego z natury była słaba, wązka i często zapaleniu ulegała. Gdy wreszcie rozjaśniło się trzeciego dnia, znaleziono zwłoki jego zupełnie nienaruszone, jeszcze w jego odzieży; podobny był raczej do człowieka śpiącego, aniżeli do zmarłego".

Jakkolwiek w liście tym Plinjusz młodszy o objawach wulkanicznych wybuchu ubocznie tylko opowiada, to jednakowoż we wzmiance jego o podobieństwie słupa dymu do pinjoli, w obrazie deszczu popiołu, do którego przybywają następnie bryły pumeksu, w opisie trzęsienia ziemi, ciemności zupełnej i coraz wyżej i wyżej usypującego się zbiorowiska wyrzutów wulkanicznych, cała wspaniałość zjawisk z plastyczną wyrazistością przedoczyma staje; jest to niewątpliwie najlepszy opis objawu wulkanicznego, przez starożytność nam przekazany, a na nim też poniekąd badania starożytnych nad działalnością wulkanów zakończenie pewne osiągają.

Na długo wszakże przed tem mieli już Grecy sposobność dostrzedz inny zgoła rodzaj działalności wulkanicznej, a mianowicie utworzenie się wyspy na morzu Egejskiem, 198 r. przed Chr. Strabo pisze o tem jak

następuje: „Wpośrodku między Therą a Therezją wyrywały się przez cztery dni płomienie z morza, tak, że całe żarzyło się i płonęło, a płomienie te stopniowo, jakby za pomocą machin, wysunęły wyspę, która składała się z mas rozżarzonych i w obwodzie miała 12 stadji (2,13 kilometra). Po tem wydarzeniu Rodyjczycy, którzy wtedy na morzu panowali, najpierwej tam odważyli się wylądować i wznieść świątynię na cześć Pozejdona Asfaljosa". O tem samem zaś wydarzeniu donosi Seneka w swych rozważaniach przyrodniczych (II, 26) temi słowy: „Za czasów naszych przodków, gdy na morzu Egejskiem wyspa powstała, o czem pisze Posidonius, pieniło się morze bardzo długo przedtem, a dym wznosił się z głębi. Wtedy dopiero ukazał się ogień, nie ciągły wszakże, ale wyrywający się tylko w odstępach czasu, na wzór błyskawic, ilekroć mianowicie żar warstw dolnych przemagał nad masą górnych. Potem nagromadziły się skały i głazy, po części nieprzeobrażone, które spędził prąd powietrza, po części wydrążone i lekkie jak pumeks; wreszcie wynurzył się szczyt góry wypalonej. Potem góra ta powiększała się i wzrosła do wielkości wyspy". A dalej dodaje jeszcze do tego: „Była to głębokość 200 kroków, pisze Asklepiadotus, z jakiej wydobywał się ogień, przedzierający wodę". Chociaż oba te opisy, które prawdopodobnie z tegoż samego źródła wiadomości swe czerpią, nie są tak szczegółowe i dokładne, jak sprawozdanie Plinjusza młodszego o wybuchu z 79 r., to jednak okazuje się z nich wyraźnie brak potężnych potoków popiołu, jakiemi cechował się wybuch Wezuwjusza; można z nich także wnieść, że w istocie rzeczy był to wielki wylew lawy, jak w temże samem miejscu morza Egejskiego w r. 1866 przy utworzeniu się wulkanu św. Jerzego na wyspie Nea-Kaimeni. Strabo, który wszystkie wyspy z lądem sąsiadujące uważał jako oderwane od lądu przez trzęsienie ziemi lub przez fale morskie, sądził też, że wszystkie wyspy od lądu oddalone są to wytwory działalności wulkanicznej, a jak w ten sposób miały się na morzu ukazywać wyspy, tak znów na lądzie z tejże przyczyny powstawać miały wielkie góry, czego również znajdujemy przykład: „Pod Methoną nad zatoką Hermiońską wzniosła się w skutek wybuchu wulkanicznego góra na 7 stadji (1200 metrów) wysoka, która za dnia dla żaru i par siarkowych była niedostępna, ale w nocy zdala jaśniała i tak była gorąca, że morze wrzało w odległości 5 stadji (około 900 metrów), a na 20 stadji ($3^1/_2$ kilometra) było zamącone i zasypane oderwanemi odłamami skał, jak wieże wiekiemi". Dobitniej jeszcze opisuje Owidjusz w XV księdze swych Metamorfoz powstanie podobnej góry wulkanicznej: „Pod Traceną widzimy wzgórek stromy i bezdrzewny; niegdyś równina, teraz góra. W ciemnych jaskiniach uwięzione wichry daremnie do ujścia szukają szczeliny. Siłą wiatrów nabrzmiewa tu grunt, rozciągliwy jak pęcherz powietrzem wydęty, nabrzmiewa, jak skóra kozła dwurogiego. Wzniesienie utrwaliło się w tem miejscu, a wzbijający się wzgórek z biegiem czasu w nagą skałę zakrzepł". Aleksander Humboldt, który w Kosmosie swoim, w t. 1, opis ten przytacza, zwraca przytem uwagę, jak bardzo zbliża się takie wyobrażenie do panującej później teorji (w począt-



Obraz okolicy wulkanicznej (Solfatara pod Puzzuoli nad zatoką Neapolitańską) z pierwszych lat wieku XVIII.

Według dzieła Merkatiego „Metallotheca“, Rzym, 1719.

kach XIX w.) o powstawaniu kraterów przez wyniesienie. Pomysł sam zresztą pochodzi nie od Owidjusza, ale od Arystotelesa, który już w swojej meteorologji (II, 8) podobny przebieg przedstawia: „Trzęsienie ziemi ustaje nie wcześniej, aż wydobędzie się z ziemi ów wiatr, który wstrząśnienia sprowadza. Tak stało się niedawno w Heraklei w Poncie, a niegdyś na Hierze, jednej z wysp Eolskich. Tu mianowicie nabrzmiała część ziemi i z hukiem wznosiła się, tworząc wzgórek, tak długo, aż potężnie pędzący powiew znalazł ujście i wyrzucił iskry i popioły, które pokryły bliskie miasto Liparyjczyków, a nawet aż do niektórych miast włoskich sięgnęły“. Łatwo stąd poznajemy, że Grecy i Rzymianie posiadali dobre zupełnie wiadomości o zjawiskach wulkanicznych i pojmowali, jak dalece wpływać mogą na ukształtowanie powierzchni ziemi, a nawet często, jak Strabo, znaczenie to zbyt przeceniali; co do przyczyn wszakże wulkanizmu nie umieli podać wyjaśnienia zadawalniającego. Nie upoważnia nas to wszakże bynajmniej, by z tego powodu wszystkie ich zdobycze lekceważyć, gdyż, całym nawet postępem wiedzy przyrodniczej uzbrojeni, nie zdołaliśmy i my sami dotąd rozwiązać tej zagadki, która nam się wciąż narzuca i tem bardziej zaciekawia, im wspanialej i potężniej zdumionym oczom naszym ukazują się objawy wulkaniczne.

* * *

Wieki średnie.

W początkach wieków średnich pojęcia o utworzeniu się lądów i gór uległy zmianie istotnej, ojcowie bowiem kościoła, rzecz jasna, i w tej kwestji znowu powodować się dali przedewszystkiem biblją, a w szczególności historją stworzenia, w której (I Ks. Mojżesza, 1, 9) czytamy: „I Bóg rzekł: Niech się zbiorą wody podniebne w miejsca oddzielne, by suszę ujrzano: I tak się stało“. Krótkie te słowa służyć musiały za gwiazdę przewodnią, gdy zaś w treściwej swej prostocie bliższych wyjaśnień zgoła nie dawały, starano się usilnie o wytłomaczenie tego przebiegu i doprowadzenie go do zgody z istotnemi stosunkami, na powierzchni ziemi dostrzeganemi. Wielu sądziło, że stworzenie całe wszechmocnem słowem bożem naraz w pełnem wykończeniu powstało, gdy inni przyjmowali postęp stopniowy. Grzegorz z Nyssy, który się co do tego na Arystotelesie wspierał, wyobrażał sobie nawet powolne powstawanie i rozwój świata w taki sposób, że krążąca materja stopniowo dopiero według ciężaru swych częśei składowych do obecnego się porządku ułożyła.

Ponieważ woda według wstępnych wierszy historji stworzenia ziemię całą pokrywała, a zatem i zagłębienia już zapełniała, trudno było wyjaśnić, dokąd miałaby spłynąć, by „susza“ widoczną się stała. Beda Venerabilis wyobrażał sobie przeto, że woda osłaniała pierwotnie ziemię jako obłok pary, kroplisto-ciekłą zaś stała się dopiero na rozkaz słowa bożego i wypełniła zagłębienia ziemi, które już istniały. Wyszukane to tłomaczenie obce było egzegetom dawniejszym; zgodnie z brzmieniem słów biblji przyjmowali istotną powłokę wodną lądu, musieli przeto wyszukać gdziekolwiek obszary swobodne dla wód spływających. Sewerjan z Gabali poradził sobie w ten sposób, że ziemię w czasie, gdy była wodą pokryta, przyjął jako dosyć

gładką, pękała zaś dopiero na rozkaz boży i tworzyła kotliny, w których woda zbierać się mogła. Efrem Syryjczyk, Prokop z Gazy i Jan z Damaszku przyjmowali również, że na ziemi powstawały zagłębienia, do których woda spływała, aż ląd stały ukazał się widocznie; Efrem uważał nawet za rzecz możliwą, że „wody pochłaniały się wzajemnie, o ile miejsca starczyło". Ambroży głębiej nieco zadanie to rozważał; obserwował potęgę fal morskich i sądził stąd, że morze samo dzikiemi swemi falami kotlinę wyżłobić jest w stanie, dzień za dniem bowiem najznaczniejsze głębie rozkopuje i piasek stamtąd wytrąca. Przez taką działalność morza, które z jednej strony wydrążenia, a z drugiej skupienia piasku wytwarza, powstać miały wreszcie kotliny morskie i lądy stałe,—wniosek osobliwie fantastyczny, który prowadzić musiał do rezultatów błędnych, opierał się bowiem na założeniach fałszywych. Dać jednak należy poglądowi temu świadectwo, że przynajmniej w zarodku swoim o rozumowanie geologiczne potrąca i stara się zagadnienie w sposób przyrodniczy rozwiązać.

Jan Philoponos oparł rozważania swe na krajach napływowych w obszarze morza Śródziemnego, na Egipcie zwłaszcza, i przyjął, że przy stworzeniu suszy ziemia z jednych okolic przesunęła się w inne, skąd tu wyniesienia (lądy), a owdzie zagłębienia (kotliny morskie) powstać musiały. Aby proces ten jaśniejszym uczynić, przytoczył nadto, że rzeki i morza niekiedy łożysko swe zmieniają. O właściwej działalności geologicznej wód bieżących, która tak dobrze znana była starożytnym, chociaż o niej rzadko wzmiankują, mieli zapewne ojcowie kościoła mętne zaledwie wyobrażenia, jak zresztą wszelkie w ogólności badanie szczegółowe oddzielnych objawów przyrody poza obrębem ich myśli przypadało.

I o objawach wulkanicznych także posiadało średniowiecze chrześcijańskie skąpe jedynie wiadomości. Jan Philoponos sądził, że wnętrze ziemi kryć musi ogień i na dowód przytaczał źródła gorące, jako też „kratery ogniste w Sycylji, na Liparze i w kilku innych miejscach". Efrem mniemał, że ogniem podziemnym nietylko się źródła ogrzewają, ale i życie organiczne na ziemi stało się stąd dopiero możebnem, inaczej bowiem od zimna musiałoby uledz zagładzie. Izydor twierdził, że Sycylja podminowana jest licznemi jaskiniami i przewodami, do których z zewnątrz przedzierają się wiatry i zapalają tam obfite pokłady siarki i smoły skalnej, poczem z głębi ziemi wybuchają płomienie, para i dym, a niekiedy też wybiegają i bryły kamienne. Wulkany wszakże wysp Eolskich otrzymywać miały materjał swój odżywczy z wilgoci morza pobliskiego. W podobny sposób powtarza się taż sama teorja wulkanów i w późniejszych czasach średniowiecza.

Dla wyjaśnienia trzęsień ziemi odwoływali się ojcowie kościoła niejednokrotnie do poglądów Arystotelesa. Szczególniej wszakże pobożni mnisi, jak Kosmas Indikopleustes, nie godzili się w każdym razie z tłomaczeniem przyrodniczem, ale wiązali trzęsienia ziemi znów bezpośrednio z wpływem bożym, gdyż mówi Psalmista (104, 32): „Gdy na ziemię spogląda, drży ona, gdy gór dotyka, dymią one". W taki sposób, zapewne, wyjaśnienie zyskiwały nie tylko trzęsienia, ale i wulkany zarazem.

Arabowie szli za wzorami greckiemi także i w rozważaniach swoich nad powstaniem lądów i gór, oraz nad zmianami, jakim ulega ziemia pod względem swej powłoki wodnej. Masudi domyślał się, że „żaden obszar ziemi nie może pozostawać trwale suchy lub wodą pokryty“; główną tego przyczyną miało być według niego usuwanie morza przez gromadzenie się rumowisk, rzekami znoszonych. Al Beruni natomiast wiedział już, że zachodzi też przesuwanie się wybrzeży, gdyż niektóre z wysp Lakediwskich i Malediwskich zapadają pod morze, a inne się wynurzają.

Bardziej niezawiśli od mistrzów greckich byli Arabowie w nauce o wpływie wiatrów na ukształtowanie gór, zaczerpnęli ją bowiem z bezpośredniej obserwacji przyrody; przez wiatr usypane wzgórza piasczyste twardnieć miały z biegiem czasu tak dalece, że tworzyć mogły stałe góry, zanim jednak zakrzepną dostatecznie, nowy nacisk wiatru rozrzucić może i rozwiać piaski skupione.

Siłom natomiast wulkanicznym nie przyznawali Arabowie żadnych przeobrażeń ważniejszych powierzchni ziemi, ale Edrisi (1100—65), który dosyć długo przebywał na dworze Rogera II, króla sycylijskiego, znał i opisał Etnę i Lipary jako wulkany, a Masudi przedstawia także zupełnie słusznie Demawend w Elbrusie jako górę ognistą. Al Beruni odważył się następnie porównać kierunki głównych pasm górskich i poznał przytem, żo największe łańcuchy gór w Europie i Azji mają mniej więcej bieg wschodniozachodni. Ibn Chaldun wszakże sądził, że największe pasma górskie znajdują się na brzegach mórz, by im zapory stawiać, a tłomaczenia tego nie powstydziłby się zapewne niejeden z ówczesnych uczonych chrześcijańskich.

Na Zachodzie chrześcijańskim w środkowym okresie średniowiecza zapanował odpływ powszechny działalności naukowej i w XII dopiero wieku rozbudziło się niejakie ożywienie. Opat Rupert z Deutz widział jeszcze w pasmach górskich jedynie urządzenie ochronne, które z opatrzności bożej osłania ludzi od burz i wiatrów nadmiernie gwałtownych, ale już około 1200 r. dał proboszcz Lambert z Ardre opis załamania wydmy, który świadczy o wolnej zupełnie od uprzedzeń obserwacji natury. Opowiada on, że morze przełamało wydmy, zalało kraj poza niemi położony i zamieniło go jakby w port, ale następnie wał wydm przez nagromadzenie piasku znowu się uzupełnił i część morza, która w ląd wtargnęła, na zamkniętą lagunę zamienił. W ogólności wydmy, które starożytnym były nieznane, lub przynajmniej za niegodne wzmianki uważane, mają już pewne znaczenie w piśmiennictwie średniowiecznem.

Jak Augustyn zbyt wysoko pojmował działalność geologiczną morza, tak też przesadnie oceniali ją w późniejszych czasach wieków średnich różni uczeni, którzy przypisywali morzu liczne przemieszczania i twierdzili, że morze uprowadza rozległe obszary przez podmywanie i spłukiwanie, uniesione zaś materjały na innych miejscach osadza. Niektórzy fizycy sądzili nawet, że morze Śródziemne zarówno jak i ocean posuwają się wciąż pod



Obraz okolicy wulkanicznej (Solfatara pod Puzzuoli) z drugiej połowy wieku XVIII.

Według Hamiltona „Campi Phlegraei“ z r. 1776.

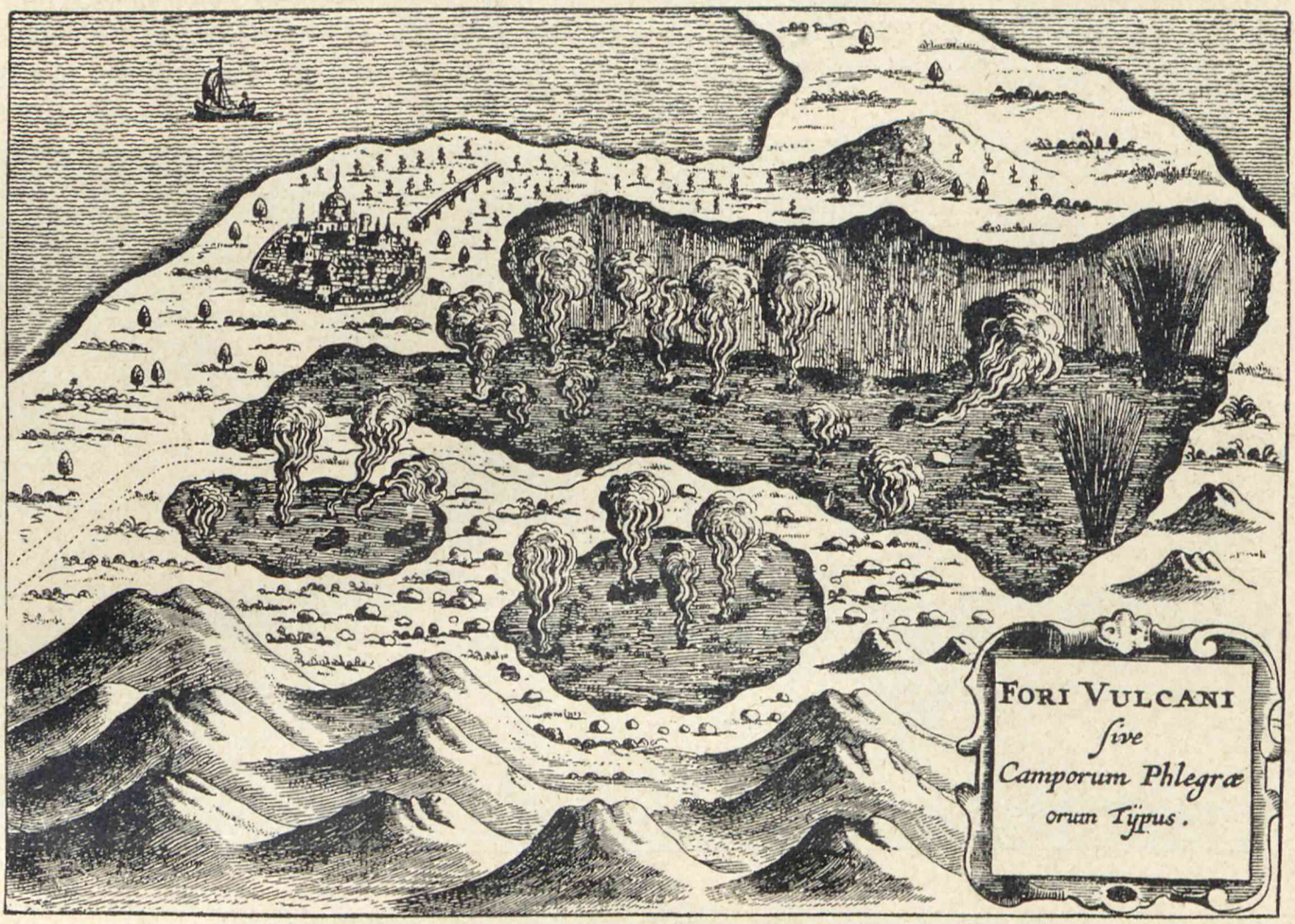
wpływem gwiazd, a góry i doliny na powierzchni ziemi stanowią dowody niweczącej i budującej działalności fal morskich; ponieważ zaś góry i doliny wszędzie się nastręczają, musiało przeto i morze we wszystkich tych okolicach niegdyś istnieć. Jako dowód wybitny słuszności tej teorji przytaczano, że niegdyś przy kopaniu studni znaleziono ster okrętowy zdala od morza. W każdym razie pojmowano, że przesuwanie się lądu i morza po stuleciach dopiero dostrzedz się daje.

Albert Wielki dowiódł wszakże w sposób przekonywający, że gwiazdy takiego wpływu na wodną powłokę ziemi wywierać nie mogą; wystąpił też przeciw hypotezie przyjmującej odrębne środki kuli lądowej i wodnej, ale sądził raczej, że wynurzenie się lądu nastąpiło niegdyś przez wyschnięcie morza pod wpływem gwiazd. Tworzenie się gór i lądów według poglądu jego tłomaczyć należy bądź przez wpływy podziemne, bądź też przez czynniki geologiczne, działające na powierzchni ziemi, to jest, przez wiatr i wodę. Wpływy podziemne ograniczają się do podnoszącego działania wiatrów zamkniętych; Albert sam wyraża się o tem w sposób następny: „Góry powstają przez trzęsienia tam, gdzie powierzchnia ziemi stała jest i zbita, tak, że nie może być rozdartą; wtedy bowiem wiatr niezwykle silny i gwałtowny podwyższa te miejsca i stwarza góry; ponieważ zaś trzęsienia ziemi często mają miejsce obok mórz i obok wód, które różne jamy ziemskie zamykają, by nie uchodziła z nich para we wnętrzu ziemi zamknięta, dla tego obok mórz i obok wód bardzo często powstają najwyższe góry.“ Wywiązywanie się wszakże pary ziemskiej następować może jedynie pod wpływem ciepła słońca i gwiazd, a Albert tak o tem mówi: „Od ustawicznego ciepła słońca i gwiazd, które na wilgoć ziemi działało, powstały jamy i wydrążenia, jak to widzimy wyraźnie na zeschłych okolicach bagnistych, gdzie ziemia się rozrywa, i w krajach gorących, gdzie w porze ciepłej wielkie powstają uskoki. Co wszakże dzieje się na powierzchni ziemi, zachodzi też i pod ziemią, zebrana bowiem i zamknięta para, która ulotnić się nie może, rozpuszcza ziemię wilgotną i tworzy w niej pieczary. Może ona być tak potężna, że gdy ponad nią znajduje się stała skorupa ziemska, podnosi ją wyżej i tworzy górę wielką lub małą, co bowiem ma postać pary, wymaga przestrzeni większej.“ Zbite części skaliste skorupy ziemskiej powstały z mułu, co wyraźnie poznać można z zawartych w nich szczątków zwierząt morskich i okrętów; trzęsienia ziemi wysunęły następnie w górę takie części morza, ciepło zaś muł w kamień przeobraziło.

Zmywająca działalność wód bieżących i wpływ ich na ukształtowanie powierzchni ziemi nie uszły uwagi uczonych średniowiecznych; Albert sądził wszakże, że w początkach dziejów ziemi następstw żadnych sprowadzać nie mogły, cała bowiem ziemia była wtedy wodą pokryta, deszcz zatem spadający bezskuteczny pozostawał.

Ristoro z Arezzo (w końcu w. XIII) szedł pod niejednym względem tąż samą drogą co i Albert Wielki. Obok tego wszakże obmyślił osobliwą teorję, którą według niego tłomaczyć miała nietylko wynurzenie się lądu

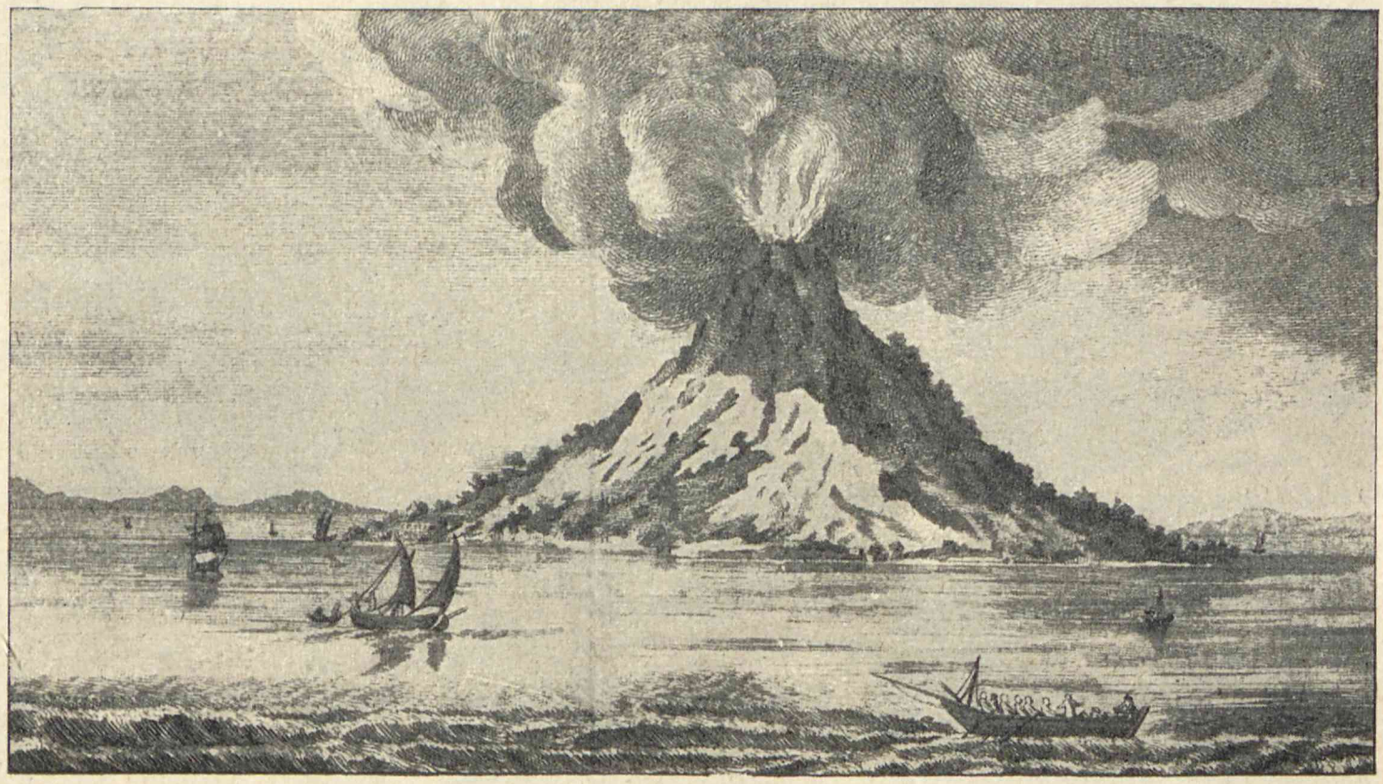
w ogólności, ale także tworzenie się gór i dolin. Przyjął mianowicie, że planety i gwiazdy wywierają na ziemię przyciąganie potężne, skąd ląd stały wysunąć się miał z wody pod tą okolicą nieba, która jest w gwiazdy najbogatsza; ponieważ zaś, dalej, gwiazdy znajdują się po części na wyżynach po części w dolinach niebieskich, wywierać przeto muszą wpływ różny na powierzchnię ziemi, wywołując góry lub doliny, zupełnie jak stempel, rysami wypukłemi i wklęsłemi opatrzony, który na wosku również wypukłości i wklęsłości wybija.



Ujścia podziemnych prądów ognistych (fumarol) na polach Flegrejskich pod Neapolem.
Według Atanazego Kirchera

Wulkany według Alberta Wielkiego takiż sam mają początek, jak i pozostałe góry, wytwarzają się bowiem również przez parę podziemną, w takich mianowicie miejscach, gdzie skorupa ziemska słabą stosunkowo oporność przedstawia: „Gdy miejsce ponad parą nie jest wytrzymałe, para ta rozrywa je, a gdy jest gorąca, wyrzuca niekiedy znaczną ilość popiołu.“ Działalność wulkaniczną tłomaczyć należy pożarem podziemnych pokładów siarki: „Przyczynę daje ziemia siarczana, z bitumicznym olejem skalnym pomięszana; skuteczną jest para, która się w ziemi wytwarza i ujścia żadnego nie posiada; ponieważ zaś woda morska otwory ziemi zamyka, zapalenie następuje łatwiej w sąsiedztwie morza, aniżeli gdzieindziej, a pożar trwa może lat wiele, lub nawet wiecznie, jeżeli materja wciąż na nowo tworzyć się może.“

Jeżeli w starożytności i wiekach średnich hypotezy o powstawaniu nierówności na powierzchni ziemi wysnuwano bez istotnej znajomości jej skorupy, to działo się tak samo jeszcze i w początku czasów nowożytnych, chociaż z doświadczeń górniczych znano już regularne następstwo różnych pokładów skalnych i prawidłowy przebieg rud metalicznych. Nie umiano wszakże jeszcze wtedy wyprowadzać wniosków niezbędnych, a dla tego też i wspomniany już w pierwszym rozdziale Grzegorz Agricola nie wysunął się w istocie rzeczy poza teorje z dawnych czasów przekazane, chociaż ze wszystkiemi znanemi wówczas objawami kory ziemskiej oswojony był, jak niewielu tylko ze współczesnych mu uczonych. O powstawaniu nierówności na powierzchni ziemi wyraża się Agricola w sposób następny: „Dwie

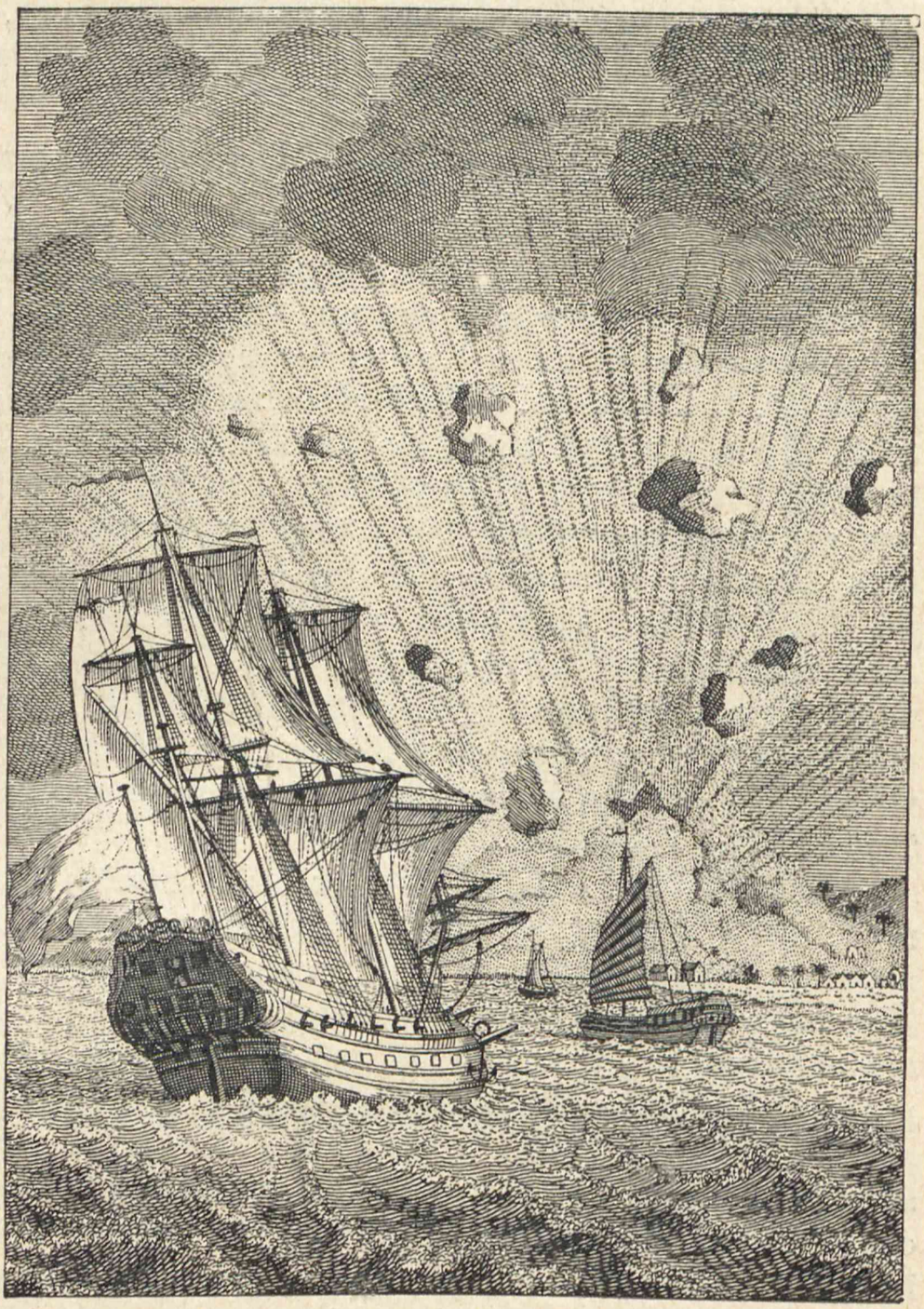


Wybuch wulkanu Stromboli (Wyspy Liparyjskie).
Według Hamiltona „Beobachtungen über den Vesuv und andere Vulkane", Berlin, 1773.

przyczyny wytwarzają wzgórza i góry; jedną jest uderzanie wód, drugą potęga wichrów. Trzy zaś przyczyny niszczą i rozpraszają, co już jest utworzone, do uderzania bowiem wód i do potęgi wichrów przybywa jeszcze ogień wewnętrzny ziemi".

„Że woda bardzo wiele gór tworzy, jest to rzecz widoczna, strumienie bowiem zmywają najpierw ziemię mięką, dalej chwytają twardą, następnie staczają także i odłamy skał, a w ten sposób w ciągu niewielu lat równinę pól lub też powierzchnię pochyloną rozkopują do pewnej głębokości, co niedoświadczeni nawet łatwo w okolicach górskich obserwować mogą. Także i działanie morza jest w stanie góry i kotliny wytwarzać, a wiatr w dwojaki sposób góry i doliny wywołuje, bądź gdy swobodny i od więzów wolny piaskiem gwałtownie na wszystkie strony miota, bądź gdy w kryjówkach i wydrążeniach ziemi, jak w więzieniu zamknięty, wyrwać się usiłu-

je“. Że wiatr tworzy góry piasczyste, które następnie twardnieć mogą, przejął to Agricola z pism arabskich, przytoczył wszakże podobne zjawiska i w puszczy Lüneburskiej. Że wiatry podziemne mogą góry wydymać, twierdzi Agricola, powołując się na pisma starożytnych, kładzie jednak nacisk na to, że trzęsienia ziemi mogą pochłaniać góry lub ich części. Agricola dzielił poglądy starożytnych na przyczyny trzęsień ziemi i występował przeciw astrologom swego czasu, którzy utrzymywali, że Saturn sprowadza trzęsienia, gdy ze słońcem w połączeniu przypada. Zwracał się również przeciw tym, co sądzili, że ogień podziemny wzniecany jest przez promienie słońca i przez gwiazdy, sam zaś mniemał, że sprowadza go pewien „spiritus ignitus“, który przed zimnem uchodzi, jak błyskawica z chmur; wydawało mu się też możebnem, że ten „duch ogniowy“ sam się zapala, gdy w przewodach podziemnych ujścia szuka. Jeżeli w miejscach takich znajduje się materjał palny, jak smoła skalna, ulega pożarowi i wytwarza wulkany, z których Agricola przytacza Heklę i płonącą górę (pożar węgla) pod Zwickau. Przy wybuchach gwałtownych wyrzucany jest popiół, piasek, siarka, pumeks, głazy, a w taki sposób niedawno dopiero (1538) powstała „nowa góra“ (Monte nuovo) nad jeziorem Averno; w ogólności jednak ogień podziemny niweczy góry, ale ich nie wytwarza.



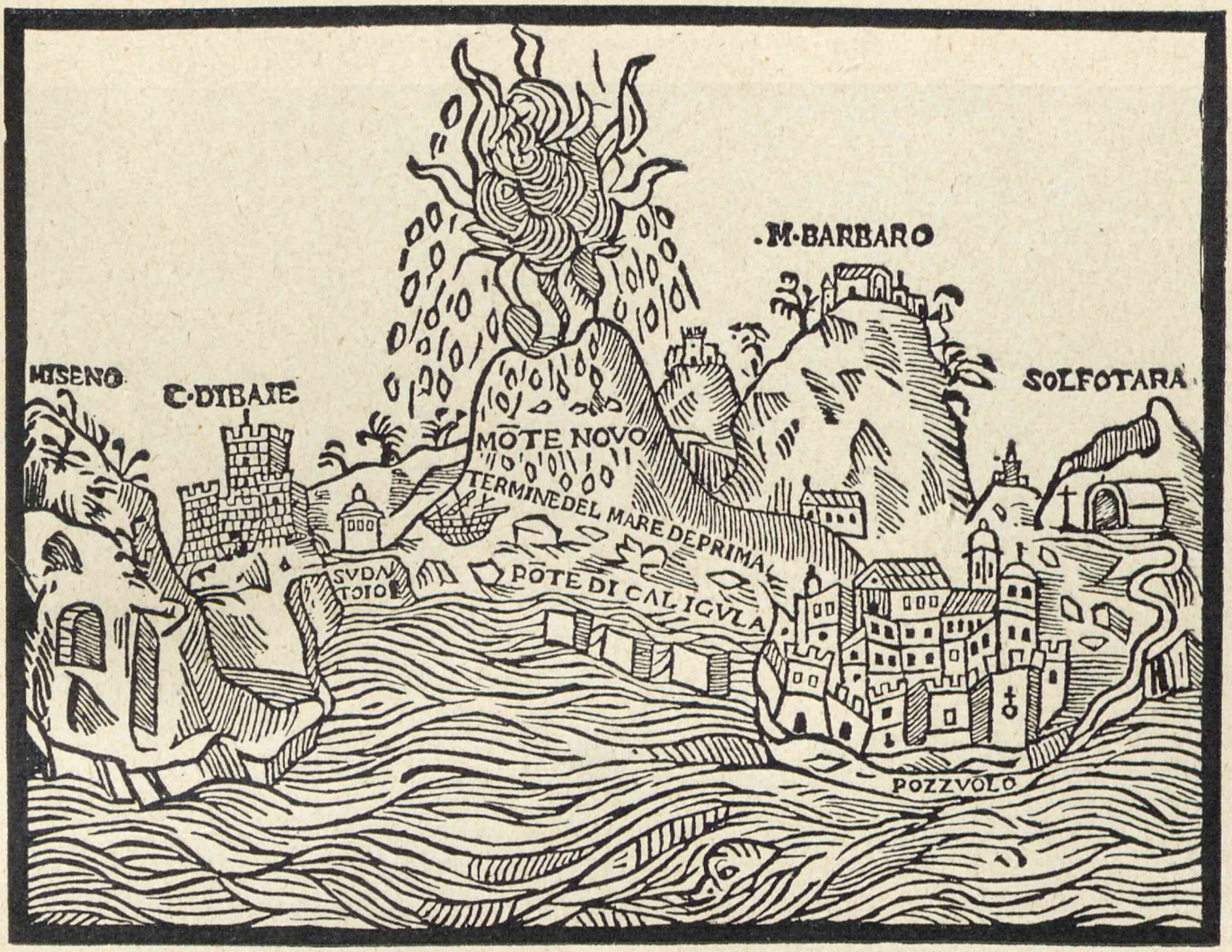
Góra pod Gammacanorre (wyspy Moluckie) wylatuje 1673 w powietrze“.

Według „Histoire générale des voyages“, Haga, 1755.

Podobne poglądy panowały jeszcze w XVI i XVII w. prawie powszechnie, a jako ostatniego ich wybitnego przedstawiciela uważać należy wszechstronnego jezuitę Atanazego Kirchera, który na wulkany zwłaszcza pełną swą uwagę zwrócił, przyczem opierać się mógł na bogatym zasobie własnych dostrzeżeń. Dał też opis pewnej liczby wulkanów, zwłaszcza Etny i Wezuwjusza, z ich kraterami i strumieniami lawy, które nadto zmierzyć się starał; zestawił spis wybuchów wulkanicznych i wykazał, że przez wyrzuty wulkaniczne masa tych gór doznaje powiększenia, a nawet, że stąd tworzyć się mogą nowe zupełnie góry, jak Monte nuovo pod Puzzuoli 1538. Przyczyną wybuchów zajmował się Kircher gorliwie i wykrył ją w pożarach siarki, bitumów, węgli kamiennych, oraz różnych soli; wdzierająca się woda morska zasilać ma wraz z popiołem masę wnętrza wulkanów, a wichry podziemne wzniecają płomienie; siedliskiem ich są wielkie wydrążenia we wnętrzu ziemi, które Kircher zaznaczył na swym rysunku jako „pyrophylacia“, t. j. ogniska. Nagłe rozżarzanie się materjałów palnych w pieczarach podziemnych wywołuje wstrząśnienia ziemi, które porównać można do wybuchów prochu w strzelbach; stąd też pochodzi grzmot podziemny, towarzyszący trzęsieniom, które w ogólności przytrafiają się najczęściej w pobliżu „ognisk“. Kircher podał także spis wulkanów (1650), który zresztą już przed 150 laty sporządził przedwcześnie zmarły lekarz i geograf Bernard Varenius; nadto na pierwszej mapie fizycznej ziemi, jaka kiedykolwiek narysowana i ogłoszona była, chociaż w sposób nieco szematyczny, zaznaczył położenie geograficzne wulkanów. (Dokładniej jeszcze, aniżeli Kircher, wszystkie ówczesne i dawniejsze wiadomości o wulkanach zebrał w r. 1671 Tomasz Ittig z Lipska).

Chociaż tedy Atanazy Kircher podał zupełną teorję zjawisk wulkanicznych, a przytem niejeden nowy rzucił domysł, to z drugiej strony w ogólniejszej kwestji procesów górotworczych zupełnie prawie był bezpłodny. Zapewne, pisarze starożytni i średniowieczni, opierając się w kwestji podnoszenia gór na zewnętrznych jedynie pazorach, mieli na uwadze głównie przekształcanie się utworów wierzchnich, a czynnik pierwotny całego tego procesu znajdowali tylko w wiatrach podziemnych Arystotelesa, unoszących skorupę ziemską, ale Atanazy Kircher, chociaż zresztą zupełnie stał na gruncie arystotelesowym, tu zboczył zupełnie, przyjmował bowiem, że góry skaliste zbudowane już były pierwotnie, przed rozdziałem jeszcze wody i lądu, gdyż muł chaotyczny nie mógłby rychło zakrzepnąć; później natomiast z mułu wielkich zalewów powstać mogły wzgórki, twardniejące zwolna działaniem siły kamieniotwórczej (vis lapidifica), którą muł pierwotny miał sobie od Boga nadaną, by morze ani wiatr gór ścierać nie mogły. Kircher, który po raz pierwszy użył wyrażenia „łańcuchy górskie“, powziął pomysł fantastyczny i przedstawił go w rysunku, że w kierunku południków ciągną dwa łańcuchy górskie, już to nad ziemią, już pod morzem, od bieguna do bieguna, obiegając ziemię dokoła, gdy prostopadle do nich rozłożona jest pewna liczba łańcuchów poprzecznych, by rusztowanie ziemi silniej utrwalić.

Poglądy Atanazego Kirchera długo jeszcze znajdowały odgłos powszechny, co okazuje się wyraźnie z licznych naśladowań jego rysunków, przedstawiających przecięcia ziemi, w dziełach przyrodniczych z końca wieku XVII, ale nowe idee, z początku powolnie, dalej zaś coraz prędzej i silniej przedzierały się do umysłów badaczy. Nie wystarczało im już powtarzanie teorji starożytnych lub sprowadzanie wszystkich objawów przyrody do rozkazu bożego, jako instancji ostatniej; nie wystarczało im już także, dla wyjaśnienia początku gór, odwoływanie się do przyczyn w da-



Powstanie Monte Nuovo w r. 1538.

Według „Dell' incendio di Pozzuole, Marco Antonio delli Falconi all' Illustrissima Marchesa della Padulla" z r. 1538.

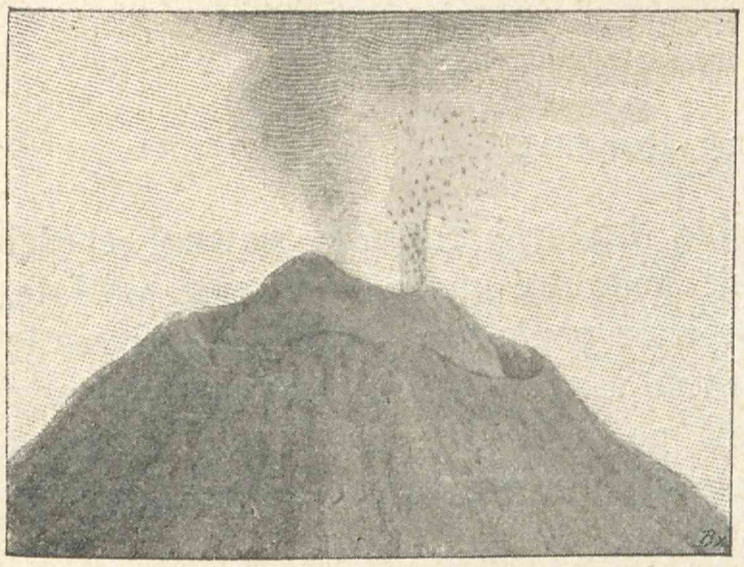
nem miejscu tylko występujących, jak do rozprężliwości i ciśnienia zamkniętych par i gazów, ale starano się ogólne źródło nierówności na powierzchni ziemi wykryć w siłach powszechnie działających i poznano je rzeczywiście w pewnych procesach, wiążących się z całą historją utworzenia się ziemi. Dla tego też w epoce tej teorje pochodzenia gór zbiegają się ściśle z teorjami powstania ziemi, czy to autorowie ich hołdowali poglądom czysto neptunicznym, jak Burnet lub Woodward, czy też należeli do wręcz przeciwnego obozu plutonistów, jak Descartes, Leibniz i inni. W obu wszakże razach akt główny wytworzenia się gór wtłaczano w jeden tylko okres dziejów ziemi; według Descartes'a, Burneta i Woodwarda nierówności na

powierzchni ziemi powstały przez zapadnięcie skrajnej skorupy ziemskiej, według Leibniza wystąpiły jako następstwo krzepnięcia skorupy, gdy wywiązywały się w niej wielkie pęcherze, których zastygłe sklepienia załamywały się następnie. Mniej już doniosły wpływ na tworzenie się osadów skalnych i na ukształtowanie gór przypisywano późniejszym wylewom, powszechnym lub przynajmniej bardzo rozległym; przy tem zaś przyjmowano bądź jeden tylko, jedyny potop, bądź też kilka zalewów, jak Leibniz lub Robert Hooke, którzy zaczynali się już usuwać od nacisku przodującej powagi biblji. Zaprzeczyć niepodobna, że wszystkie te teorje, sprowadzające cały proces utworze-

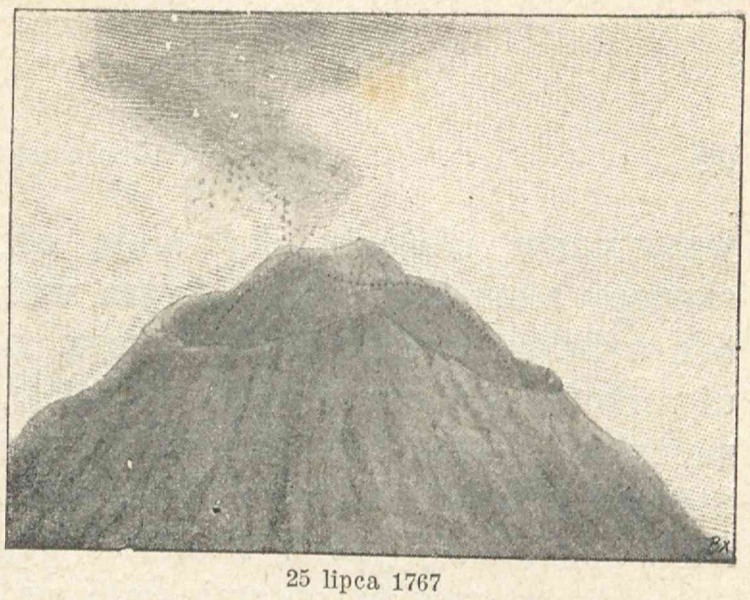


Wybuch Santorinu 23 marca 1866 r., obserwowany przez lunetę.
Według Juljusza Schmidta „Vulkanstudien auf der Insel Santorin".

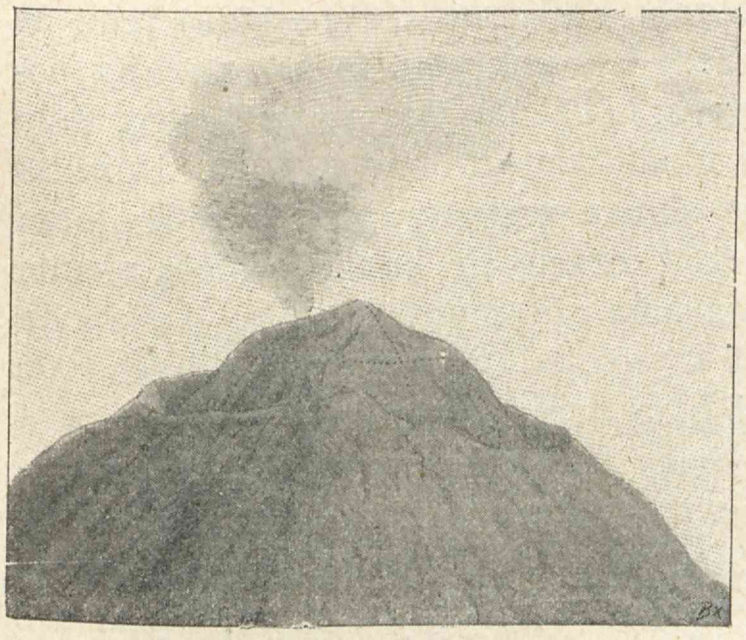
nia się gór do jednej przyczyny powszechnej i ograniczające go jednym okresem zamkniętym, uderzają wspaniałością i potęgą, która umysł ludzki pociąga i porywa; przyroda wszakże na wyższych stopniach rozwoju nie jest już tak prosta, by w wybitnych swych objawach iść miała jedną tylko, oznaczoną drogą, w jednym tylko, oznaczonym czasie, dla tego też wszystkie te pomysły genialne okazały się ostatecznie zawodne, jakkolwiek niejedno dobre zawierało się w nich ziarno. Błąd główny, który w teorjach tych tkwił, stąd płynął, że skorupę ziemską lub też przynajmniej część jej rozległą jako jednę całość ujmowały i nie brały pod uwagę rozlicznych szczegółów jej budowy, któreby mogły pożądane dawać wskazówki. Można było przecież wtedy już wiedzieć, że pokłady skalne w przebiegu swym i we



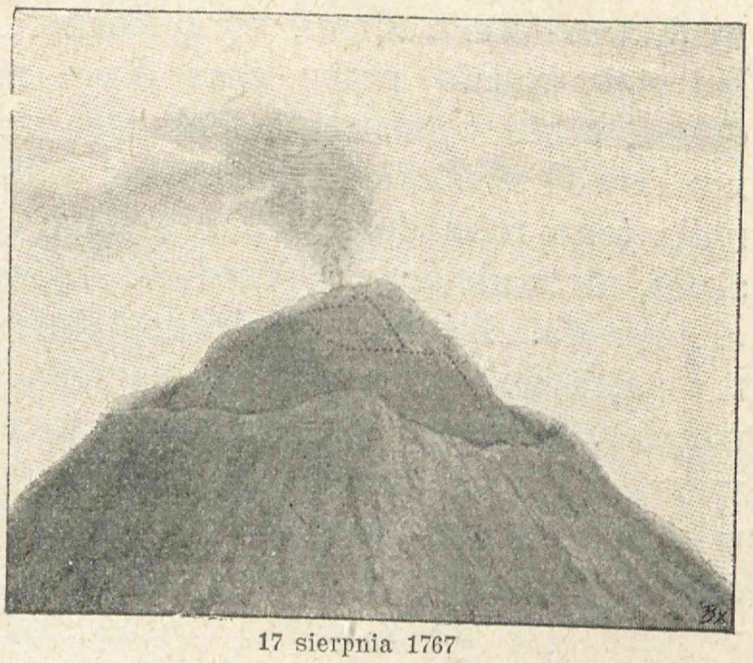
8 lipca 1767



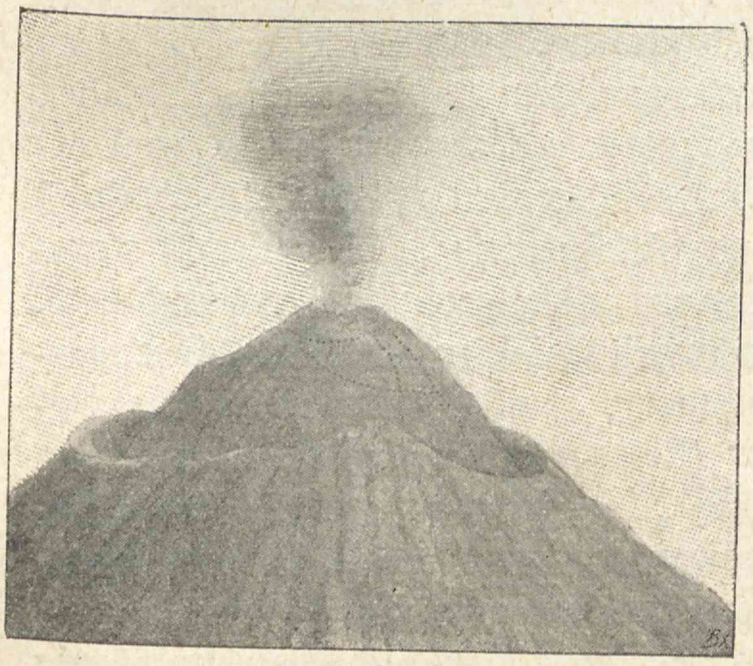
25 lipca 1767



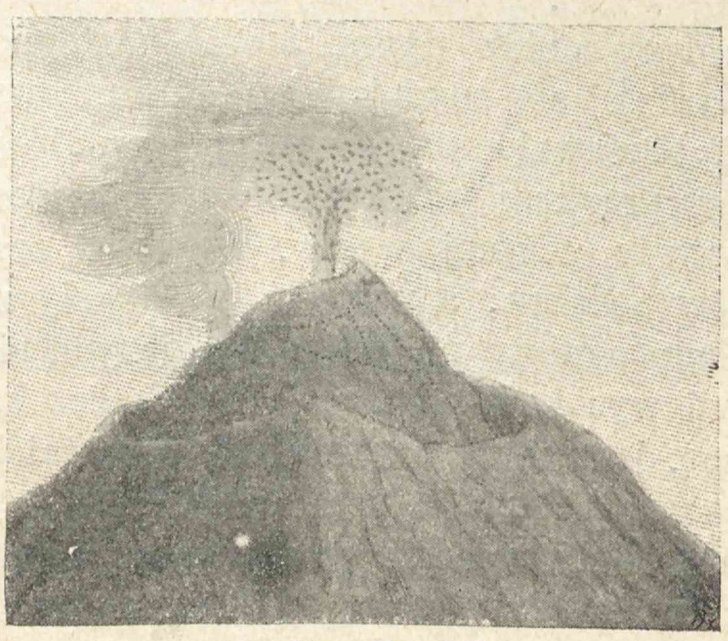
6 sierpnia 1767



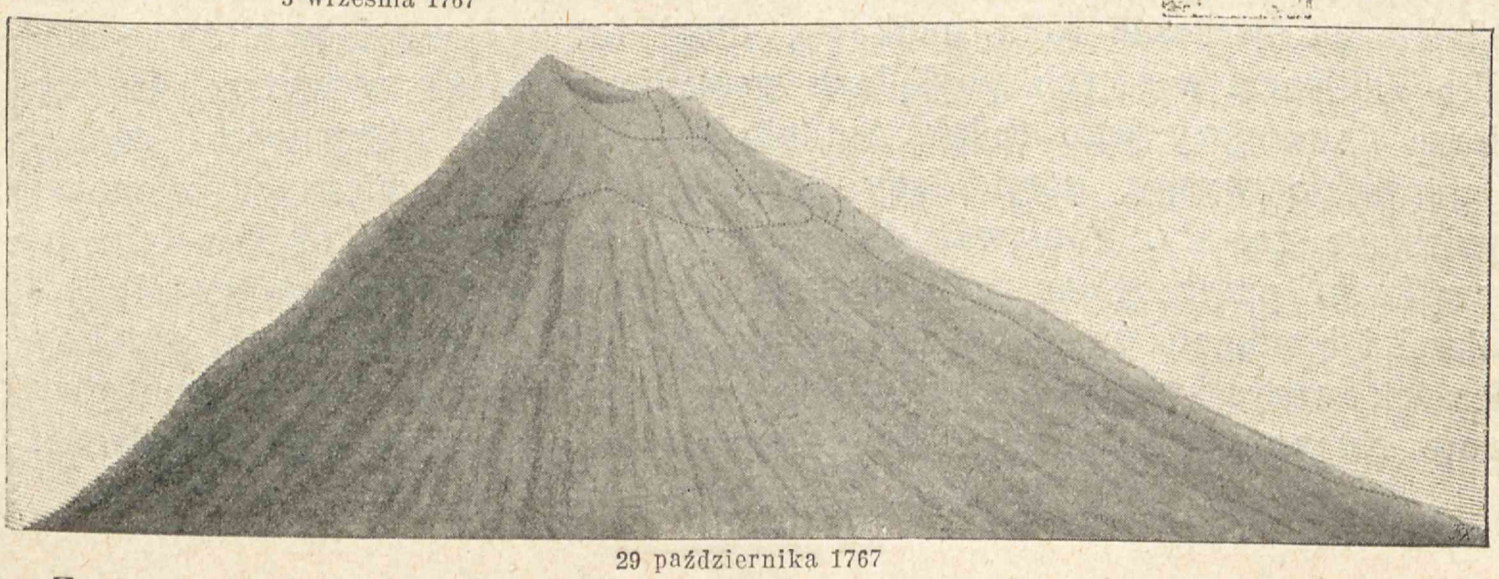
17 sierpnia 1767



3 września 1767



18 października 1767



29 października 1767

Zmiany wierzchołka Wezuwjusza od 8 lipca do 29 października 1767.

Według Hamiltona „Campi Phlegraei z r.

wzajemnem ułożeniu dozwalają odczytać historję rozwoju pewnej części skorupy ziemskiej. Jak łatwym wniosek podobny nam się obecnie wydaje, tak wszakże trudną było rzeczą, naprzekór poglądom panującym, kwestję utworzenia się gór odnieść do losów, jakim ulegały uwarstwowane pokłady ziemskie. Zwrot tak stanowczy uczynił po raz pierwszy (1669) duńczyk Stenson (Steno), którego dokładnie uzasadnione wnioski w innych dziedzinach poznaliśmy już w rozdziale poprzednim.

Liczne szczątki skamieniałe zwierząt morskich, które napotykano w różnych warstwach ziemi, wytłomaczył Antonio Vallisneri (1661—1730) tem, że ląd stały często przez czas długi morzem był pokryty; że zaś zmiany podobne, takie wynoszenia i obniżenia gruntu, i obecnie jeszcze zachodzą, dało mu dowód wysunięcie się nowej wyspy obok Santorinu w r. 1707. Dnia 23 maja tego roku dostrzeżono o wschodzie słońca przy wyspie Mikra-Kaimeni skałę, nieistniejącą poprzednio, która śród czarnych kamieni białą ziemię ukazywała. Zwolna i niejednostajnie wznosiła się i powiększała drobna ta wyspa, a dnia 14 czerwca osiągnęła już wysokość 80 metrów i obwód 1000 metrów. Morze stało się niespokojnem i było coraz gorętsze, od 30 czerwca wyspa wzrastała prędzej, a wpośrodku masy kamiennej utworzył się wzgórek. Dnia 5 lipca nastąpił po raz pierwszy objaw ognia, dnia 16 lipca wieczorem zobaczono między nową tą „białą“ wyspą a wyspą Mikra-Kaimeni wynurzające się z morza czarne skały w liczbie 18 do 20, które, wznosząc się wyżej, złączyły się w wyspę „czarną“. Dnia 18 lipca wzbił się z krateru czarny obłok dymu, a dnia następnego widziano, jak obie te wyspy coraz bardziej się powiększały, „czarna“ wszakże znacznie prędzej, aniżeli „biała“. Dym stawał się cięższy i gęstszy, objawy ogniste coraz potężniejsze, woń coraz przykrzejsza. Dnia 5 września utorował sobie ogień ujście na zachodniej stronie czarnej wyspy, nocy zaś następnych słyszano „uderzenia do strzałów podobne, a zarazem wybiegały z krateru niezliczone czarne kamienie. Snop ognisty miljonów ścigających się nawzajem iskier wzbił się do znacznej wysokości, zanim, jakby deszcz kamienisty, opadły znów na czarną wyspę, jeszcze ją na chwilę rozjaśniając“ (Reiss i Stübel). Dnia 9 września czarna i biała wyspa złączyły się w jednę „Nea-Kaimeni“ (t. j. nowo-spalona). W listopadzie gwałtowność wybuchów nieco osłabła, ale dopiero wybuchem 14 września 1711 działalność wulkaniczna zakończoną została.

Zdarzenie tak nadzwyczajne wywrzeć oczywiście musiało wrażenie głębokie na ówczesne koła naukowe, uległ też wpływowi temu żywo nietylko Vallisneri w swych poglądach geologicznych, ale w wyższej jeszcze mierze sławniejszy jego rodak Antonio Lazzaro Moro, który wprost sądził, że wszystkie wyspy, góry i lądy działaniem sił wulkanicznych z morza wyniesione zostały. Ponieważ do wynurzonych z wody skał Nea-Kaimeni początkowo przyczepione były ostrygi, które później zasypane zostały popiołami i bombami wybuchu wulkanicznego, przypisał stąd Moro podobny początek wszystkim skamieniałościom morskim. Wobec zaś nasypu góry Monte Nuovo, która powstała w r. 1538, sądził, że wszystkie w ogólności

skały uwarstwowane zbudowane były pierwotnie z wyrzutów wulkanicznych, i wyróżniał jeszcze od nich tylko jednolite masy skaliste gór pierwotnych. Chociaż uczony opat siłom i działaniom wulkanicznym nader przesadne przypisywał znaczenie, za szczerego plutonistę bynajmniej uważany być nie może, twierdził bowiem, że ognie podziemne trzeciego dopiero dnia stworzenia na rozkaz boży zapłonęły, a we wszelkich sprawach w ogólności usiłował pozostawać w zgodzie z historją biblijną, skąd też uzyskać mógł urzędowe zaświadczenie, że dzieło jego w niczem naukom kościoła nie uchybia.

W tym samym czasie, w początkach wieku XVIII, gdy utworzenie się nowej wyspy podnieciło umysły w Europie południowej i nowe po-



Wykopaliska świątyni Izydy w Pompejach.
Według Hamiltona „Campi Phlegraei“ z r. 1776.

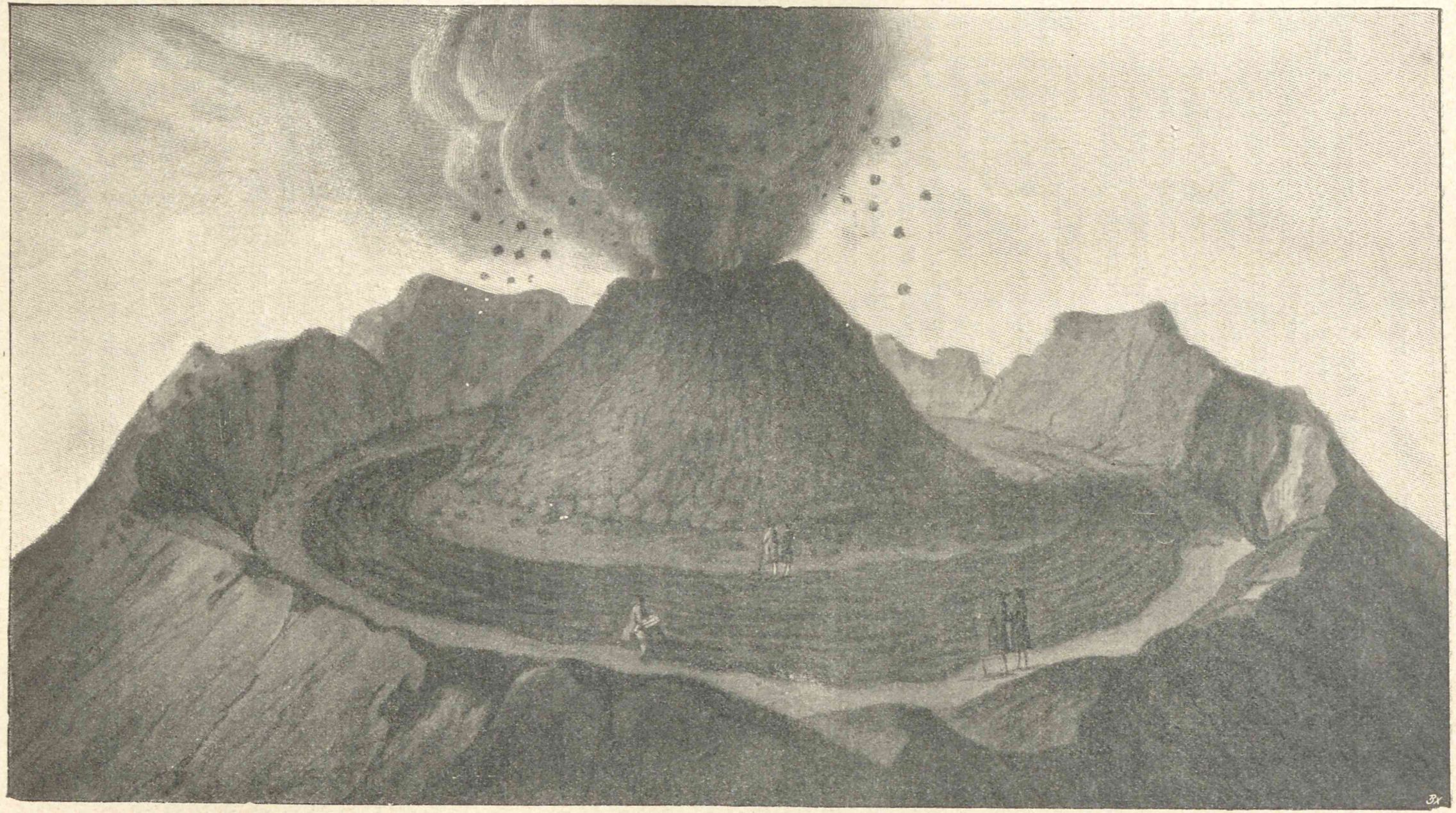
glądy naukowe wywołało, poczyniono i na północy Europy spostrzeżenia, mniej wprawdzie oczom się narzucające, pomimo to wszakże nie mniej zdumiewające: Hjärne, mianowicie, zauważył tam powolną, ale ciągłą zmianę linji brzeźnej na korzyść kraju (1702), a inni badacze szweccy, jak Swedenborg, Celsius i Linneusz słuszność tej obserwacji potwierdzili. Dla kontroli tego ruchu wbito w r. 1731 znaki, a pomiary ich w r. 1752, 1755 i 1785 wykazały, że za każdym razem coraz się wyżej nad poziom morza wynosiły. Przodujący badacze szweccy wnieśli stąd, że to morze się cofa, wiele już wszakże wtedy głosów oświadczyło się w kierunku przeciwnym, przyjmując wynoszenie się lądu ponad stateczny zawsze poziom morza.

Chociaż objawy te podnoszenia się lądu na północy i na południu Europy wywrzeć mogły wpływ istotny na poglądy tyczące się powstawania gór, koła jednak naukowe we Francji i w Niemczech słabo się tem zaprzą-

tały, uczeni bowiem tameczni, jak Maillet, Buffon i Werner, w całym procesie tworzenia się gór dostrzegali jedynie przekształcanie istniejących już wyniesień i zagłębień kory ziemskiej działaniem wody, a mianowicie odpływającego morza.

Nieco dalej posunął się I. G. Lehmann (zmarły 1767 r. w Petersburgu), który wprawdzie góry wysokie o układzie warstw bardzo spadzistym i o pochyleniu stromem uważał za wyniosłości już podczas stworzenia powstałe i stąd od skamieniałości wolne, ale przynajmniej łączące się z niemi góry uwarstwowane, złożone z pokładów poziomych lub słabo pochylonych, tłomaczył jako osady morza z czasów potopu. Częściowym przeinaczeniom ulega jeszcze powierzchnia ziemi przez zmianę położeń morza, przez wulkany i trzęsienia, w istocie jednak rzeczy oblicze ziemi pozostało już niezmienne. Pomysły Lehmanna przejął widocznie słynny podróżnik, Piotr Szymon Pallas (ur. 1741 w Berlinie, zm. tamże 1811), który działał przeważnie na rzecz akademji petersburskiej, i on bowiem również przyjmował góry pierwotne, do nich zaś następnie przyłączyć się miały góry rzędu drugiego i trzeciego, których pokłady, wraz z coraz znaczniejszem oddalaniem się od pierwotnego jądra górskiego, coraz bardziej płaskie przyjmować miały pochylenie. Gdy wszakże strome góry Lehmanna składać się miały ze spadzisto ustawionych warstw skalnych, wykrył Pallas, jako jądro swych „gór rzędu pierwszego“ granit, który przedstawiać ma skałę pierwotną ziemi, a w najwyższych swych częściach nigdy morzem nie był pokryty. Góry młodsze miały być wszystkie działaniem sił wulkanicznych wyniesione, przy gwałtownych zaś wstrząśnieniach i zmianach, zachodzących na skorupie ziemskiej lub wewnątrz niej, były lądy częściowo przez morze zalewane, czem znów dałyby się wyjaśnić wielkie objawy, jak transport zwierząt indyjskich wodą na Syberję.

Jeżeli tedy jeszcze Pallas góry granitowe uważał za góry pierwotne, od samego istniejące początku, to wcześniej już duchowny angielski John Michell rzucił pogląd, że góry są to wyniesione części kory ziemskiej. Proces ten tworzenia się gór starał się w następny sposób wyjaśnić: „Sklej razem kilka kart papieru różnego gatunku lub różnej barwy, zegnij je wtedy wpośrodku, by utworzyły grzbiet, i wyobraź sobie całość w ten sposób znowu wyrównaną, że przesunięty został przez nią hebel, który ściął wszystko, co oddalić się dało. Unieś wtedy środek na nowo nieco w górę, a to da dobre w ogólności wyobrażenie o przeważnej części, jeżeli nie o wszystkich wielkich pasmach okolic górzystych, wraz z przyległemi częściami całej ziemi. Z ukształtowania takiego ziemi wypływa, że napotykać musimy na powierzchni w długich i wąskich smugach też same rodzaje ziem, kamieni i minerałów, biegnące równolegle do głównego wyniesienia każdego wielkiego pasma górskiego“. Jako przyczynę wyniesienia gór przyjmował Michell pary nagromadzone w wydrążeniach wnętrza ziemi, a przez to prowadzi do epokowych poglądów Huttona, który w ogólności przyczynę ostateczną tworzenia się gór dostrzegł w rozprzestrzenianiu się ognisto płynnej



Krater Wezuwjusza przed wielkim wybuchem roku 1767.

Według Hamiltona „Campi Phlegraei“ z r. 1767.

magmy wnętrza ziemi. Gdy zaś w ten sposób dla rozpatrywania zajmujących nas tu pytań zyskano rozległe horyzonty i grunt urodzajny, to właśnie około tegoż samego czasu przez dokładne scharakteryzowanie układów skał i warstw (Werner), zarówno jak i przez oznaczenie wieku osadów według ich skamieniałości (Cuvier, Brongniart i W. Smith), zyskano środki pomocnicze, które dopiero dały możność naukowego traktowania kwestji powstawania gór. Zanim jednak zajmiemy się dalszem rozważaniem tego działu nauki, dotknąć jeszcze musimy krótko sprawy wulkanów i poznać pojęcia, które rozwijały się w okresie przejściowym, od czasów średniowiecznych aż do początku nowej geologji naukowej.

Stosownie do tego, jak różni badacze pojmowali powstanie i ogólną budowę ziemi, tak też rozmaite mieli wyobrażenia o siedlisku sił wulkanicznych i o ich działalności. Neptuniści, a w liczbie ich i A. G. Werner, widzieli w wulkanach lokalne tylko zjawiska, znaczenia podrzędnego, które wywoływane miały być przez pożary węgla. Anglik Marcin Lister (1638—1711) odwoływał się do podziemnych pożarów krzemionki, a Lemery uczynił teorję tę wiarogodniejszą przez doświadczenie (1684), gdy zmieszał opiłki żelazne, siarkę i wodę, a masa ta sama przez się zapłonęła i wydęła przy wywiązywaniu gazów. Franke starał się sprowadzić zjawiska wulkaniczne do zapadów, przy których ciepło wywiązuje się drogą mechaniczną (1756), Pallas jednak podjął znów pomysł Listera i za przyczynę wybuchów wulkanicznych przyjął pokłady pirytu w osadowych warstwach kory ziemskiej. We wszystkich powyższych poglądach siedlisko objawów wulkanicznych wyobrażano sobie w nieznacznej głębokości skorupy ziemskiej. Badacze natomiast, którzy przyjmowali ognisto-płynne jądro ziemi, uważali wulkany za drogi łączące powierzchnię ziemi z jej wnętrzem; tak np. Buffon wyobrażał sobie, że zetknięcie się wody z substancjami palnemi lub łatwo rozkładowi ulegającemi, albo też z rozżarzonem wnętrzem ziemi, wywoływać musi wybuch wulkaniczny.

Że działalność wulkaniczna była wstanie budować góry przez usypywanie, wiedziano o tem powszechnie już oddawna, a zwłaszcza odkąd się utworzył wzgórek wulkaniczny na polach Flegrejskich (Monte Nuovo), obserwacje zaś nowych wybuchów wulkanów włoskich coraz silniejsze dawało poparcie możliwości podobnych objawów. Wulkany Europy południowej po wszystkie czasy były mistrzami dla przeważnej części geologów, od epoki greckiej począwszy aż do chwili obecnej, miały też i w XVIII wieku gorliwych obserwatorów, między którymi wybitne zajął stanowisko zwłaszcza sir William Hamilton (ur. 1730, zm. 1803). Od r. 1764 do 1800 był on posłem brytańskim przy dworze neapolitańskim i w ciągu długiego tego czasu nietylko ważny miał udział w odkopaniu miast Herculanum i Pompeji, ale prowadził też nader staranne i dokładne badania zjawisk wulkanicznych Włoch południowych, zwłaszcza Wezuwjusza i Etny; przedstawił je w rysunkach i dał jasne wyobrażenie zmian, jakim ulegał stożek Wezuwjusza podczas wybuchu 1767 roku (str. 91), a stąd przyczynił się w znacznej mierze do do-

kładniejszego rozumienia objawów wulkanicznych w ogólności, jak i szczegółowej historji Wezuwjusza. Wystarczy zestawienie pełnych życia rysunków Wezuwjusza, podanych przez Hamiltona, z dziwacznem przedstawieniem Kirchera tejże samej góry, by pojąć, jak dalece w ciągu jednego stulecia wydoskonaliła się umiejętność rysunku i jak już stąd doniosłe są zasługi lorda Hamiltona. Niektóre wizerunki, jak brzeg rozżarzonego prądu lawy w nocy, lub jak ziejący jej strumień, który z dymiącego Wezuwjusza spływa na pola kwitnące, zagładę szerząc i spustoszenie (str. 29), wyrazistością swoją i siłą przekonywającą dać mogą wyobrażenie o wspaniałości i grozie objawów wulkanicznych tym nawet, co nigdy oczyma własnemi góry ognistej nie dostrzegli.

Gdy tak wulkany południowo-europejskie zyskały w Hamiltonie dziejopisa zarówno wymownego jak i wiarogodnego, zajęli się badacze francuscy, Jan Stefan Guettard (1715—86), Giraud Soulavie i Faujas de Saint Fond rozpatrzeniem wygasłych wulkanów w Owernji, Prowancji, w Vivaray i Velay. Guettard, pomimo dokładnej swej znajomości zjawisk wulkanicznych, trzymał się jeszcze starej teorji o utworzeniu się bazaltu drogą wodną, Demarest wszakże i Faujas de Saint Fond wykazali dowodami niezbitemi wulkaniczną naturę tej skały i rozstrzygnęli tem spór, który w Niemczech zaognił się dopiero w r. 1788—89, gdy Werner bazaltowi początek wodny przypisał, a uczeń jego K. W. Voigt energicznie przeciw temu zaprotestował.

Że wulkany w pewnych okolicach w znacznej występują liczbie, w innych zaś brak ich zupełny, było to oczywiście rzeczą dobrze znaną; przypominano też sobie niekiedy pogląd starożytnych, że Etna, Wezuwjusz i wulkany wysp Liparyjskich pozostawać muszą między sobą w połączeniu podziemnem, nie zastanawiano się jednak bliżej nad możliwością ściślejszego ich, prawidłowego związku; Pallas tylko domyślał się łączności takiej między wulkanami oceanu Spokojnego i Indyjskiego.

Trzęsienia ziemi wiązano najczęściej ściśle z objawami wulkanicznemi, tłomaczono je także przez wybuchy podziemne lub przez zapady; istotnego jednak postępu w ciągu XVIII w. nauka o trzęsieniach ziemi nie doznała, jakkolwiek wielkie trzęsienie w Lizbonie i straszliwe jego następstwa świat cały w silne wprawiły wzruszenie i wywołały liczne domysły o przyczynach tak potężnego zjawiska. Najzwyklejsze tłómaczenie na tem polegało, że w trzęsieniu karę bożą widziano. Dokładniej przyczyny jego badał Kant, filozof królewiecki (1761), ale najściślejsze dochodzenie trzęsienia lizbońskiego przeprowadził John Michell (1760), który należycie dobranemi dowodami starał się wykazać, że wybuchy wulkaniczne i trzęsienia ziemi podobne mieć muszą źródło. Znalazł je w pożarach pokładów zawierających węgiel i ałun, do których znajduje dostęp woda, a przechodząc w stan lotny powodować ma trzęsienia. Michell wyjaśnił nadto falowe rozprzestrzenianie się trzęsienia i wyraził domysł, że siedlisko trzęsienia lizbońskiego mieścić się musiało w głębokości nie mniejszej nad jednę i nie

większej nad trzy mile angielskie pod powierzchnią ziemi. Przypisane już także zostało pewne znaczenie przy trzęsieniach kierunkom wywrotu, owym rozpadlinom, wzdłuż których pewne części skorupy ziemskiej w głąb zapadły.

Zwrót nowy w poglądach na powstawanie gór nastąpił przez teorję Huttona, która w pomysłach kosmogonicznych Laplace'a dobre zyskała poparcie. Playfair, wyborny komentator Huttona, zwrócił też pierwszy uwagę na zasadniczą różnicę, jaka zachodzi między pierwotnem, czynnem wytwarzaniem się nierówności ziemi przez podniesienie warstw, a następnem, biernem ich przeobrażaniem wskutek niszczenia. Poglądem tym stanął Playfair na gruncie zupełnie nowożytnym; od naszych zapatrywań obecnych pogląd ten tem się tylko wyróżnia, że Playfair obie te działalności, czynnego tworzenia się i biernego niszczenia gór, pojmował jako objawy w odrębnych dokonywające się czasach, gdy teraz przyjmujemy, że niszczenie gór rozpoczyna się już podczas przebiegu ich tworzenia. W ogólności dzieło Playfaira „Illustrations of the Huttonian theory" (1802) uderza nowoczesną już zupełnie metodą rozważania rzeczy, gdy przy czytaniu dawniejszych pism geologicznych czujemy się nieraz do dziedzin zupełnie obcych przeniesieni i z trudnością zaledwie pojmujemy, jak ci pisarze niegdyś wszystko sobie wyobrażali. Niektórzy wprawdzie z dawniejszych autorów znaleźli komentatorów zbyt gorliwych, którzy w najbardziej niepozornych wzmiankach wynajdywali mniemane zapowiedzi nowych pomysłów, a stąd do pism dawniejszych wprowadzili żywioł nowoczesny, który im z początku zgoła był obcy.

Playfair natomiast w geologicznych swych rozważaniach przedstawia już charakter zupełnie nowoczesny i zadowolenie istotne sprawia nam, gdy mówi, jak silne wrażenie na geologa wywierać musi krajobraz alpejski: „Widzi on się w pośrodku potężnej ruiny, gdzie stoki wznoszące się ze wszech stron z taką śmiałością i z taką dzikością, ostre szczyty gór granitowych i rumowiska niesłychane, dokoła ich stóp rozproszone, wskazują jedynie osobne epoki w dziejach zagłady, dając miarę energji sił niszczących, którym nie zdołała się oprzeć nawet wielkość i wytrwałość utworów tak olbrzymich". Z zajęciem też poznajemy dalej jasne wywody Playfaira o doniosłem znaczeniu, jakie przypisuje wodom bieżącym w tej sprawie niszczenia i przeobrażania. Ale ta właśnie część poglądów Playfaira i Huttona napotykała zawziętych przeciwników; I. A. de Luc (ur. 1727, zm. 1817) zwłaszcza, który rozległe odbywał podróże, działania erozji za nader nieznaczne uważał. Sprzeczność taka w kwestji, która teraz tak się zrozumiałą okazuje, świadczy dobitnie, jak przed stu laty jeszcze poglądy odrębne były od dzisiejszych naszych zapatrywań.

Łatwiej, aniżeli nowa nauka o działalności geologicznej wód bieżących, przyjął się pogląd Huttona na czynne powstawanie gór, przedewszystkiem przynajmniej w wielkiej Brytanji; gdy bowiem Hutton twierdził, że wszystkie zbite skały niegdyś w stanie stopionym z wnętrza się ziemi wydo-



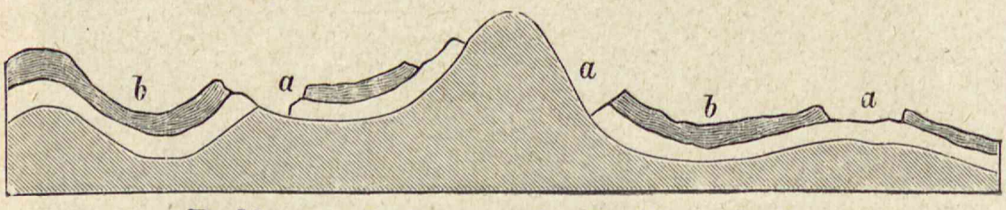
Spadzisto wyniesione warstwy skalne w wąwozie Camataqui w Boliwji.

Według „Le tour du monde“.

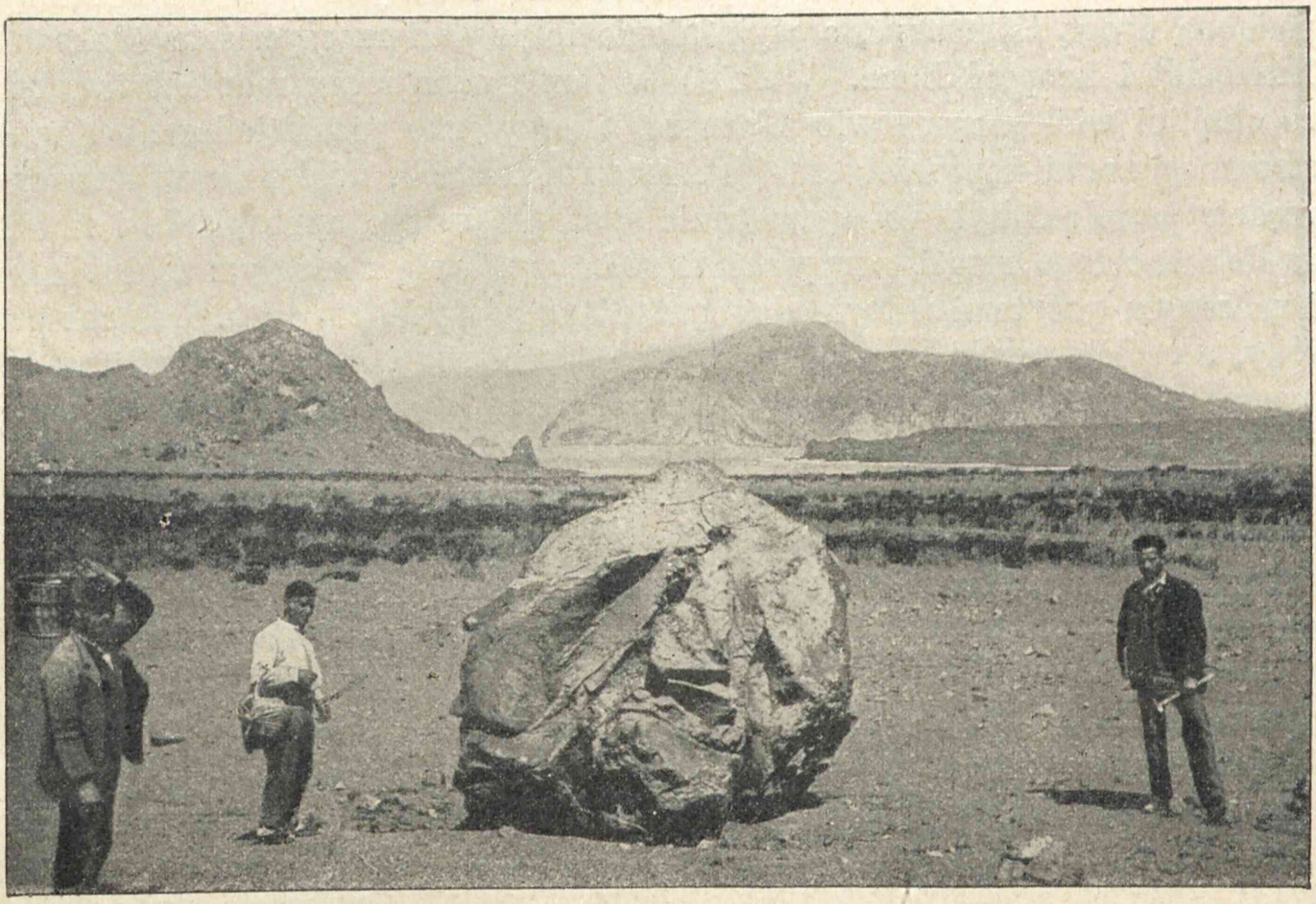
były, wskazać mógł pewne szczegóły swego kraju w miejscach łatwo dostępnych, gdzie rzeczywiście granit w żyłach i chodnikach przebijał skały uwarstwowane, a zatem widocznie przedrzeć się musiał niegdyś z dołu w stanie ciekłym. Wznoszące się te ognisto-płynne magmy kamienne miały tedy unieść i rozszczepić pokłady skał, dając tem samem początek górom. Istotny udział w zwycięztwie teorji wyniesień Huttona, obok wybornych wyjaśnień Playfaira, miały też doświadczenia geologiczne S. Halla i G. Watta. Gdy przeciwnicy Huttona zarzucali, że ze skał stopionych powstawać mogą tylko żuzle i masy szkliste, ale nigdy utwory krystaliczne, to obaj ci mężowie wykazali doświadczeniem, że jednak przy bardzo powolnem stygnięciu przybierać mogą budowę krystaliczną, a kryształy tem dokładniej się wydzielają, im powolniej stygnięcie zachodzi. Również drogą doświadczalną uczynił Hall wiarogodniejszem twierdzenie Huttona, że wdzieranie się skał wulkanicznych wywołać może zakłócenia w układzie warstw; wykazał mianowicie, że następować tu muszą wygięcia i załamania, ciśnieniu bowiem pionowemu wdzierającej się magmy kamiennej przeciwdziała ucisk boczny, wychodzący od sąsiednich mas skalistych, a gdy różne tkaniny lub zabarwione warstwy gliny ułożył poziomo jedne na drugich, obciążył je z góry i poddał ciśnieniu bocznemu, otrzymał utwór, który bardzo wiernie odtworzył fałdy i załomy skorupy ziemskiej.

Leopold Buch (ur. 1774 na zamku Stolpe, zm. 1853 w Berlinie), największy geolog niemiecki w pierwszej połowie wieku XIX, uczeń Wernera, podczas podróży po Skandynawji (1806—1808) dostrzegł pod Chrystjanją, że granit przebił tam żyłą pokłady wapienne, obfitujące w skamieniałości, rozłożył się ponad niemi i budowę ich przeobraził; objaw ten był wprost sprzeczny z nauką Wernera i przyczynił się znacznie do upadku jego systemu. Gdy zaś Leopold Buch, przygotowując się do podróży na wyspy Kanaryjskie (1815), bawił w Anglji i poznał tam bliżej teorje Huttona, jakoteż doświadczenia Halla i Watta, wzbudziło to żywe w nim zajęcie, a gdy następnie przeprowadził dokładne badania Alp i innych gór niemieckich, utwierdził się w przekonaniu, że góry podniesione zostały przez ognisto-płynną magmę kamienną, która wydobyła się przez szczeliny kory ziemskiej, że tą drogą pokłady skał zostały wydźwignięte i że ze stosunków tych zarazem względny wiek gór wyprowadzić można.

Teorja podniesienia Huttona i Leopolda Bucha w ciągu pierwszej połowy wieku XIX powszechne prawie miała uznanie, a zwłaszcza we Francji została przez Elie de Beaumot'a przyjęta i dalej rozwinięta. Wyobrażano sobie podniesienia jako procesy gwałtowne, a łańcuchy górskie uważano za przerwy skorupy ziemskiej, przez które podnoszące masy skaliste wydobyły się ku powierzchni. Ponieważ zaś Werner równolegle biegnące żyły



a—**Doliny uskokowe,** *b*—**Doliny fałdowe.**
Według podręcznika Vogta z r. 1846.



Bomba wyrzucona przez Vulcano na wyspach Liparyjskich podczas ostatniego wybuchu 1888—90.

Według fotografji A. Bergeat'a.

rud uważał za szczeliny równocześnie utworzone, które się następnie wypełniły,sądził się też Elie de Beaumont upoważnionym do wniosku, że łańcuchy górskie, mające kierunek jednaki, w jednym też czasie powstać musiały. Pasma górskie, w zarysach ogólnych tworzyć mają pojedyńcze linje proste, przyroda bowiem unika bardziej zawiłego sposobu rozdzierania skorupy ziemskiej, gdzie linja prosta wystarcza do spełniania jej celu. Według tego sądzono, że po prostu z liczby takich linji kierunkowych biegu gór, wzajemnie od siebie niezależnych, o ile w danej okolicy występują, oznaczyć można liczbę przewrotów, których doznał grunt w tem miejscu. Również i doliny wyobrażano sobie utworzone przez takie procesy gwałtowne; od płaskich więc dolin fałdowych, utworzonych przez wygięcie czyli sfałdowanie pokładów, które w łączności między sobą pozostały, odróżniono doliny uskokowe, powstałe przez rozdarcie pokładów, przyczem ich łączność zniesioną została. Różnicę tę wskazuje rysunek na str. 100, powtórzony z podręcznika K. Vogta.

Porównanie zewnętrznej postaci gór z wewnętrzną ich budową wykazało ścisłą łączność jednej z drugą, co jasno poznał i opisał najpierw Saussure, sądzono wszakże, że i ta okoliczność da się wytłómaczyć teoryą podniesień.

Pokolenie geologów, którzy najpotężniejsze zmiany powierzchni ziemi, powstawanie pasm górskich, do oddzielnych procesów gwałtownych sprowa-

dzało, musiało też oczywiście i powstawanie osobnych gór wulkanicznych podobną drogą tłomaczyć, a wyjaśnienie takie dali rzeczywiście Aleksander Humboldt i Leopold Buch. Widzieć w tem można istny moment tragiczny, że obaj ci wielcy uczniowie Wernera, którzy jako przeświadczeni i wierni stronnicy nauki neptunistycznej Freiberg opuszczali, następnie w pierwszym rzędzie powołani byli do wywrócenia systemu swego nauczyciela i mistrza; że dokonać tego mogli, przypisać to należy głównie rozległym ich podróżom i zebranym przytem obfitym dostrzeżeniom i doświadczeniom. Badacz przyrody, a geolog przedewszystkiem, winien podróżować, by oczyma własnemi rozejrzał wielokształtność przyrody, rozliczność jej objawów, zgodność i sprzeczność jej działań w różnych strefach i w różnych warunkach, by wzrok swój zaostrzył i rozszerzył, a ztąd uniknął jednostronności, w którą najbystrzejszy nawet obserwator zbyt łatwo popada, gdy obraca się wyłącznie w zakresie szczupłego pola. Takiemu właśnie losowi uległ Werner, który wprawdzie rozległemi swemi ideami ziemię całą objąć się starał i wszystkie zjawiska sprowadził do wielkiej jedności, do wodnego początku skał, ale przytem oprzeć się mógł na bardzo drobnym obszarze obserwacyjnym, na saskich górach Kruszczowych mianowicie. Właściwe wierzchołki bazaltowe tej okolicy nasunęły mu domysł wodnego pochodzenia bazaltu, a pomimo zaprzeczenia Voigta, o słuszności tego poglądu mocno byli też przekonani Humboldt i Buch, aż w biegu wielkich swych podróży wreszcie mylność jego dostrzegli. Jeżeli po gruntownem zbadaniu Wezuwjusza 1798 r. Leopold Buch nie przeniewierzył się jeszcze zupełnie nauce Wernera, to widok strumieni lawy bazaltowej w Owernji 1802 r. musiał go o błędności jej przekonać. Gdy następnie Aleksander Humboldt wymownemi słowy opisał utworzenie się nowego wulkanu meksykańskiego Jorullo (1759) przez podniesienie pionowe, a Buch sam jak najdokładniej zbadał wyspy Kanaryjskie, ogłosił słynną swą teorję kraterów podniesienia, której potem gorliwie bronił Elie de Beaumont i która długo w świecie geologicznym nieograniczenie panowała.

Rozpatrywanie stosunków geologicznych góry Rocca Monfina we Włoszech dolnych, wysp Teneryfy i Palmy, Santorynu i innych stożkowych gór wulkanicznych, które są otoczone płaszczem warstw pochylonych, nasunęło Buchowi domysł, że w przytoczonych punktach siła wulkaniczna szukała sobie ujścia, przyczem dokoła punktu wybuchu podnieść musiała skorupę ziemską. Czy zaś we wnętrzu tak utworzonego otworu obwałowanego stożek wulkaniczny rzeczywiście się wzniósł, jak na Teneryfie, na Rocca Monfina i w nieprzeliczonych innych wulkanach, czy też do utworzenia się takiego stożka środkowego nie doszło i wystąpiła tylko rozległa powierzchnia środkowa („Caldera“), jak na wyspie Palmie, to dla wytłomaczenia zjawiska było obojętne. Ponieważ zaś masa poziomo rozłożona, gdy zostaje w postać stożka wzniesiona, rozdzierać się musi według linji rozbiegających się promienisto ze środkowego punktu wyniesienia, powstawanie tedy wąwozów promienistych („Barrancos“) wydawało się naturalnem następstwem objawów podniesienia, a jak poprzednio dla wielkich pasm górskich, tak też i dla roz-



1. Wezuwjusz.
2. Somma.
3. Nowy krater z kwietnia 1766.
4. Kraniec strumienia lawy z 12 kwietnia 1766.
5. Stożek wybuchowy z października 1760.
6. Strumień lawy z r. 1760.
7. Stożek wybuchowy.
8. Lawa z r. 1751.
9. Kasino.
10. Pompeji.
11. Torre dell Anunziata.
12. Bosco Reale.
13. Bosco Trecase.
14. Camaldoli.
15. Lawa z r. 1737.
16. Torre del Greco.
17. Resina.
18. Willa królewska w Portici.
19. La Barra.
20. Neapol.
21. Camaldoli.
22. Padule.
23. Krater w Atrio del Cavallo.

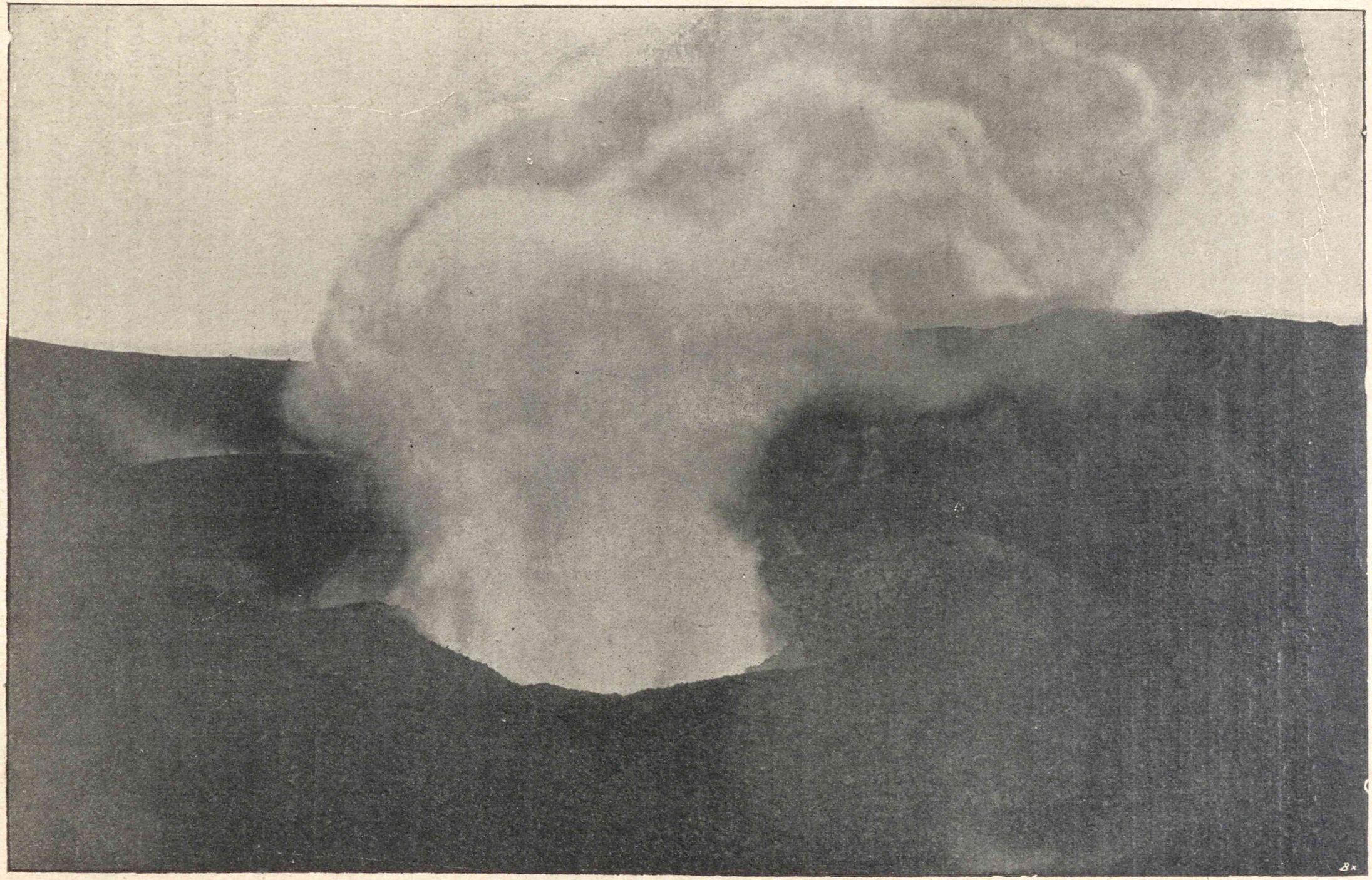
Wezuwjusz z Sommą 19 października 1767.

Według C. Lippiego „Volcani", Neapol 1813.

przestrzenionej klasy gór oddzielnych tworzenie się dolin wydawało się rzeczą samą przez się zrozumiałą. Jeżeli więc część obwałowania została zniszczoną, powstawały utwory, które obok stożka środkowego posiadały tylko część niezupełną wału pierścieniowego, jak to okazuje Wezuwjusz z Sommą (ob. rys. str. 103). Również i atole oceanu Południowego z okrągłemi wpośrodku lagunami uważał Buch za kratery podniesienia.

Gdy w ten sposób Leopold Buch podał wspaniałą i jednolitą teorję powstawania wulkanów, starał się Aleksander Humboldt na podstawie obfitych swych doświadczeń podróżniczych uporządkowanie wulkanów ująć w przyczyny prawidłowe; dostrzegł, że potężne góry ogniste Meksyku uporządkowane są w szereg geograficzny i zjawisko to tłomaczył tem, że „prawdopodobnie wyłoniły się na szczelinie, która na długości 105 mil geograficznych przerzynała ląd cały, od oceanu Spokojnego do Atlantyckiego.“ Podobneż lub podwójne łańcuchy wulkaniczne poznał w Gwatemali, w Ameryce południowej i na Jawie, gdy w innych miejscach obserwował nieregularne grupy gór ognistych. Wniósł ztąd, że „takie skupienie wulkanów, już w oddzielne, okrągławe grupy, już w pasma podwójne, daje dowód stanowczy, że działania wulkaniczne nie zależą od przyczyn drobiazgowych, blizkich powierzchni, ale są to zjawiska wielkie, znacznych głębi sięgające“. Myślał też przytem o połączeniach podziemnych między oddzielnemi wulkanami i o ścisłym związku wybuchów z trzęsieniami ziemi, a wniosek ten dla szczególniej przez niego badanych obszarów południowo-amerykańskich jest rzeczywiście najczęściej zupełnie uzasadniony. Humboldt sądził, że „siły podziemne ujawniają się bądź dynamicznie, sprowadzając naprężenia i trzęsienia ziemi, bądź też wywołują zmiany chemiczne w wulkanach, działają zaś nie powierzchownie, ze skrajnej skorupy ziemskiej, ale głęboko z wnętrza naszej planety, przez czeluście i przewody niezapełnione, współcześnie do najodleglejszych punktów powierzchni ziemi“. Przytem uważał za rzecz prawdopodobną, że „wszystkie objawy wulkaniczne, zarówno wulkany opatrzone kraterami trwałemi, jak i góry trachitowe, które się nagle otwierają, lawę i popiół wyrzucają i znowu się zamykają, powstają z jednej, bardzo prostej przyczyny, a mianowicie ze statecznego lub przechodniego połączenia między wnętrzem a powierzchnią naszej planety. Mocą swej prężności cisnie para w górę stopione, utleniające się substancje; wulkany są to poniekąd przerywane źródła ziemskie, a płynne mięszaniny metali, alkaljów i ziem, które w strumienie lawy krzepną, płyną cicho i spokojnie, gdy, podniesione, gdziekolwiekbądź ujście znajdują“. Takie wytworzywszy sobie pojęcie o wulkanach, musiał je Humboldt, podobnie jak Hutton, tłomaczyć zarazem jako klapy bezpieczeństwa.

Jednostronne te hypotezy chemiczne nigdy wprawdzie powszechnie przyjęte nie zostały, teorya jednak podniesienia gór i utworów wulkanicznych zyskała ogólne niemal uznanie, a ówczesne podręczniki geologji mówiły o tych rzeczach, jakby to były fakty niewątpliwe. Pomimo to już w trzeciem dziesięcioleciu wieku XIX, gdy nauka ta niewzruszoną się wydawała, począł



Krater Wezuwjusza ze stożkiem wybuchowym.

Według fotografji Matteucciego

się budzić przeciw niej opór; Hutton już i Plaifair zwrócili uwagę, że i z drobnych przyczyn przy długiem ich trwaniu potężne wypływać mogą działania, a do wyjaśnienia dawniejszych objawów ziemi nie potrzeba powoływać zgoła sił teraźniejszości obcych, ale dopiero Karol Ernest Adolf Hoff na podstawie starannego przeglądu krytycznego wszelkich wiadomości o zmianach powierzchni ziemi dowiódł (1822), że obecnie działające siły przyrody, w przypuszczeniu długotrwałej ich działalności, bardzo dobrze wytłomaczyć mogą część przeważną objawów geologicznych, i oświadczył się też zupełnie stanowczo przeciw odwoływaniu się do nagłych katastrof w przewrotach ziemi*). W Anglji zaś ukazały się „Principles of Geology“ Karola Lyella, które energiczną podjęły walkę z zasadą procesów gwałtownych w przyrodzie i rychło wpływ potężny i szeroki wywarły. Jeżeli w walce z teorją katastrof oparł się Hoff na rozbiorze krytycznym piśmiennictwa dotychczasowego, a Prévost na rozważaniach teoretycznych, to szkot Lyell wystąpił zbrojny w bezpośrednie obserwacje przyrody, które zebrał w licznych podróżach po różnych krajach Europy. Na podstawie swych dostrzeżeń starał się wykazać jednostajność sił niegdyś i obecnie działających, nie tylko co do świata nieorganicznego, ale także co do świata roślinnego i zwierzęcego, skreślił obraz zmywającej i poziomującej działalności wód bieżących, sprowadził powstawanie dolin do erozji przez wodę wywoływanej, wyjaśnił odkładanie się osadów wszelkiego rodzaju, przyznał też zakres szeroki niweczącej i budującej potędze morza i zwalczał naukę o kraterach podniesienia, tłomacząc obwałowania pierścieniowe jako szczątki dawnych stożków, przez nasypy wytworzonych; ostatni ten zresztą pogląd już w roku 1825 wypowiedział i szczegółowo uzasadnił Jerzy Poulett-Scrope (1797—1875) w wybornem swem dziele o wulkanach. W skutek takiego wystąpienia obu tych wielkich obserwatorów przeciw teorji Leopolda Bucha, tłomaczącej powstawanie kraterów przez ich podniesienie, zawrzał spór gwałtowny, w którym Prévost dobitnie stanął po stronie obu uczonych angielskich, gdy Elie de Beaumont i Dufrenoy uporczywie nauki o kraterach podniesienia bronili. Spór w pierwszej chwili przechylał się na korzyść Bucha, wkrótce jednak po śmierci tego wielkiego badacza, w skutek wznowionych ataków Lyella i Scrope'a, nastąpił zwrót przeciwny, na co wpłynęli liczni badacze, jak Jerzy Hartung poszukiwaniami swemi na Maderze, Azorach i Kanarach, Dana na wyspach

---

*) Wcześniej już podobne poglądy wypowiedział jasno i silnie Staszic, widokiem skał ojcowskich uderzony:

„Wszystkie te dawnych skalisk ostatki, a pod niemi nieraz stoi równie i podróżnik jak one osłupiały. Jak ten mały, jak ten jeszcze przy teraźniejszym ich ogromie prawie ponik (t. j. strumień) znikły mógł rozwalić, rozborzyć wszczątkową, tak twardą i razem się trzymającą skałę!

„Takie to są, do pojęcia trudne, we wszystkich działaniach natury, te wielkie skutki, przez najmniejsze jestestwa, przez niedościgłe żywiołów źdźbła spełnione, kiedy tych działalność tak bezustanną jak czas“.

„O ziemiorodztwie Karpatów i innych gór i równin“ (Warszawa, 1815).

Przyp. tłom.



Doldenhorn i Fründenhorn jako przykład powstawania gór przez podnoszenie się warstw.

Według fotografji Wiktora Sella w Biella.

Sandwiskich, Junghuhn na Jawie, Fouqué, Reiss, Stübel i Fritsch na Santorynie, a w ciągu dziesięcioleci następnych zdawało się, że cała ta sprawa przedstawia już tylko znaczenie historyczne, aż dopiero w czasie najnowszym, jak dalej jeszcze zobaczymy, dały się dostrzedz niejakie oznaki przechylania się ku poglądowi o gwałtownem działaniu siły wulkanicznej.

Jak teorja kraterów podniesienia jeszcze za życia L. Bucha zaciętych napotkała przeciwników, tak też działo się z teorją podnoszenia się gór. Lyell, który sam obserwował opisane już przez Leopolda Bucha powolne podnoszenie się wybrzeży Skandynawji, uważał zjawisko to za następstwo podziemnego rozgrzewania i wywoływanego ztąd rozszerzania się skał, nie on też przeciwko teorji tej wystąpił, ale szwajcar I. Thurmann (1804—55), który w ojczystych swych utworach jurajskich rozpoznał wyborny przykład góry fałdowej i tworzenie się fałdowań wyjaśnił nie przez podniesienie, ale przez przesunięcie boczne (1830). Do podobnego pomysłu zbliżyli się też Cordier i Prévost, którzy przyjęli, że przez ściąganie się kuli ziemskiej w skutek oziębiania się skorupy muszą się zmarszczki na jej powierzchni układać. W ten sposób dochodzimy do obecnie jeszcze panujących, nowoczesnych poglądów geologicznych, które w kwestjach przeobrażania powierzchni ziemi opierają się na pracach Lyella, w kwestjach zaś wulkanizmu na pracach Poulett-Scrope'a.

Przywykliśmy teraz do tego, że góry, jak się nam obecnie przedstawiają, uważamy za rezultat dwu wręcz sobie przeciwdziałających czynników: podniesień, obniżeń i fałdowań skorupy ziemskiej z jednej, a erozji, t. j. niszczącej i zmywającej działalności wody w postaci ciekłej lub stałej z drugiej strony. Zapewne, podniesienia i fałdowania gruntu nie ukazują się nam już teraz jako nagłe i gwałtowne akty natury, ale jako procesy nader powolne, tak powolne, że wyraźnie śledzić się dają jedynie na wybrzeżach morskich, gdy w okolicach lądowych byłby niezbędny długotrwały system kontroli przy pomocy poziomowania nader ścisłego, by w przyszłości można było stanowczo rostrzygnąć kwestję niedostrzegalnie drobnych zmian wysokości gruntu. Z tego też względu szczególnie ważnego znaczenia nabrało przesuwanie się wybrzeży, które w okolicach północnych zwłaszcza znaczny obszar obejmuje i daje się rozpoznać po osadach morskich, sięgających obecnie znacznej wysokości i wskazujących na ścianach skalistych i tarasach nadbrzeżnych dawne granice morza z czasów przedhistorycznych, linje te bowiem w ogólności uważane są za dowody podnoszenia się danego lądu. Jak na niektórych wybrzeżach wykazano ślady podnoszenia się, tak znów na innych dostrzeżone oznaki obniżania. Liczne obserwacje przekonały, że podnoszenia i obniżenia dokonywają się po części powolnie i stopniowo, po części wszakże też przeskokami, nagle, w skutek wybuchów wulkanicznych lub trzęsień ziemi. Jako przykład klasyczny takiego podnoszenia się i zniżania zwykło się przytaczać oddawna, zwłaszcza zaś od czasu dokładnego opisu Lyella, świątynię Serapisa w Puzzuoli pod Neapolem, której trzy pionowo stojące kolumny w pewnej wysokości ponad obecnym poziomem morza stoczone są

przez mięczaki świdrujące, co jasno dowodzi, że niegdyś poziom tego miejsca był niższy (o 6,3 metra) aniżeli obecnie, po zbudowaniu zatem świątyni miał miejsce okres obniżania, po którym okres podnoszenia nastąpił.

W jaki sposób dokonywa się właściwe powstawanie gór, tego w teraźniejszości obserwować nie możemy, czas bowiem, jakim rozporządzamy, jest zbyt ograniczony, a rzeczywiście zmierzone zmiany przy podniesieniach i obniżeniach, drobne przesunięcia się pionowe lub poziome wzdłuż szczelin przez trzęsienie sprowadzonych, które się przed oczyma naszemi otworzyły, są zbyt nieznaczne, by mogły nam dać obraz całkowitego procesu tworzenia



Wulkany pobratymcze Fuego i Acetenango w Gwatemali,
widziane z wulkanu Agua, którego cień pada z prawej strony.

się gór. Aby go więc zrozumieć, badać potrzeba budowę skorupy ziemskiej, stosunek wzajemny warstw między sobą, ich położenie i właściwości, i ztąd wnioski odpowiednie wysnuwać. Jak Hutton, Leopold Buch i Elie de Beaumont ze swych dostrzeżeń nad budową gór teorję ich podniesienia wywiedli, widzieliśmy to już wyżej. Skoro wszakże, najpierw przez Thurmanna, wypowiedziany został pogląd, że powstanie gór fałdowych wyjaśnione być może łatwiej ciśnieniem bocznem (przesunięciem poziomem), aniżeli pionowo z dołu działającem wyniesieniem, zaczęto rzecz całą z tej strony rozpatrywać, a zwłaszcza Albert Heim (1878) zdołał dowodnie wykazać, że Alpy są niewątpliwie sfałdowane, nawet w swem pasmie podstawowem. Najdokładniej

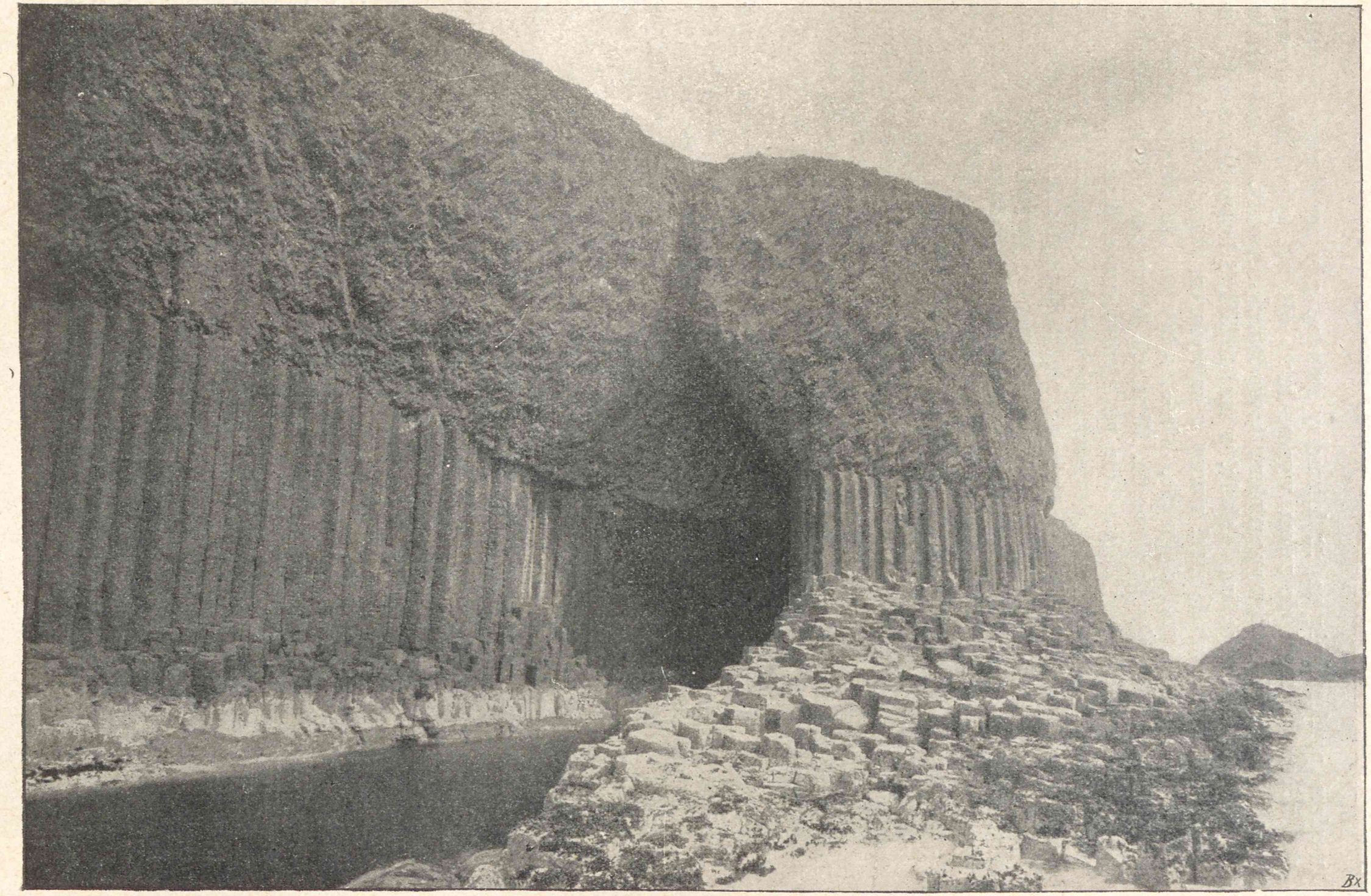
wszakże kwestją powstawania i przebiegu gór fałdowych zajął się Edward Suess, który we wspaniałem swem dziele „Oblicze ziemi“ („Das Antlitz der Erde“, 1883 i 1888) w treściwych i silnych rysach dał obraz rozmieszczenia i sposobu wytworzenia się najważniejszych utworów na powierzchni skorupy ziemskiej. Przebieg łukowaty gór fałdowych, rozwój niejednakowy obu zboczy, co już w r. 1860 dostrzegł F. Richthofen, piętrzenie się fałd jednych nad drugiemi ku stronie zewnętrznej pasma górskiego, niesymetryczny często rozkład pasów skalnych, wszystko to tłomaczy Suess tem, że przy tworzeniu się jakichkolwiek gór fałdowych warstwy przesunięte zostały



Krater powstały z zapadnięcia w głównym kraterze wulkanu Irazu (Costarica).
Według fotografji.

z jednej strony ku pewnej przegrodzie powstrzymującej, a to mianowicie od strony wewnętrznej ku zewnętrznej. Przegrodami takiemi być mogły pewne części skorupy ziemskiej, które dla swej sztywności opierały się fałdowaniu, wygięcie zaś fałd ku górze następować miało skutkiem zapadania się oddzielnych części skorupy ziemskiej, które, jakby kliny, rozrywać musiały części oboczne, by w głąb przedostać się zdołały.

Jak głęboko w ziemi fałdowanie warstw wierzchnich zachodzi, tego nie wiemy; natomiast ocenić się daje wielkość przesunięcia, jeżeli wyobrazimy sobie, że warstwy sfałdowane znowu rozpostarte zostały; tak np. Heim doszedł, że warstwy jury szwajcarskiej pod Genewą pokrywały przed sfałdo-



Słupy bazaltowe przy wejściu do groty Fingala na szkockiej wyspie Staffa.

Według fotografji.

waniem powierzchnię na 22 kilometry szeroką, gdy teraz zajmują tylko 16,8 kilometra, zsunięcie zatem wynosi tu 25 odsetek, gdy Alpy północne i centralne prawie o połowę pasa pierwotnego ściśnięte zostały. Ktokolwiek po raz pierwszy dostrzega twarde skały, w wielkie fałdy i drobne zmarszczki ułożone, temu wydawać się musi rzeczą w najwyższym stopniu zdumiewającą, jak to w ogólności stać się mogło, wiadomo bowiem, że ciała sztywne nie dają się zginać, ale ulegają złamaniu. W istocie też znaczna liczba pokładów skalnych łamie się przy fałdowaniu na nieprzeliczone okruchy, które następnie znów spajają się przedostającemi się tam substancjami mineralnemi, a zwłaszcza węglanem wapnia lub kwasem krzemnym; inne wszakże pokłady nie okazują żadnych zgoła śladów złamania, przynajmniej dla oka nieuzbrojonego, zkąd Heim wnosi, że w wysokiej temperaturze i pod ciśnieniem potężnem mogą się zachowywać, jak ciała plastyczne. Zbite skały krystaliczne pod ogromnym uciskiem stają się łupkowemi.

Góry fałdowe powstały w różnych czasach dziejów ziemi, a w Europie środkowej i zachodniej na długo przed wyniesieniem się Alp, które stosunkowo są górami młodemi, istniały wielkie pasma górskie, ale te powolnem działaniem erozji stopniowo zniesione zostały i obecnie zdradzają się jedynie nieznacznem już tylko wyniesieniem gruntu, budową wszakże warstw wyraźnie jeszcze ujawniają dawny swój charakter górski.

Mniejszą znacznie zawiłość, aniżeli fałdowania, okazują płaskie wypuklenia i wygięcia skorupy ziemskiej, przy których pokłady od pewnego punktu środkowego we wszystkich kierunkach opadają. Suess sądzi, że tworzą się skutkiem obniżenia całej okolicy otaczającej, Gilbert zaś dla pewnych gór przyjmuje, że pomiędzy pokłady skał w głębi ziemi wedrzeć się mogła ognisto płynna magma, a w ten sposób wysunąć się musiała w górę część skorupy, przypadająca ponad wtrąconemi i następnie zakrzepłemi masami wyrzutowemi, które otrzymały nazwę lakolitów. Gdy w ten sposób pasmom górskim charakter właściwy ich budowy nadaje pofałdowanie, a krainom wygiętym wypuklenie tylko kopulaste pokładów ziemskich, istnieje też znaczna liczba okolic, w których pierwotny układ poziomy warstw nie doznał zmiany żadnej, albo w mierze zgoła tylko nieznacznej zakłócony został; są to równiny, krainami stołowemi zwane. Często się też wszakże przytrafia, że na powierzchni ziemi wybija się znaczna chropowatość, jakkolwiek poziome położenie pokładów nie wydaje się tam wyraźnie zmienionem; ma to miejsce, gdy płaskie warstwy wskutek załamań rozpadają się na oddzielne bryły, a te dalej ulegają względem siebie przesunięciu w kierunku pionowym. Najczęściej bryły takie, ulegając działaniu siły ciężkości, przesuwają się ku dołowi, a przyjąć nawet możemy, że i oceany są to także tylko zapadłe części skorupy ziemskiej; głębokość mórz dozwala ocenić, jak daleko sięgać mogą podobne zapadania.

Przyczynę tych różnokształtnych i przeważnie nader zawiłych procesów w skorupie ziemskiej, które głównie planecie naszej powierzchniowe jej ukształtowanie nadały, starano się na różnych wykryć drogach, dotąd

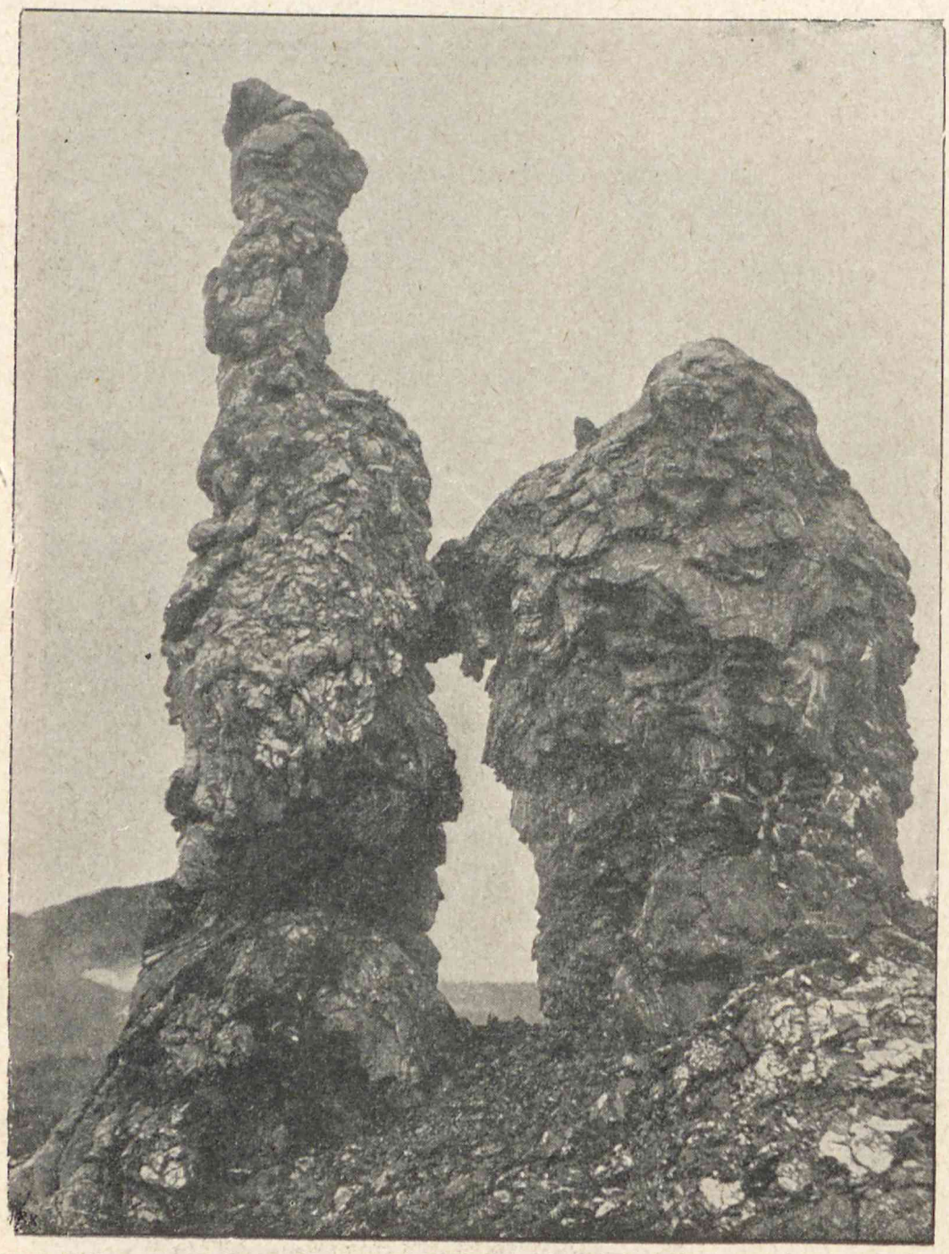


Pasożytne stożki wulkaniczne na Etnie (Sycylja).

Według fotografji Ledru Mauro.

jednak nie zdołano zdobyć wyjaśnienia zadawalniającego. Największe jeszcze uznanie zyskała hypoteza, która wszystkie te zawiłe zjawiska uważa za następstwo oziębiania i idącego za tem kurczenia się i marszczenia kuli ziemskiej. Podał ją najpierw James Dwight Dana (1813—95), a rozległe badania Alb. Heima i Ed. Suessa nad budową gór dały jej istotne poparcie. Teorja ściągania się ziemi polega na przypuszczeniu rozżarzonego jej jądra, które rozsyła ciepło w przestrzeń światową, a ztąd mniejszą przybiera objętość. Sama kora ziemska udziału w tem stygnięciu nie bierze, staje się więc ztąd zbyt obszerną dla kurczącego się wnętrza. Pod wpływem tedy siły ciężkości załamuje się sklepienie skorupy, a oddzielne jej głazy zapadają w głąb, albo też skorupa ziemi fałduje się wskutek potężnego ciśnienia bocznego i powierzchnię swą zmniejsza w takiej mierze, że przystosowuje się znowu do ściągniętego jądra.

Jeżeli z teorją tą zestawimy panującą jeszcze przed połową stulecia teorję Leopolda Bucha i Elie de Beaumont'a, przyjmującą podnoszenie się powierzchni ziemi, poznajemy łatwo, że w geologji utrwalił się zgoła odrębny bieg pojęć, duch nowy, żadnej już nieokazujący wspólności z zapatrywaniami, które popłacały w pierwszej połowie XIX wieku. Podobny też zupełnie zwrót poglądów nastąpił w kwestji wulkanów. Już w r. 1825, jak widzieliśmy, tłomaczył Poulett-Scrope budowę wulkanów przez usypywanie się materjałów wyrzuconych i spływające ponad niemi strumienie lawy, ale z większym naciskiem wrócił do tegoż samego przedmiotu w r. 1856 i 1859, torując niezbitemi dowodami drogę przeświadczeniu, że cała nauka o kraterach podniesienia polega na przypuszczeniach nie-



Utwory lawy obok krateru Kilauea na Hawai.
Według fotografji.

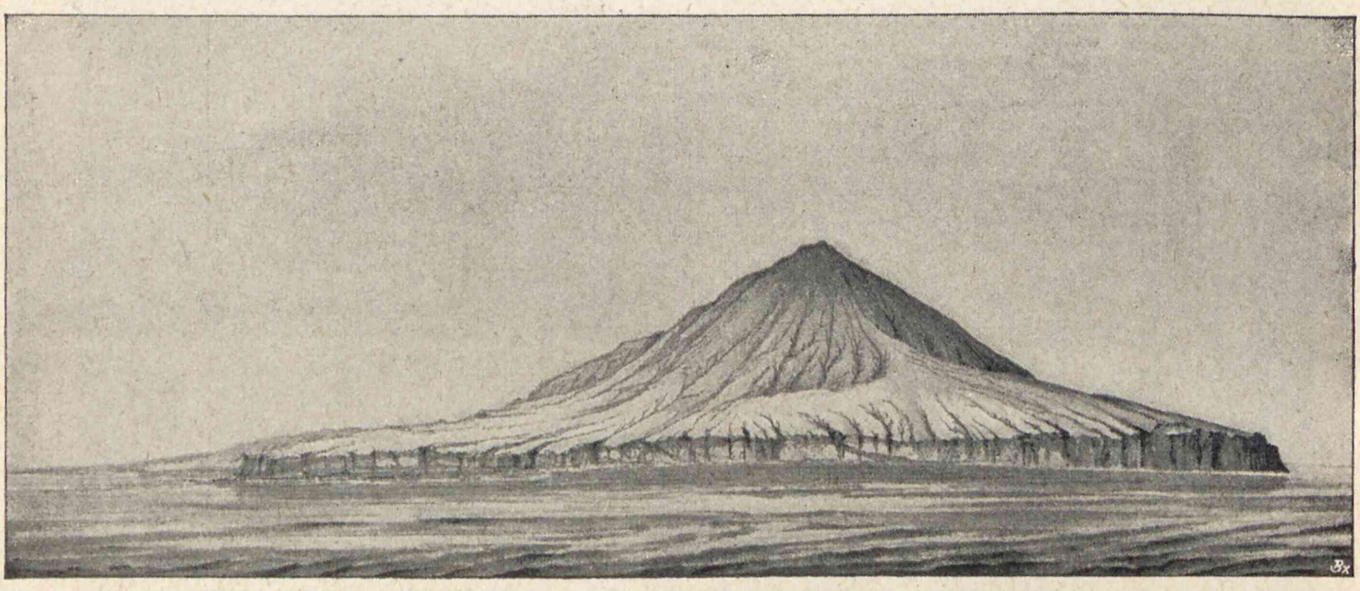


Wulkan Izalco w Salvadorze,
który w ciągu stu lat narósł o 800 metrów.
Według fotografji.

odpowiadających objawom rzeczywistym. Cios wszakże stanowczy teorji kraterów podniesienia zadała przyroda sama, gdy w 1866 r. nastąpił nowy wybuch wulkaniczny na Santorynie, a w szczególności na drobnej wyspie Nea Kaimeni. Wybuch ten podczas najwybitniejszych chwil swego przebiegu obserwowany był i opisany przez wybornych badaczów, a z dostrzeżeń ich okazało się ze wszelką pewnością, że nowe utwory lądowe powstać mogą bez wszelkiego podniesienia w rozumieniu L. Bucha, jedynie przez wytrysk płynnych mas lawy, przyczem lawa później się dobywająca dawną

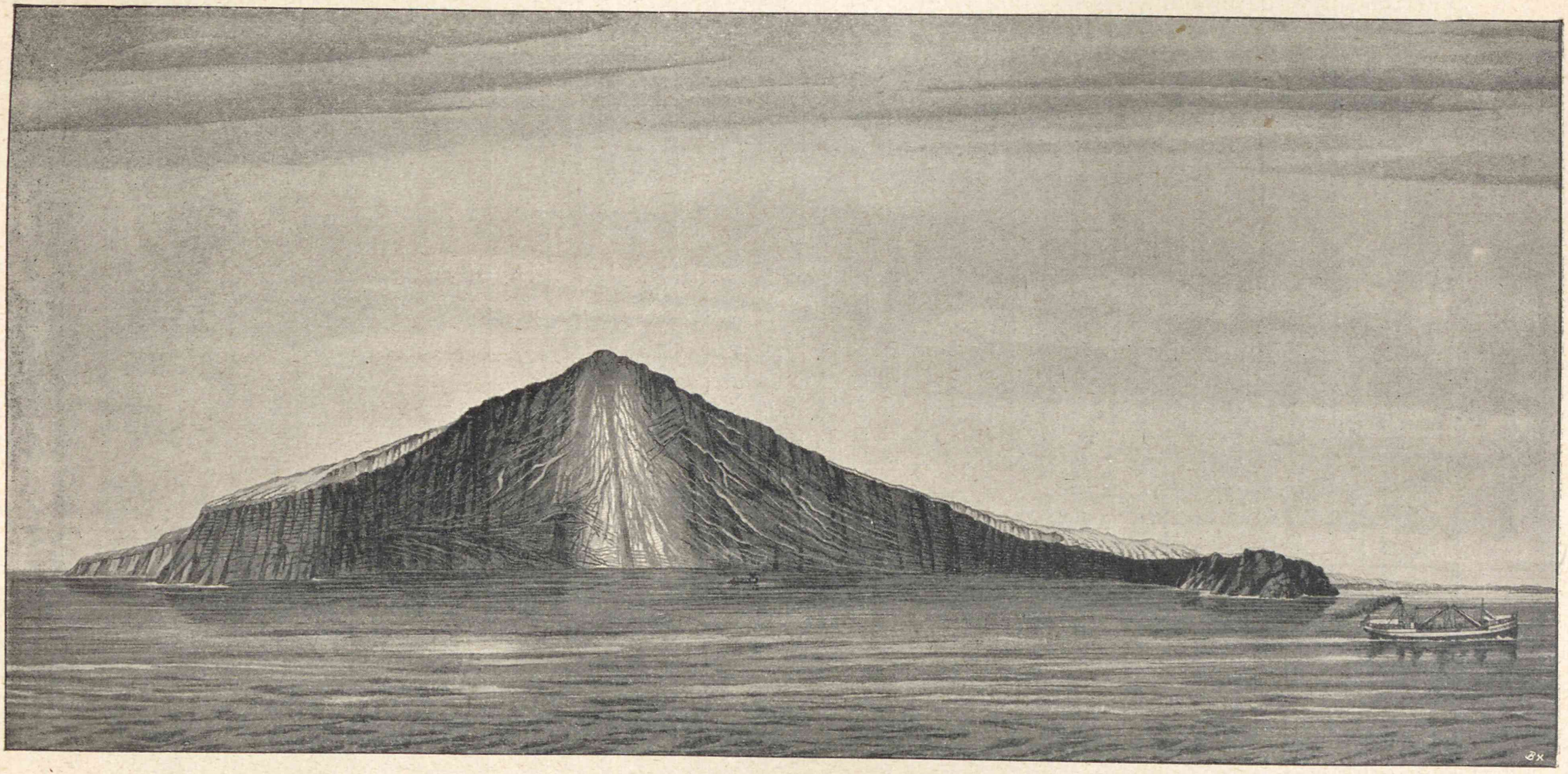
w górę i na boki usuwa. W Reiss i A. Stübel, którym najlepszy opis tego zbiorowiska wysp i ich objawów wulkanicznych zawdzięczamy, tak o tem piszą: „Własnemi oczyma widzieliśmy powstanie potężnej bryły z lawy utworzonej, sięgającej w niektórych miejscach na 200 metrów w górę i spadzistemi zboczami ograniczonej, która na swej powierzchni gdzieniegdzie zaledwie słaby rozwój żuzli przedstawiała, a bez żadnego zgoła stożka, z popiołu lub żuzli złożonego". Po wybuchu dopiero 18 lipca utworzyło się zagłębienie, mające formę krateru.

Ze wzrostem znajomości wybuchów wulkanicznych w krajach odległych zaczęto też pojmować, że objawy wulkaniczne w szczegółach swych i następstwach daleko są bardziej urozmaicone, aniżeli wydawało się jeszcze w początkach wieku XIX, gdy geologowie wiadomości swe wyłącznie prawie z południowo-europejskich gór ognistych czerpali. Zwłaszcza też za-



Wulkan Krakatau przed wybuchem 1883 roku.
Według „Albumu Krakatau" Verbecka.

kres wiedzy naszej o objawach wulkanicznych wzmogły znacznie badania geologiczne Islandji (Rob. Bunsen, Preyer i Zirkel, a niedawno Thoroddsen), wysp Sandwiskich (Dana i Dutton), wulkanów Ecuadoru (W. Reiss, A. Stübel i T. Wolf), wulkanów jawańskich (Junghuhn, a następnie Verbeck). Poznano wreszcie, jak doniosły wpływ na postać gór wulkanicznych wywiera rodzaj wybuchu. Jeżeli przeważa wyrzucanie popiołu, piasku i kamieni, powstają góry stożkowate, których postać zresztą w każdym razie w znacznej mierze zależy i od prądów lawy, spływających z krateru wierzchołkowego lub też ze zboczy; bardziej jeszcze przeinacza się postać, gdy na zboczach wulkanu rozwijają się drobne stożki wybuchowe (kratery pasożytne), które wyrzucają popiół lub lawę wylewają; kraterów takich posiada Etna około 900 (rys. na str. 113). Gdy stożki pasożytne grupują się najczęściej promieniście dokoła krateru głównego, to znów w innych razach zachodzi wędrówka głównego środka wybuchu w pewnym oznaczonym kierunku, zkąd powstają wulkany podwójne, potrójne, w ogólności bliźniacze czyli pobratymcze, których oddzielne ogniwa są jednorzędnego mniej więcej znaczenia. Tego ro-



Przecięcie wulkanu Krakatau w cieśninie Sundzkiej spowodowane przez wybuch 1883.

Według „Albumu Krakatau“ Verbecka.

dzaju wulkany bliźniacze szczególniej pięknie rozwinięte są w Gwatemali, a opisy ich podali najpierw K. Seebach (1865), A. Dollfus i E. Montserrat (1866).

Innego zgoła rodzaju i innej postaci są potężne wulkany na wyspie Hawai, którym zupełnie prawie wyrzutów sypkich nie dostaje, a góry utworzone zostały przez łatwo płynne masy lawy, które zbiegały jedne po drugich. W ten sposób przybrały postać płaską, tarczowatą, gdy przy wypływie lawy trudno płynnej, jak na Santorynie, tworzą się formy gór dzwonkowate. Wszystkie tego rodzaju wybuchy sprowadzić się dają do jednego otworu środkowego, są wszakże inne, które ze szczelin wychodzą. Tak na Islandji wielkie masy lawy wystąpiły ze szczelin wydłużonych i w postaci prądów lub powłok rozpostarły się po okolicy sąsiedniej; w r. 1783 na szczelinie Lakis, przeszło 24 kilometry długiej, utworzyło się około 100 kraterów, z których wyrzucone zostały popioły lub też spłynęły potoki lawy, a nad Lingisjohr odkrył Thoroddsen szczelinę na 30 kilometrów długą, „z której wylewało się kilka potężnych strumieni lawy bez kraterów w potężnych kaskadach. Góry na 1000 stóp przeszło wysokie wydawały się jakby bawidełka zgruchotane i do głębokości 400—600 stóp popękane“.

Ilości materjału z głębi na powierzchnię ziemi wyniesione są bardzo znaczne; wylewy przytoczonej wyżej szczeliny Lakis obliczył Thoroddsen na 12,3 kilometra sześciennego; masę popiołu i pumeksu, wyrzuconą przez Gunung Tambora na Sundzkiej wyspie Sumbawa w r. 1811, ocenia Junghuhn na 300 kilometrów sześciennych, a według Verbecka masy, które się wydobyły przy wybuchu wulkanu Krakatau wynosić miały 18 kilometrów sześciennych. A. Penck sądzi, że corocznie z wnętrza ziemi na jej powierzchnię przenosi się około 10 kilometrów sześciennych magmy, w połowie mniej więcej w postaci wylewów, w połowie zaś w materjale rozpylonym i porozrywanym. Tillo wykrył, że skały wybuchowe, które wystąpiły od początku okresu trzeciorzędnego zajmują obszar czterech miljonów kilometrów kwadratowych.

Jak niesłychanie rozmaitą być może postać gór wulkanicznych, tak samo też dzieje się z formą kraterów, o ile w ogólności istnieją, jako też



Ofiara przypływu wznieconego przez wybuch Krakatau.
Według „Albumu Krakatau“ Verbecka.



Zejście do krateru Poas (Costarica).
Według fotografji „Art Gallery“ w St. José de Costarica.

z samemi objawami działalności wulkanicznej. Gdy część przeważna kraterów wulkanicznych posiada proste formy lejków, kotłów lub talerzy, to znów, inne mają kształt szczelin, a inne jeszcze schodzą na wzór kominów lub szybów. Często też wpośrodku starego krateru, wskutek zapadów, wybuchów lub wyrzutów popiołu, tworzą się mniejsze, nowe kratery.

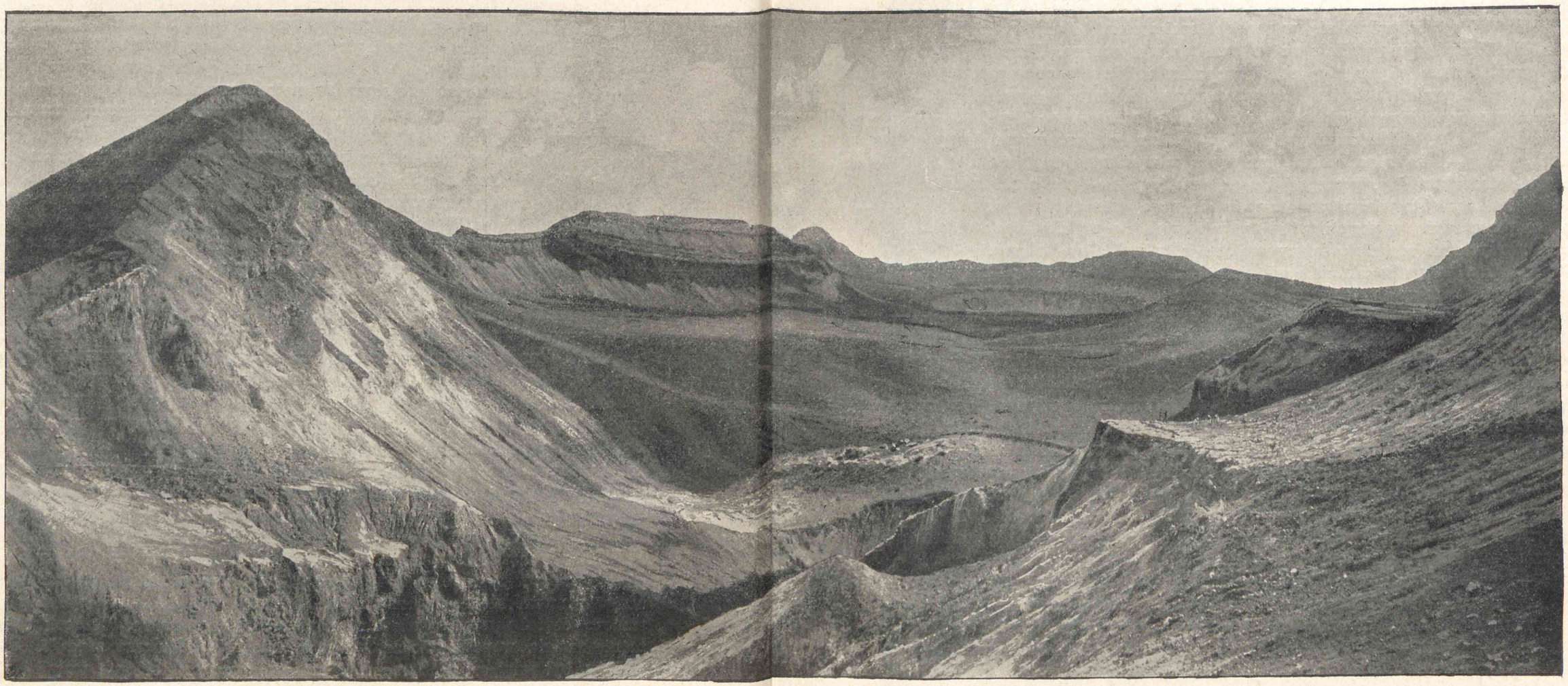
Nader rozmaitą jest wreszcie i działalność sił wulkanicznych. Wulkany Kilauea i Mauna Loa (4168 metrów) na wyspie Hawai posiadają kratery tarasami schodzące z dnem płaskiem zupełnie, które na pierwszym z tych wulkanów zajęte jest przez jezioro lawy (ob. dodatek kolorowy), gdy w kraterze Mauna Loa żarząca się lawa pokryta jest powłoką zakrzepłą. Gdy następuje wybuch, podnosi się masa ognista w kraterze i wypełnia go jeziorem żarzącej się lawy płynnej, z którego wydzierają się wytryski ogniste. Jeżeli ze zboczą góry wypływać może lawa łatwo płynna, to jezioro ogniste w głąb zapada; szczątki skorupy zakrzepłej zaznaczają, jako terasy, dawne poziomy jeziora. Tak spokojne wybuchy mają miejsce tam tylko, gdzie zawartość pary wodnej w magmie ognisto płynnej jest nieznaczna; jeżeli para znajduje się obficie, wybuchy następują z objawami eksplozji, magma nie spływa spokojnie, ale wyrzuconą zostaje w stanie rozpylonym, powstają wyrzuty popiołu. Stanowią one zwykłą działalność przeważnej części wulkanów, a niektóre góry ogniste, jak Stromboli na morzu Tyrreńskiem lub Sangay w Ecuadorze, czynne są nieprzerwanie z drobnemi tylko przerwami. Izalco w Salvadorze (str. 115), który według starannych poszukiwań Seebacha dopiero w roku 1793 tworzyć się począł, w ciągu okresu niewiele jedno stulecie przechodzącego, przez wybuchy popiołu i wypływy lawy, wzrósł w górę do względnej wysokości 800 metrów. W nieregularnych odstępach czasu, które niekiedy pięć minut zaledwie wynoszą, a niekiedy pół godziny lub całą godzinę trwają, wznosi się tam śród potężnego grzmotu podziemnego do wysokości 600—700 metrów szeroki słup popiołu, który się w nocy ognistym wydaje; części cięższe popiołu opadają na szczyt góry, tu i owdzie roztrącając się o wystające głazy, staczają się po powłoce stożkowatej i zwolna ją powiększają, gdy natomiast lżejsze części popiołu rozwiewają się, wiatrem unoszone. Nieraz także wyrywa się od czasu do czasu prąd lawy na zboczach góry i spływa zwolna ku dołowi, krzepnąc i stygnąc stopniowo.

W przeważnej części są wulkany przez czas długi zupełnie spokojne; gdy następuje wtedy wybuch, jest daleko gwałtowniejszy, aniżeli wybuchy gór ognistych, których działalność ujawnia się z pewną prawidłowością. W żywej pamięci naszego pokolenia przechowują się jeszcze wieści o potężnym wybuchu wulkanu Krakatau w ciśninie Sundzkiej w r. 1883; była to katastrofa, której rozległością dorównała jedynie przerażająca zagłada miasta St. Pierre na Martynice, sprowadzona wybuchem Mont Pelé w maju 1902. Dnia 20 maja 1883 wzbił się z Krakatau aż do wysokokości 11000 metrów niezmierny obłok dymu, który się w górze rozpostarł nakształt pinjoli; spadł deszcz popiołu, a na sąsiednim brzegu Jawy dało się uczuć trzęsienie ziemi i słyszano grzmot odległy. Objawy słabły zwolna, ale 26 sierpnia wzmogły się szybko do potęgi gwałtownej; popioły i bryły pumeksu padały w wielkich ilościach zwłaszcza na południowej stronie wyspy, dokąd je pędził wiatr panujący; góra grzmiała straszliwie, zapanowała noc najgłębsza, a błyskawice goniły jedna drugą w ciemności przygnębiającej. Nad ranem 27 sierpnia rozjaśniło się nieco, następnie znowu

zaległa ciemność zupełna; potężne masy popiołu, żuzli i pumeksu spadły na wyspy Sundzkie i na sąsiednie części Jawy i Sumatry; od brzasku rannego morze gwałtownie biło o brzegi, pieniące się bałwany rozlewały się po płaskich obszarach wybrzeża. O godzinie 10 przed południem olbrzymia fala, dosięgająca w niektórych miejscach 30 metrów wysokości, a wywołana straszliwym wybuchem góry, załamała się nad wybrzeżem, szerząc na niem spustoszenie i zagładę, zalała miasta, wsie i lasy, a zwaliska ich pokryła ogromną ilością ciemnego mułu; bryły pumeksu, zwłoki i drzewa unosiły się bezładnie w cieśninie Sundzkiej, potrącając się wzajemnie, a w takiem skupieniu, że parowce z trudem zaledwie gdzieniegdzie drogę torować sobie mogły; liczbę ludzi, którzy stracili życie, ocenione następnie na 40 000. Dnia 28 sierpnia rozjaśniło się znowu, wybuch stał się słabszy, a w ciągu września stopniowo ustał zupełnie. Gdy Verbeck w październiku 1883 zwiedzał widownię spustoszenia, przekonał się, że nietylko wyspa Krakatau uległa zupełnemu przeinaczeniu, ale i topografja całego otoczenia; utworzyły się dwie nowe wyspy, jedna rozległości 3, a druga 4 kilometrów kwadratowych, i dymiły jeszcze w skutek ciepła tworzących je wyrzutów wulkanicznych; obecnie zresztą wyspy te już znikły,—morze pochłonęło je znów rychło. Sąsiednie wyspy, Lang i Verlaaten, powiększyły się przez nasypy, drobna wysepka Poolsche Hoedje znikła zupełnie; samej wyspy Krakatau, która poprzednio, przed wybuchem, posiadała rozległość 33 1/2 kilometra kwadratowego, zatonęła przeważna część północna, a w jej miejscu wystąpiły głębie morskie 200—300 metrów; ruina dawnej wyspy obejmowała jeszcze tylko 10 1/2 kilometra kwadratowego, przez nasypy wszakże wulkaniczne i napływy otrzymała nowy przyrost, wynoszący 5 kilometrów kw. Ilość wyrzutów była tak znaczna, że na rozległości 12 kilometrów dokoła wulkanu usypały warstwy grube na 20—40 kilometrów, zkąd w niektórych miejscach uczyniły morze niedostępnem dla wielkich okrętów. Gdzie się podziały zatracone części wyspy, powiedzieć z pewnością nie można; Verbeck sądzi, że nie została w powietrze zdmuchnięta, ale w głąb morza zapadła. Uderzający był przy całym tym potężnym wybuchu brak silnych trzęsień ziemi, dopiero bowiem 18 września, już po wybuchu zatem, nastąpiło silne wtrząśnienie południowego wybrzeża prowincji Bantam na Jawie.

Eksplozja 27 sierpnia dostrzedz się dała na całej kuli ziemskiej, wzbudzona bowiem przez nią potężna fala morska, chociaż szybko z oddaleniem słabła, ujawniła się we wszystkich oceanach; rozprzestrzeniła się też dokoła ziemi silna fala powietrzna, a drobne cząstki popiołu rozwiały się po okolicach najodleglejszych i w listopadzie 1883 wywołały w Europie wspaniałe zorze wieczorne czyli łuny zmierzchowe, których opisy i rysunki w innem miejscu podane będą.

Jeżeli przy wybuchu Krakatau i w ogólności przy większej części wybuchów wulkanicznych główną rolę odegrywają eksplozje pary wodnej, to w niektórych razach mogą one stanowić całą prawie treść wybuchu wulkanicznego. Tak dnia 15 lipca 1888 r. w 15—20 eksplozjach wyrzucone zo-



Krater wulkanu Turialba (Costarica).

Według fotografji „Art Gallery“ w S. José de Costarica.

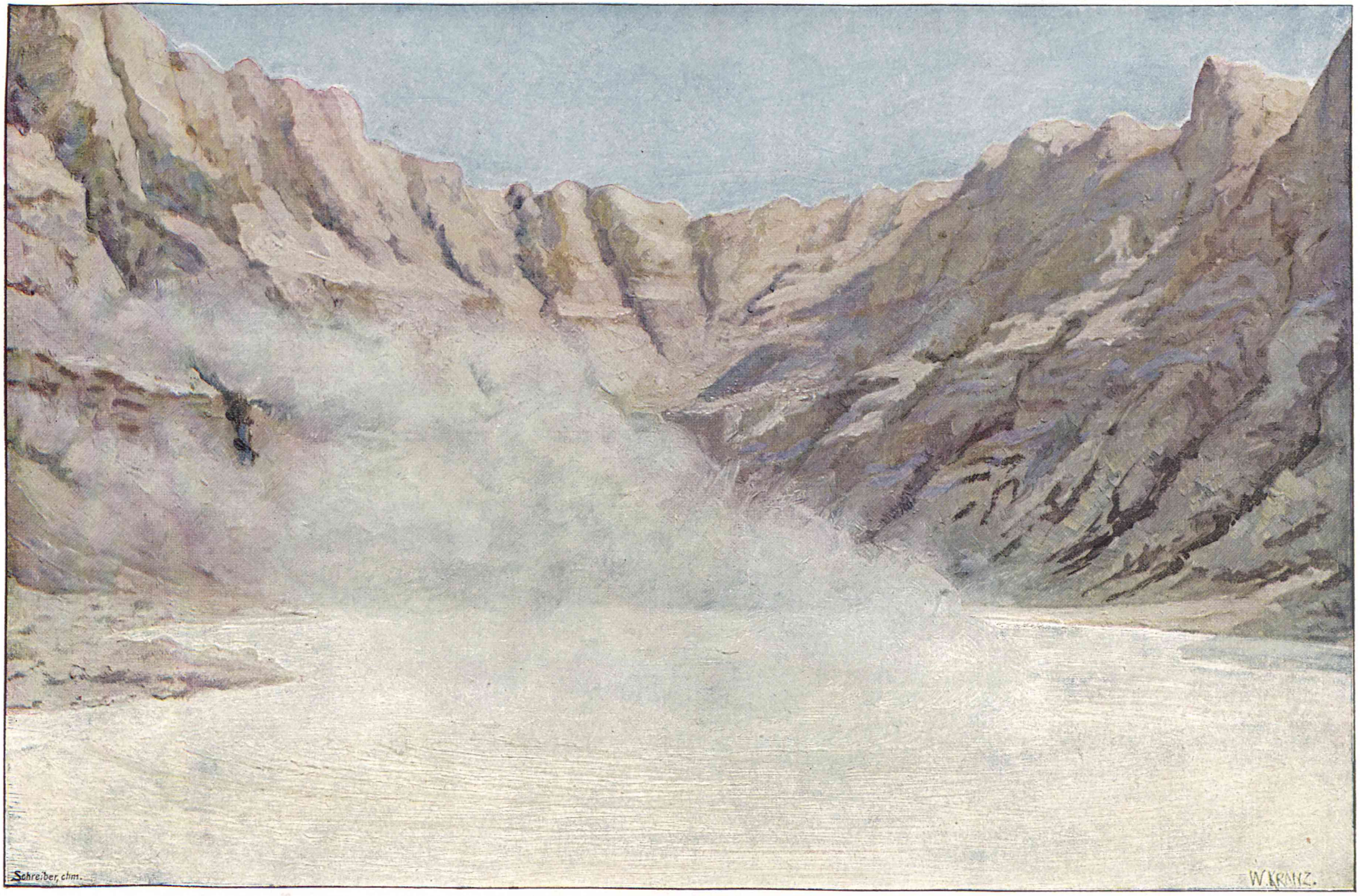
stały z wulkanu Bandai-San w Japonji niezmierne ilości pary, a zarazem znikł szczyt góry, który według badaczy japońskich, Sekiya i Kikuszi, został odrzucony, rozproszył się w potężny prąd rozsypisk i pokrył powierzchnię około 70 kilometrów kwadratowych. Zamiast szczytu znajduje się tam teraz zagłębienie, „krater wybuchowy“. W niektórych obszarach wulkanicznych, jak na płaskowzgórzu Eifel, napotykają się zagłębienia owalne lub okrągłe, zwane kraterami kotłowemi, których pochodzenie przypisuje się zwykle podobnym wybuchom; prawdopodobnie jednak część pewna przynajmniej takich utworów, nieraz malowniczych i jeziorami zdobnych, powstać mogła przez załamanie.

W warunkach szczególnych przebieg wybuchu wulkanicznego przyjmuje też charakter szczególny. Jeżeli ognisko wybuchu przypada pod powierzchnią wody, poznajemy wybuchy często jedynie ze słupów dymu wznoszących się z morza, z woni siarkowej, lub też z pumeksu, obficie się na powierzchni wody unoszącego. Jeżeli wybuch ma miejsce z wulkanu pokrytego śniegiem lub lodnikiem, to wypływająca lawa stopić może śnieg i lód, co sprowadza silne zalewy górskie, jakie spowodował wulkan Cotopaxi w Ecuadorze i Batnajökul na Islandji. Potoki natomiast mułu, które wysłał Gunung-Gelungul na Jawie 1882 r., powstały według poszukiwań Junghuhna z przelania się jezior, zapełniających kratery.

W sposób odrębny i imponujący kształtują się słabe wybuchy regularne pewnych wulkanów, których kratery mieszczą w sobie kotliny jezior, a niestartemi rysami wryło się w pamięci mej wspaniałe widowisko, jakie mi się nastręczyło przy wejściu na wulkan Poa w Costarica. Przez godziny całe przedzierałem się na górę ze swym przewodnikiem i ze swym tragarzem przez wspaniałe i bujne lasy; wreszcie stoki stały się łagodniejsze, wstąpiliśmy na polanę alpejską i dostrzegliśmy zarazem po lewej naszej stronie wielką, wybieloną równinę, zupełnie roślinności pozbawioną; jeszcze kilka kroków — i ze zdumieniem stanęliśmy w wysokości 2500 metrów na brzegu potężnej kotliny, tworzącej krater, w którym na dnie, o 230 metrów poniżej naszego stanowiska, rozpościerało się małe jezioro, białe jak mleko; jezioro pozostawało w powolnym ruchu wirowym i wysyłało lekkie obłoki pary; niesłychanie spadziste ściany krateru były wybielone i bez wszelkiej roślinności, a wszystko składało się na obraz wspaniały, pełen dzikiej powagi, którego szare i białe odcienie nader osobliwie wybijały się na tle ciemnej zieleni otoczenia lesistego. Gdy spoglądaliśmy jeszcze w zdumiewający kocieł, dostrzegliśmy nagle, że obłoki czarnego mułu wzniosły się wpośrodku mlecznego jeziora, dosięgły jego powierzchni i wzbiły się ostatecznie z przytłumionym szumem na wysokość 5—7 metrów, dokoła zaś tego wytrysku rozbiegały się prawidłowe fale kołowe, rozbijające się rychło o dziwacznie nastrzępione brzegi jeziora mlecznego. Widok ten trwał minutę może, następnie zaraz usłyszeliśmy huk gwałtowny, a współcześnie cały już krater wypełniony był olbrzymim, białym obłokiem, który w górze porwany został wiejącym tam pasatem i uniesiony daleko ku południo-zachodowi, bieląc na drodze swej skały i tamując rozwój jakiejkolwiek roślinności. Zwolna przeszedł ten dym niezmierny i znów cicho leżało u stóp naszych jezioro mleczne w lekkim ruchu kołowym, by w nieregularnych odstępach czasu, co ½—1 godziny, toż samo zjawisko powtarzać. (Ob. dodatek kolorowy).

Nie bez mozołu zeszliśmy do jeziora po nader stromych ścianach krateru, pokrytych bruzdami, przez potoki wody wyżłobionemi; wtedy mogłem stwierdzić, że jezioro zawiera wodę silnie zakwaszoną, a mleczną swą barwę otrzymuje od siarki rozdrobnionej. Temperatura wody jeziora wynosiła 51 stopni (6 marca 1899). W czasach większego wzburzenia temperatura znacznie się podnosi, a wytrysk mułu staje się słupem wysmukłym, który w r. 1888 i 1889 wzbijał się niekiedy wyżej nad 60 metrów. Całe to zjawisko należy do kategorji gejzerów, przyczem czarny muł, od dna odrywany, tworzy uderzający kontrast barwny z bielą jeziora.

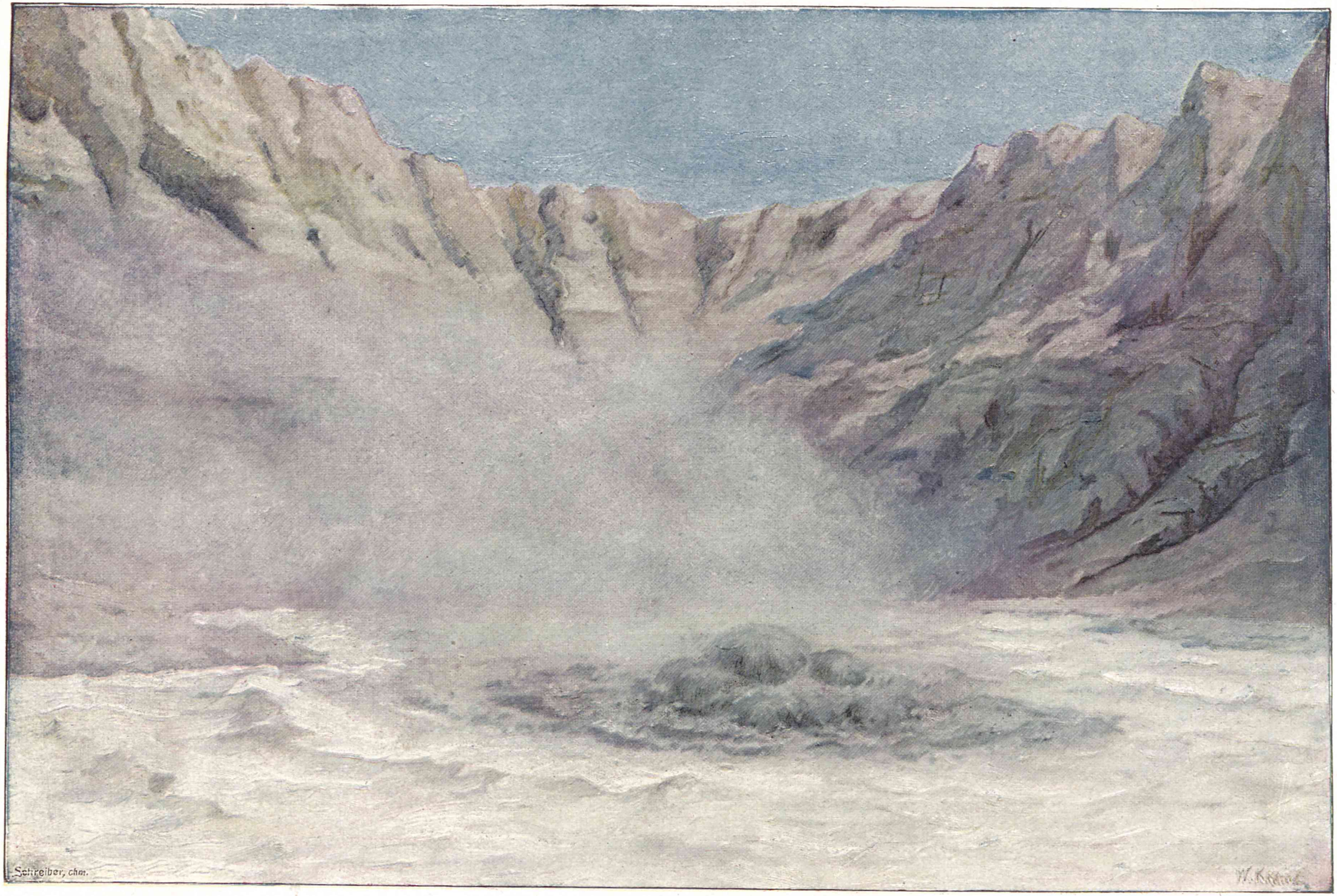
Gdy znaczna liczba wulkanów w dłuższych lub krótszych odstępach czasu potężnym ulega wybuchom, a inne często przez czas długi trwają w działalności niezbyt silnej, to wszakże część ich przeważna, odkąd pamięć ludzka sięga, pozostaje w zupełnym spokoju i ujawnia słabe jedynie dowody życia wewnętrznego przez wytryski siarkowe, jak w Solfatarze pod Puzzuoli, przez wyziewy kwasu węglanego (mofety), kwasu bornego i innych gazów, lub przez wywiązywanie pary wodnej.



Jezioro siarezane w kraterze wulkanu Poas (w stanie Costarica).

Obraz W. Kranza według oryginalnego szkicu profesora Sappera.

1. Jezioro w stanie spokoju.



2. Wybuch mułu w pośrodku jeziora siarczanego.



3. Koniec wybuchu mułu przez eksplozję pary nagromadzonej.



Wybuch Wezuwjusza 15 czerwca 1794.

Według miedziorytu z dzieła M. A. d'Onofrio „Ausführlicher Bericht über den Ausbruch des Vesuv" Drezno, 1795.

Zupełnie zadawalniającego wyjaśnienia zjawisk wulkanicznych dotąd osiągnąć nie zdołano, a stosownie do zapatrywania się różnych badaczy na naturę wnętrza ziemi były też różne poglądy ich na naturę tych objawów. Według Poulett-Scrope'a znajdują się wszystkie wulkany na szczelinach i utworzyły się stopniowo przez gromadzenie się sypkich materjałów lub przez wypływ lawy, albo też przez połączoną działalność obu tych czynników; skoro zamykają się kanały łączące wnętrze ziemi z jej powierzchnią, wulkany wygasają, w przeciwnym razie pozostają czynne. Podziemna, gorąca magma skalna przepełniona jest wodą; gdy więc działaniem wewnętrznego ciepła ziemi temperatura tej masy wzrasta, rozwija się para wodna pod wysokiem ciśnieniem, która sprowadza trzęsienia ziemi, niekiedy też szczeliny w jej skorupie, a wreszcie wybuchy; wulkany służą tedy jako klapy bezpieczeństwa, które otoczenie swe od niszczących trzęsień ochraniają. Gdy następnie nieraz przypisywano ziemi jądro stałe, starano się objawy wulkaniczne sprowadzić do działań mechanicznych. Volger (1857), Fr. Mohr (1866) i Robert Mallet (1873) przypuszczali, że praca mechaniczna, wykonywana we wnętrzu ziemi przez zapadania i ciśnienia, przeobrażać się musi w ciepło, które jest w stanie topić skały zgruchotane; przy dostępie wody stopione te masy skalne wyrzucone być mogą w górę z objawami eksplozji, a w ten sposób powodują wybuchy wulkaniczne. Teorja ta, choć dostatecznie uzasadniona, stronników zjednać sobie nie zdołała, przemawia bowiem przeciw

niej już względna jednorodność law wypartych. Ed. Suess i Prestwich przyjmują natomiast wyciskanie magmy przez ruchy skorupy ziemskiej, gdy Dana i wielu innych znajdują w parze wodnej siłę, która lawę podnosi i objawy wulkaniczne wywołuje. Zwolennicy tej nauki powołują się zwykle na okoliczność, że przeważna liczba wulkanów przypada w pobliżu morza (ob. kartę kolorową), co ich upoważnia do wniosku, że morze zasila wodą ogniska wulkaniczne i wybuchy sprowadza. Liczne wszakże podróże ostatnich czasów wykazały, że także i we wnętrzu Afryki i Azji, zatem zdala od morza lub od wielkich jezior, występują góry ogniste, objawy zatem wulkaniczne mogą być niezależne od wielkich zbiorowisk wody. Chociażby zresztą woda nie zawierała się w magmie, jako pierwotna już część składowa tej masy, obecność jej mogłaby dostatecznie się tłomaczyć przez sowicie przesiąkające deszcze.

Szczegół ten, że wiele wulkanów znajduje się w pobliżu morza, zwłaszcza na skrajach oceanu Spokojnego, tłomaczono tem najczęściej, że w tych pasach, gdzie skorupa ziemska kruszeniu i załamaniu ulegała, wulkany mają najkorzystniejsze warunki swego powstawania, tam bowiem opór skorupy jest najsłabszy, a takie właśnie pasy załamania znamionują brzegi wielkich zagłębień oceanicznych. Sądzono w ogólności, że wulkany co do swego tworzenia się i rozprzestrzenienia zależą zupełnie od budowy pasm górskich i że wzniosły się na istniejących już szczelinach, a obecnie jeszcze pogląd ten znajduje bardzo wielu obrońców; W. Branco przez zbadanie „125 zarodków wulkanicznych Szwabji“ wykazał, że drobne te utwory wulkaniczne nie są prawdopodobnie zależne od szczelin, ale każdy oddzielnie skutkiem eksplozji przebił sobie przewód w potężnych płytach skalnych jury szwabskiej. Ponieważ zaś A. Daubrée dał dowód doświadczalny, że gazy pod wysokiem ciśnieniem posiadają wielką siłę przebijającą i skałę przewiercać mogą, jak pociski broni palnej, hypoteza Branca zyskała wielu stronników.

Jakkolwiek więc nie można powątpiewać, że jest wiele wulkanów bezładnie rozrzuconych i od jakichkolwiek szczelin ziemskich zgoła niezależnych, to z drugiej strony zaprzeczyć również niepodobna, że liczne inne wulkany rzeczywiście uporządkowane są w szeregi. Tak ze szczytu Momotombo w Nicaragua lub ze szczytu Santa Maria w Gwatemali dostrzegałem znaczną liczbę wulkanów, wznoszących się jedne za drugiemi w prostej lub niewiele tylko powyginanej linji, gdy na prawo i na lewo względem tego szeregu nie ukazywał się żaden zgoła komin wulkaniczny. Wobec faktów takich zgodzić się trzeba, że podobne uporządkowanie nie może być dziełem przypadku, ale koniecznie mieć musi przyczynę uzasadnioną. Czy zaś jako źródło tego objawu wyobrażamy sobie szczelinę kory ziemskiej, która się ku górze nie otworzyła, ale ku dołowi sięga aż do ogniska magmy, czy też przyjmujemy wązki, wstęgowaty pas słabego oporu skorupy ziemskiej, jest to rzecz dosyć obojętna.

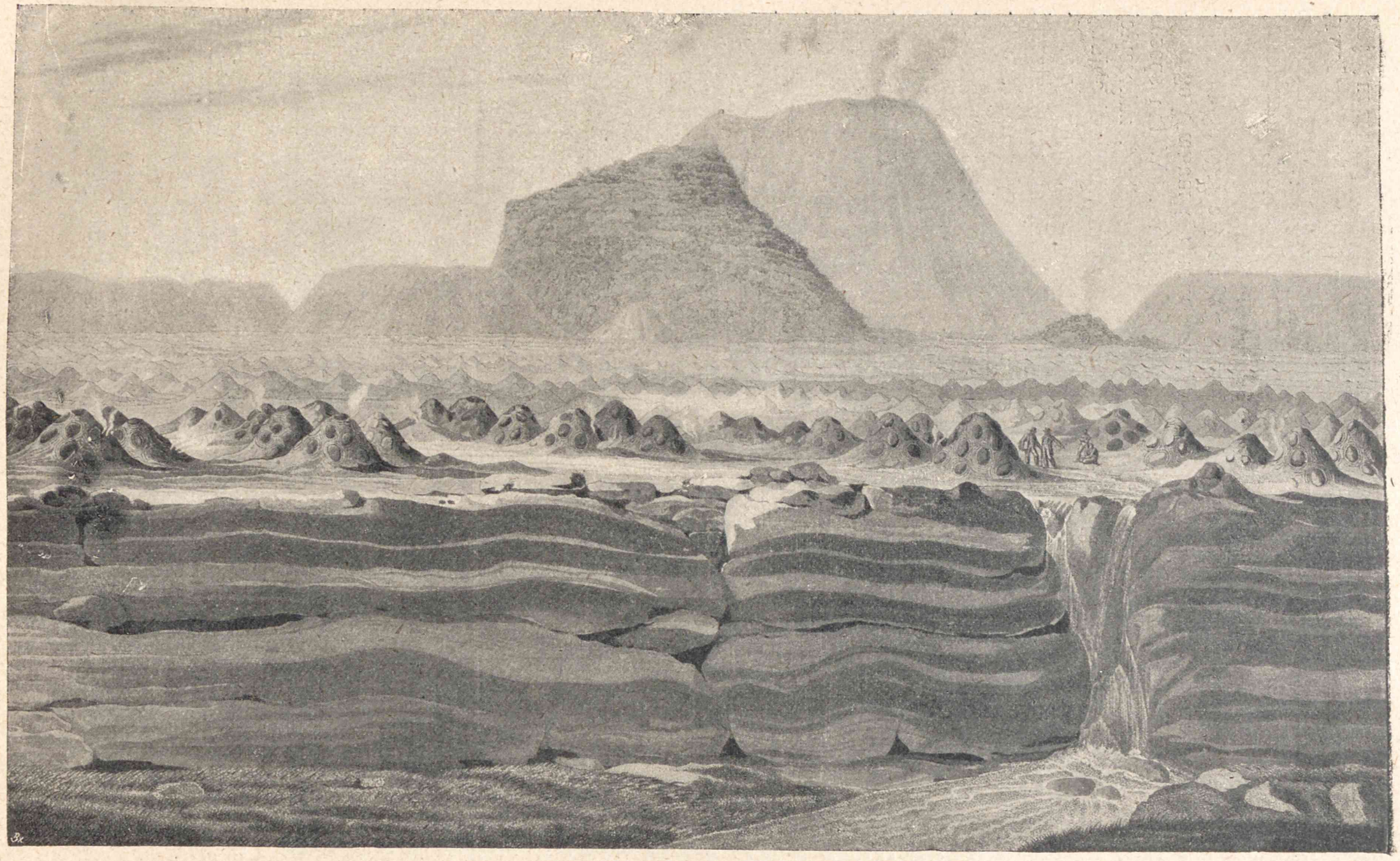
Chociaż też przy wybuchach wulkanicznych najczęściej para wodna

Wulkany czynne

Rozmieszczenie wulkanów na ziemi

według Guillemin'a „Le monde physique", Paryż 1885.

Wulkany wygasłe



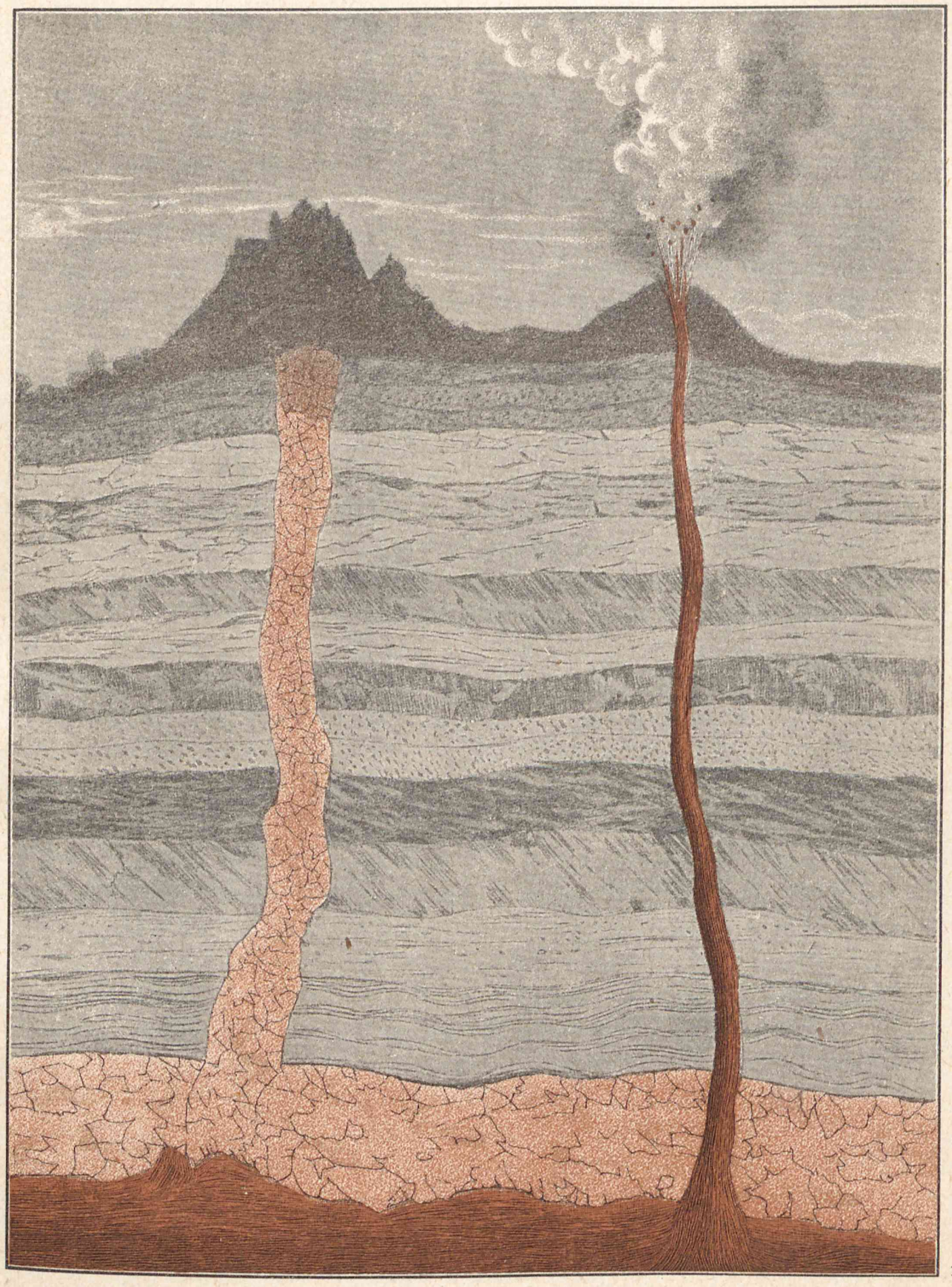
Wulkan Jorullo w Meksyku, jako przykład w nowszych czasach powstałego krateru.

Dokoła potężnego krateru głównego, który się utworzył w nocy 29 września 1759, rozłożone były całe tysiące drobnych utworów wulkanicznych postaci stożkowej (hornitos), które obecnie już znikły.

Według rysunku Aleksandra Humboldta z 1804 roku.

doniosłe ma znaczenie, a ztąd przez wielu za główną ich przyczynę jest uważana, to jednak tłomaczenie takie nie wystarcza dla wybuchów lawy, w tym bowiem razie para wodna wpływu zgoła nie wywiera. Dla tego też Dana sądzi, że przyjąć należy działanie innej siły podnoszącej, niezależnej od prężności pary wodnej.

Podnoszącą te siłę, a zarazem też i główną podnietę całego ogółu objawów wulkanicznych, znajduje Stübel w rozszerzaniu się magmy ognisto-płynnej, któremu ulegać ma w przebiegu swego zastygania. W ten sposób utworzył się pancerz (str. 68), który się rozpostarł po pierwotnej, zakrzepłej skorupie ziemskiej, a przez działania podobne należy też tłomaczyć objawy wulkaniczne na powierzchni ziemi: Pozostałości ognisto-płynnej magmy znajdują się wewnątrz pancerza ziemi w znacznej jeszcze ilości, ale w przestrzeni szczupło ograniczonej, a gdy magma zawarta w takich ogniskach „obwodowych“, czyli bliskich powierzchni ziemi, przechodzi w stan powiększania swej objętości, sprowadza wybuchy wulkaniczne. Stübel sam w dziele swojem „Wort über den Sitz der vulkanischen Kräfte in der Gegenwart“ (1901) tak o tem mówi: „Za przyczynę wszelkiej działalności wulkanicznej, uwzględniając ściśle hypotezę Kanta i Laplace'a, uważać należy proces stygnięcia, jaki przebiegła ognisto-płynna materja wnętrza ziemi i jaki przebiega jeszcze, by wreszcie zakrzepnąć zupełnie. Wraz z krzepnięciem materji siła wulkaniczna gaśnie: masa ognisto-płynna jest przeto sama źródłem siły wulkanicznej! Wyrzucanie magmy ognisto-płynnej z wnętrza ziemi na jej powierzchnię ujawnia się jako następstwo niezbędne procesu zastygania. Wyrzucanie to jest faktem niezaprzeczalnym, potwierdza się obserwacją bezpośrednią; wszystkie utwory wulkaniczne, a zwłaszcza wielka liczba nieczynnych gór wulkanicznych w obec nader drobnej liczby wulkanów czynnych, dają tego dowód, podobnież, jak i zachowanie się wszystkich istniejących jeszcze ośrodków wybuchowych. Jakie procesy fizyczne i chemiczne wywołują najistotniejsze zjawiska wybuchowe, chwilowe mianowicie wyrzucanie magmy ognisto-płynnej, tego dotąd stanowczo wykazać nie zdołano, bardzo wszakże prawdopodobnie ma to źródło swe w zmianach objętości, które przy każdym procesie stygnięcia zachodzą. Że z przejściem materji ze stanu ognisto-płynnego do stałego łączy się zmniejszanie objętości, można to uważać za rzecz dostatecznie uzasadnioną, niemniej jednak przyjąć można z prawdopodobieństwem jak największem, że w przebiegu zastygania magmy ognisto-płynnej następuje też faza molekularnego powiększania się objętości, które połączone być może z ujawnianiem się niezmiernej i wciąż wzmagającej się siły, a ta właśnie faza powoduje chwilowe wyrywanie się ognisto-płynnej materji. Do tych gwałtownych wszakże wybuchów niemniej zapewne przykłada się i drugi czynnik, a mianowicie niewątpliwie wykazana nader znaczna zawartośc gazu w materji ognisto-płynnej. Gdy przez powolne wywiercenie ujścia na powierzchnię ziemi zmniejsza się ciśnienie, jakie w głębi magmę obciąża, gaz uchodzący sprawia istne pienienie się, a zdolność tę bezwarunkowo przyznać należy materji ognisto-płynnej pomimo



Przecięcie idealne skorupy ziemskiej

z przewodami łączącemi rozżarzone wnętrze ziemi z powierzchnią. Na lewo góra utworzona przez wytrysk i zakrzepnięcie masy skalnej, na prawo wulkan czynny. Nazwy na prawym brzegu oznaczają najważniejsze pokłady, a zarazem i okresy tworzenia się skorupy ziemskiej, o których mowa w następnym rozdziale (str. 169 i nast.).

Według Emila Witha „L'Écorce terestre„, Paryż, 1874.

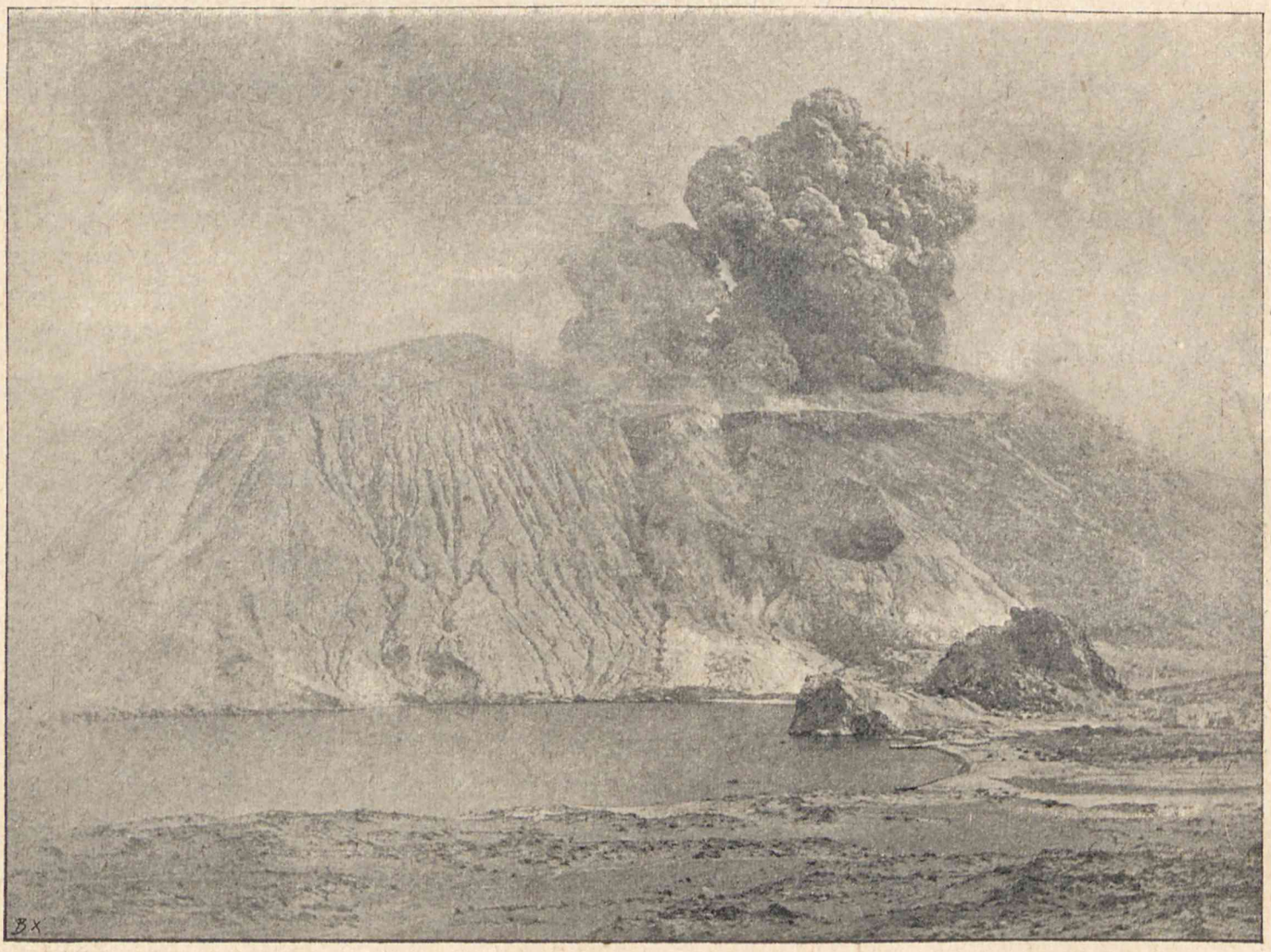
znacznego jej ciężaru właściwego, ponieważ jest ściśle gazem przejęta, co nawet i w zakrzepłym jej stanie jeszcze wykazać się daje. Zdolność ta nagłego wzburzania prowadzi znów za sobą zdolność również nagłego ściągania się materji, skoro część gazu swego traci. Zdolność zaś rozprężliwości ma i ztąd ważne znaczenie dla wewnętrznej budowy skorupy zakrzepłej, że przy każdem zmniejszaniu się ciśnienia, wywieranego na magmę w głębi ogniska, koniecznie działanie swe ujawniać musi, a ztąd zgoła niemożebne jest powstawanie obszarów pustych przy wytrącaniu magmy ognisto-płynnej. Nadto zdolność ta rozszerzalności prowadzi do wniosku, że magma pozostająca w głębi pod niezmiernem ciśnieniem posiada daleko wyższy ciężar właściwy, aniżeli wynikający z niej produkt zakrzepły, jakkolwiek znaczną wydaje się nam jego gęstość.

„Chociaż nie poddawano dotąd badaniom doświadczalnym zachowania się materji ognisto-płynnej pod względem obu tych jej własności, jej rozszerzalności molekularnej i rozprężliwości jej gazów, ani rozważanych oddzielnie, ani też we współdziałaniu wzajemnem, twierdzić jednak stanowczo możemy, że objawy wulkaniczne we wszystkich swych szczegółach na podstawie takiego zachowania się materji w sposób najbardziej zadawalniający wyjaśnić się dają. Przypuszczenia tego wszakże tak tylko długo trzymać się pragniemy, aż wykazana będzie jego niesłuszność albo też lepiej uzasadnione wyjaśnienie będzie je mogło zastąpić“. W innem zaś miejscu daje Stübel takie wyjaśnienie: „Pierwsze rozbudzenie się ogniska obwodowego, jak się zdaje, jest zawsze połączone z objawami gwałtownemi, wszystkie zaś dalsze objawy działalności tegoż samego ogniska ustępują im znacznie w swem natężeniu, a ztąd pochodzi, że góra, jaką w ogólności dane ognisko wytworzyć może w ciągu całego okresu swej działalności, już przy tem pierwszem jego rozbudzeniu jest zupełnie prawie w budowie swej ukończona. Większość wszystkich ognisk obwodowych jednym tylko, jedynym wybuchem wyczerpała się już na zawsze. Ztąd to pochodzi niezmierna liczba wygasłych gór wulkanicznych wszelkich wymiarów“. W innych natomiast górach zachodzić ma długa „przerwa pierwszego wyczerpania“, następnie wszakże w drugim wybuchu tworzy się łatwo przenikliwy szyb komunikacyjny, „który dopuszcza, że nader już podrzędne procesy w ognisku za jego pośrednictwem ujawniają się na powierzchni. Dowód takiej dwukrotnej działalności głównej wielu ognisk mamy w tworzeniu się gór podwójnych typu Sommy Wezuwjusza (ob. rys. na str. 103), który dobitnie powtarza się w różnych obszarach wulkanicznych ziemi“.

Oryginalna ta i dobrze rozwinięta teorja wulkanów, przez Stübla podana, napotkała w sowitej mierze zarówno stronników jak i przeciwników, a czuć się już daje w powietrzu, że może się ztąd spór zacięty rozwinąć. Punkt najsłabszy teorji Stübla dostrzegają jej przeciwnicy w tem, że dowieść tego zgoła nie można, czy rzeczywiście magma przy stygnięciu przechodzi przez pewną fazę rozszerzalności, a skoro kwestja ta nie daje się w sposób niewątpliwy drogą doświadczalną rozjaśnić, trudno też będzie spór roz-

strzygnąć stanowczo na korzyść tej teorji, lub przeciw niej. Najdonioślejszego w teorji Stübla znaczenia jest ustęp, który powstawanie pewnych form gór wulkanicznych sprowadza do gwałtownego i jednorazowego wybuchu, gdy według poglądu Poulett-Scrope'a nazwyczajono się widzieć w nich utwory, które powstały przez powolne usypywanie się lub wielokrotne wypływy lawy.

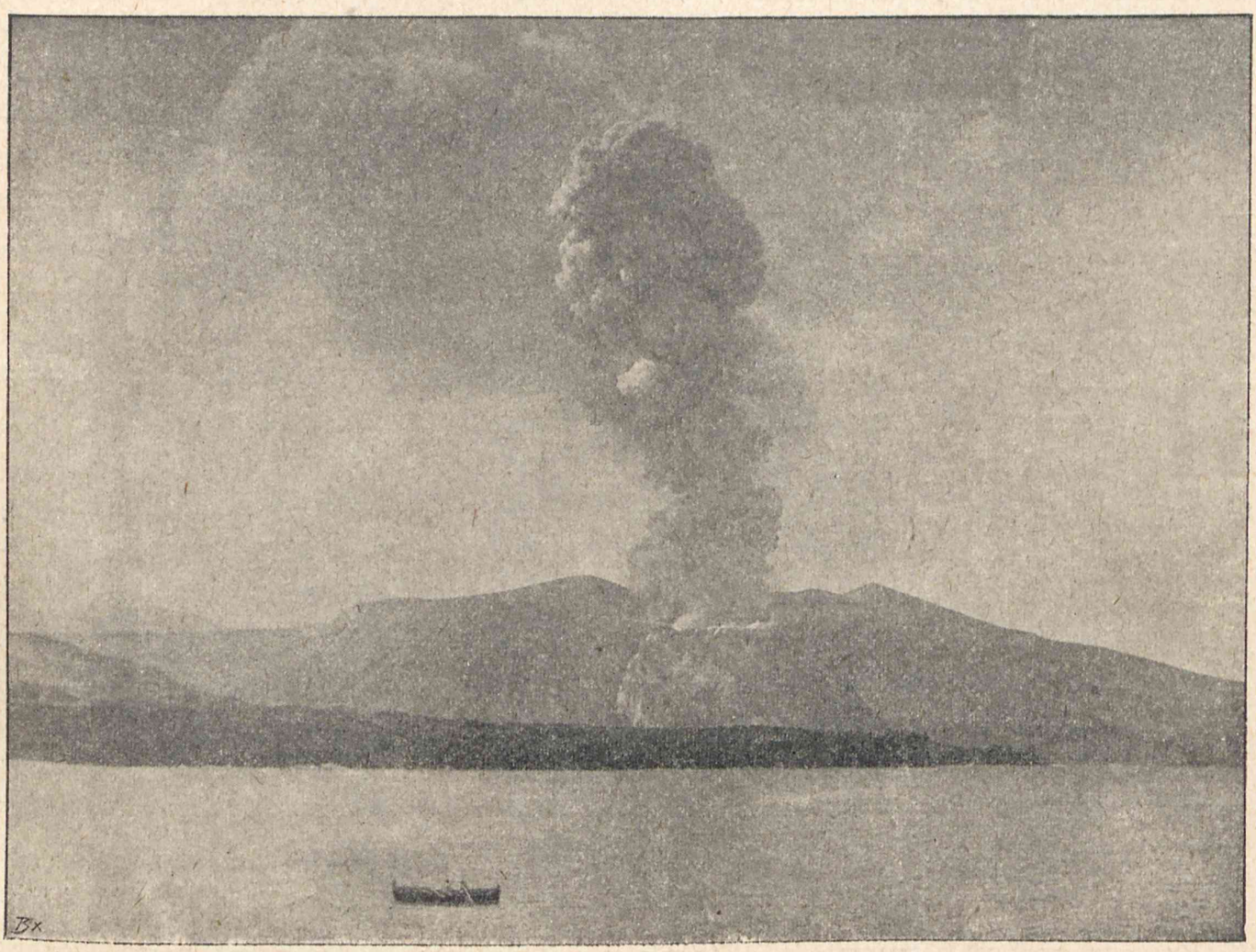
W poglądach swych wszakże, które poniekąd przypominają zasadnicze pomysły Bucha, nie jest Stübel bynajmniej osamotniony, w najnowszych



Wybuch Vulcano (wyspy Liparyjskie) w 1888 r.
Według fotografji O. Silvestriego.

bowiem czasach (1901) W. Branco i Eberhard Fraas z dostrzeżeń swoich w Ries pod Nördlingen wnieśli, że działaniem siły wulkanicznej nawał jury brunatnej wysunięty został ponad młodszą jurę białą; w takiż sam sposób tłomaczą obaj ci badacze podobne, a nader osobliwe stosunki w kotlinie Steinheimskiej (Wirtembergja). W Ries przedarły się gdzieniegdzie głazy wulkaniczne na powierzchnię ziemi, w kotlinie jednak Steinheimskiej brakło ich zupełnie, wypływała więc ztąd pewna wątpliwość co do słuszności poglądu Branca i Fraasa, że przyczyną zakłóceń w tej kotlinie był pozostały tam lakolit, czyli zakrzepła skała podziemna. Hausmann jednak przy swych badaniach magnetyzmu ziemskiego w Wirtembergji napotkał pod Steinheim właśnie tak znaczne zakłócenia elementów magnetycznych, że to go zmusiło

do przypuszczenia o istnieniu tam wielkiego pokładu podziemnego magnetycznej rudy żelaznej lub bazaltu, co oświadczył na zjeździe meteorologów niemieckich w Stutgarcie 1901 r. Prawdopodobnie przez dokładne zbadanie tej okolicy będzie można ściślej oznaczyć położenie i rozległość przypuszczalnego pokładu bazaltu, a to dałoby nam możność, z pewnym przynajmniej stopniem prawdopodobieństwa, rozpatrywania niedostępnych dla nas głębi skorupy ziemskiej. Chociaż w danym tu przypadku jest to rzecz podrzędnego stosunkowo znaczenia, budzi jednak nadzieję, że bystrość ludzka



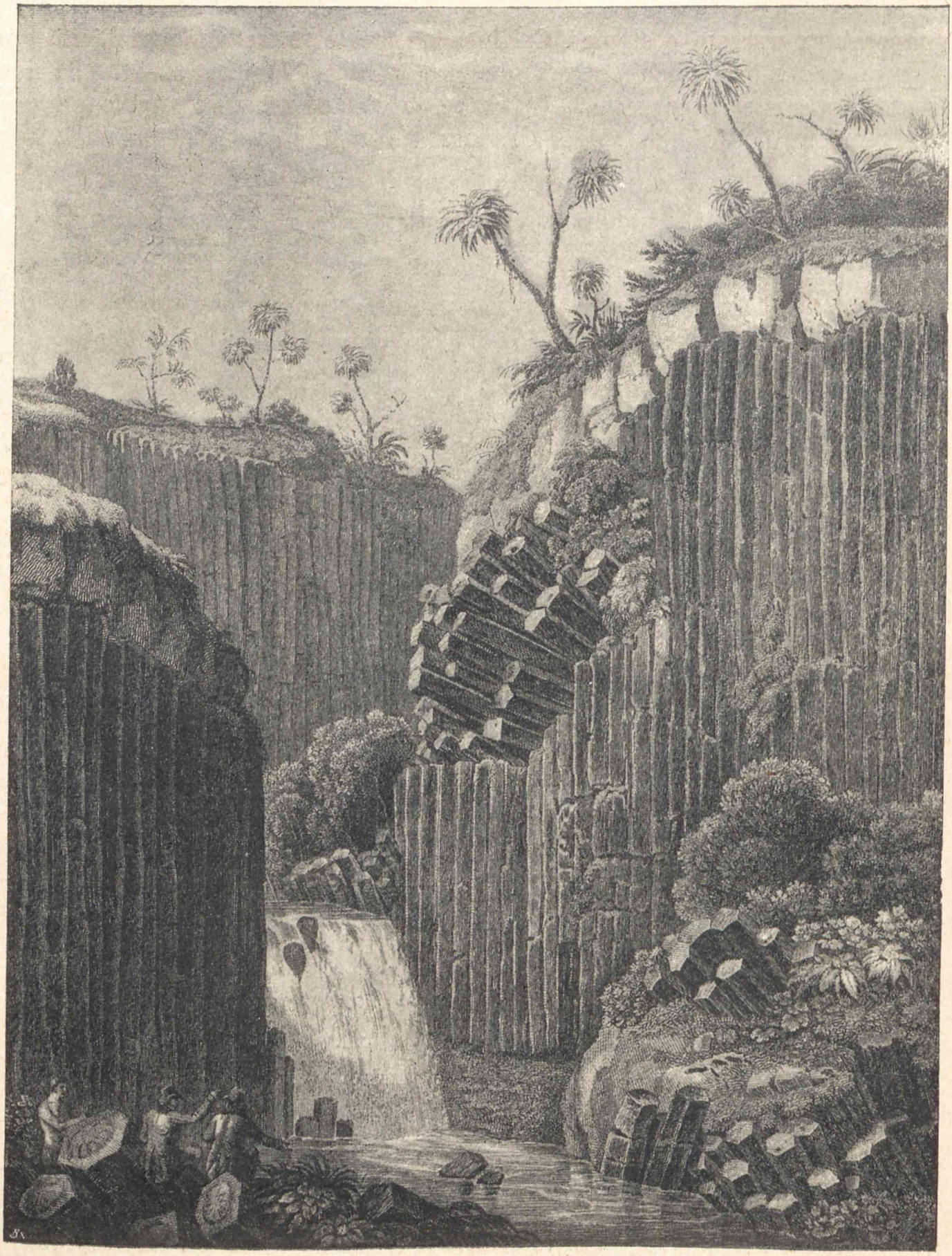
Wybuch Vulcano (wyspy Liparyjskie) w 1888 r.
Według fotografji O. Silvestriego.

zdobędzie nowe jeszcze środki, które dozwolą zapuszczać sondę do głębi dalszych, aniżeli to dotąd osiągnąć zdołano.

Tłomaczeniem swojem objawu, dostrzeżonego w Ries, wrócili Branco i Fraas po części do teorji podniesień Bucha, starają się bowiem wykazać, że pewne zakłócenia tektoniczne są następstwem działań wulkanicznych, gdy w drugiej połowie wieku XIX nazwyczailiśmy się, przeciwnie, uważać wulkany i ich rozkład jako następstwo stosunków tektonicznych. Zasadnicza ta sprzeczność poglądów wcześniej lub później doprowadzić musi do rozpraw, których wyniku ostatecznego z żywem zaciekawieniem oczekiwać winniśmy. W jakikolwiek wszakże sposób kwestja ta się rozstrzygnie, wskazuje nam ona raz jeszcze, jak gwałtownym zmianom w ciągu jednego

stulecia ulegały poglądy nasze na działalność wulkaniczną, a ztąd wypływa ważna dla nas nauka, że żadnej teorji nie powinniśmy za dogmat uważać, chociażby świat cały na nią się godził, gdyż w naukach przyrodniczych nigdy powątpiewanie zamierać nie powinno, ono to bowiem słuszność wniosków roztrząsa, nowych wyjaśnień poszukuje i wszelki postęp umożebnia,

Gdy zarówno Stübel, jak Branco i Fraas opierają się na podstawie faktów dastrzeżonych i ztąd wnioski swe wyprowadzają, polega Svante Arrhenius bardziej na rozważaniach teoretycznych. Odpowiednio do poglądów swoich na budowę wnętrza ziemi, poszukuje on źródeł działalności wulkanicznej nie w skorupie ziemskiej, ale w strefie ognisto-płynnej magmy. Do magmy tej przenika woda w stanie lotnym i zostaje przez nią pochłonięta, a objętość jej wzrasta przytem o objętość doprowadzonej wody. Magma wznosi się wtedy w kominie wulkanu, a gdy masy wodą przejęte znajdą się pod dostatecznie słabem ciśnieniem zewnętrznem, zachodzą eksplozje pary wodnej; gdy nastąpi oziębienie, wraca znowu spokój. Jeżeli komin jest bardzo szeroki, objawy nie dochodzą do potęgi wybuchów gwałtownych, ale uchodząca para wodna sprowadza jedynie rozpryskiwanie się powierzchni, a lawa wypływa spokojnie. Jak w ten sposób stara się Arrhenius objawy mechaniczne ruchu magmy sprowadzić do prostych przyczyn zasadniczych, przyczem działalność wulkanów z wytryskami gejzerów zestawia, tak też i chemiczne przeobrażenia, dokowywające się w magmie, wytłomaczyć usiłuje tym faktem, że woda w temperaturze nader wysokiej działa jak silny kwas, który rugować jest w stanie kwas krzemny z jego związków, gdy znów przy obniżaniu się temperatury przebieg ten w przeciwnym zachodzi kierunku. Jeżeli zgodzimy się na takie reakcje chemiczne, łatwiej też rozumieć możemy rozmaity skład chemiczny law wyrzucanych przez jeden i tenże wulkan, zwłaszcza rozmaitą zawartość w nich kwasu krzemnego. W pomysłach tych utrzymuje się zapewne Arrhenius na gruncie zupełnie nowoczesnym, natomiast pogląd jego, że wulkany przypadają w pobliżu morza i muszą być przez nie zasilane, wydaje się nieco przestarzały, zarówno jak i wyobrażenie, że szczeliny wskroś całej skorupy ziemskiej sięgać mają aż do ognisto-płynnej strefy magmy; jeżeli bowiem pomiędzy nią a zakrzepłą skorupą znajdować się ma dosyć szeroka strefa przejściowa substancji ciągliwej, pośredniczącej pomiędzy stanem stałym a ciekłym, trudno zrozumieć, jak utrzymywać sie może przebiegająca przez nią szczelina otwarta. Natomiast pojmować to możemy łatwo, że szczelina dochodzi do pewnego ogniska magmy, które przypada w pobliżu powierzchni ziemi, a okoliczność, że przewody tufowe szwabskich „zarodków wulkanicznych“ posiadają często średnicę nader drobną, przemawia rzeczywiście za tem, że ognisko magmy mieści się tam w głębokości bardzo niewielkiej. Jako inny jeszcze dowód istnienia płytko rozłożonych „ognisk obwodowych“ przytacza Stübel znaczną niejednostajność przyrostu ciepła przy zagłębianiu się w ziemię w różnych miejscach; gdy bowiem w pewnych punktach



Słupy bazaltowe przy wodospadzie Regli w Meksyku.

Bazaltowe te słupy, również jak i tegoż samego rodzaju utwory w pieczarze Fingala (ob. rys. str. 111), składają się z zakrzepłych mas bazaltowych, które podczas okresu trzeciorzędowego w stanie ognisto płynnym przedarły się z rozżarzonego wnętrza ziemi.

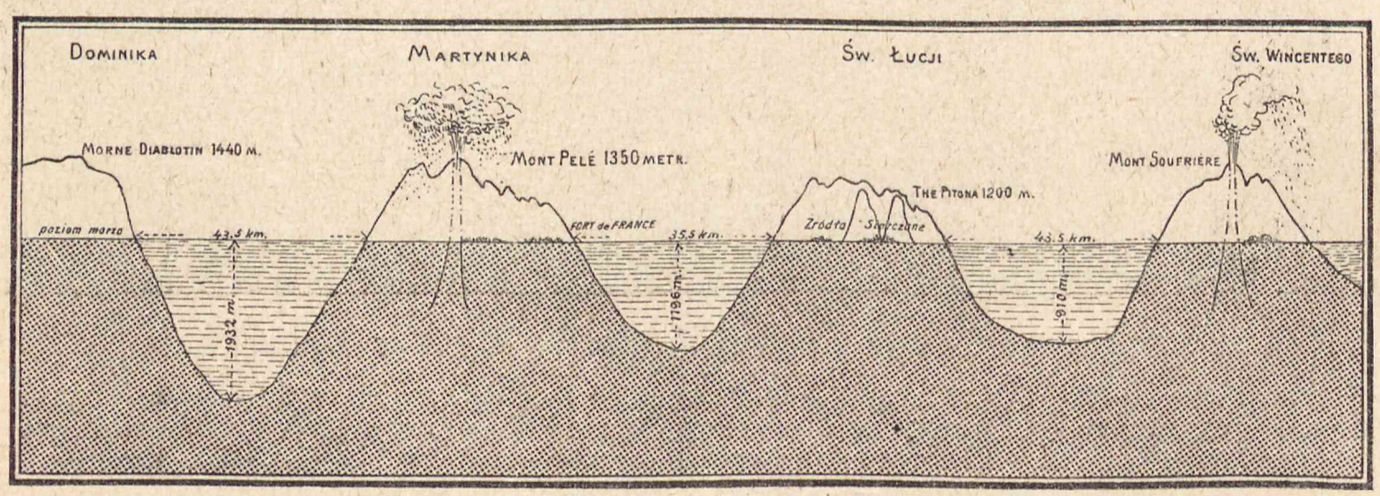
Według szkicu Aleksandra Humboldta.

temperatura wzrasta o stopień Celsiusa na każde 12 metrów zagłębienia, następuje to w punktach innych dopiero z zagłębieniem 60—70 metrów; w każdym razie w przeważnej liczbie miejscowości zbadanych przyrost ten temperatury o 1 stopień Celsiusa występuje z zagłębieniem 15—20 metrów.



Mont Pelé na wyspie Martynice przed wybuchem w maju 1902 r.
Według fotografji.

Kto wraz ze Stüblem przyjmuje obwodowe ogniska magmy, zrozumieć może łatwo zarówno bezładne rozmieszczenie wulkanów grupowych, jak i uporządkowanie linijne wulkanów szeregowych, przy niewielkiej bowiem głębokości ogniska wybuchowych objawów magmy łatwo otwierać się mogą, wskroś cienkiej stosunkowo części skorupy ziemskiej, bądź rury wybuchowe,



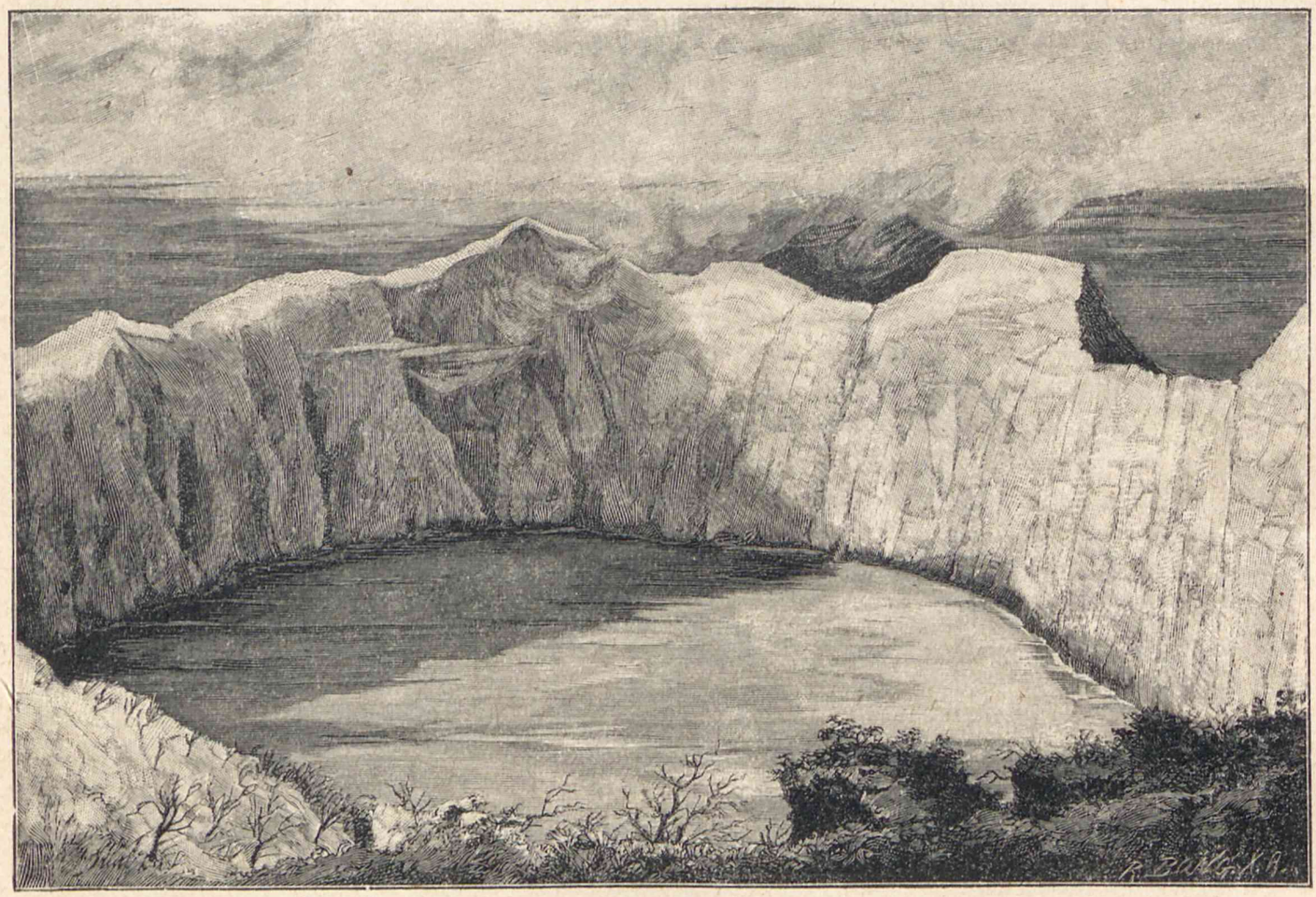
Profil dna morskiego w miejscu katastrofy wulkanicznej na Małych Antylach w maju 1902 r.
Dla wykazania łączności podmorskiej wysp Martyniki i Św. Wincentego.



St. Pierre na Martynice przed zagładą przez wybuch Mont Pelé 8 maja 1902 r.

Według fotografji.

bądź szczeliny, bądź też wreszcie układ rozpadlin i uskoków. Rozprzestrzenienie i doniosłość danego ogniska magmy ujawniać się też może w rozległości obszaru wulkanicznego i w wymiarach utworów wulkanicznych. Uderzające wszakże skupienie wulkanów wzdłuż skraju oceanu Spokojnego nie da się zapewne wyjaśnić przez wypadkowe nagromadzenie się ognisk obwodowych w tych pasach nadbrzeżnych, ale należy tu przyjąć koniecznie związek przyczynowy między takiem rozmieszczeniem wulkanów a zapadnięciem potężnego dna morskiego. To prawda, że wulkany nie rozciągają się bynajmniej w nieprzerwanym i prawidłowo ułożonym szeregu



Krater wulkanu Soufrière na wyspie św. Wincentego (Antyle).

Według fotografji.

w bezpośredniem sąsiedztwie morza; napotykamy raczej wielkie przerwy pomiędzy oddzielnemi obszarami wulkanicznemi, odległość niektórych wulkanów od morza wynosi setki kilometrów, uporządkowanie w szereg rzadko tylko jest tak wyraźne, jak w Ameryce środkowej, pomimo to jednak ująć się daje smuga wstęgowata, niejednakiej w różnych miejscach szerokości, która obfituje w wulkany i mniej więcej biegnie wzdłuż skrajów oceanu Spokojnego (ob. kartę wulkanów). Wyobrażać sobie niejako można, że przy załamaniu tej wielkiej kotliny morskiej działaniem jakiegoś nacisku wtłoczone zostały do skorupy ziemskiej obwodowe ogniska magmy, które w pasie najsłabszego oporu i silnego rozgruchotania skorupy stały się źródłami wybu-

chów; w podobny sposób możnaby wytłomaczyć i wytworzenie się wulkanów wnętrza Afryki.

Trzęsienia ziemi.

W ogólności przyznać należy, że poglądy na działalność wulkaniczną nie zostały dotąd dobrze rozjaśnione; nie możemy nawet przewidywać jeszcze, jak sprzeczne między sobą pojęcia pogodzić się kiedyś dadzą. Daleko zgodniej natomiast rozwinęła się w ciągu drugiej połowy wieku XIX nauka o trzęsieniach ziemi. Gdy jeszcze panowała powszechnie nauka Humboldta o naturze wulkanicznej trzęsień, dwie rozprawy Edwarda Suessa, 1873 i 1874 roku, o trzęsieniach ziemi w Austrji niższej i we Włoszech południowych, odsłoniły nowe widoki, a odtąd przyjęto dosyć powszechnie, że wstrząśnienia ziemi wywoływane być mogą nietylko przez przyczyny wulkaniczne i przez zapadanie się pieczar podziemnych, ale także i przez procesy górotwórcze, jak przez fałdowania, przesuwania i inne zmiany w położeniu części skorupy ziemskiej. Do tej ostatniej kategorji trzęsień (trzęsienia dyslokacyjne czyli tektoniczne) należy część przeważna wtrząśnień

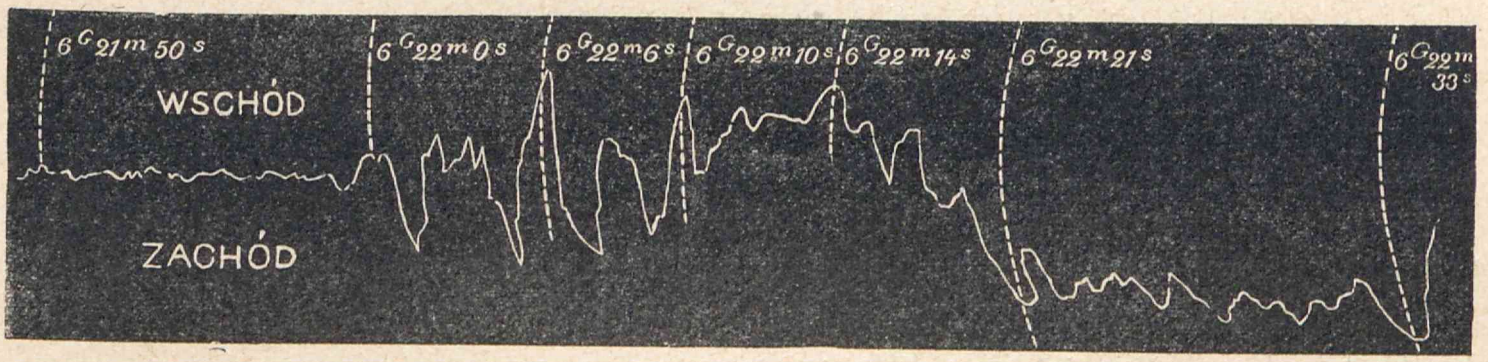


Diagram przebiegu trzęsienia ziemi, nakreślony przez przyrząd samopiszący.

Rysunek ten daje obraz ruchów powierzchni ziemi w ciągu niespełna minuty, od 6 godz. 21 min. 50 sek. do 6 godz. 22 min. 33 sek. Widzimy, jak z rysunku takiego wyczytać można początek trzęsienia, kierunek drgań i czas trwania zjawiska.

bardzo rozległych, gdy trzęsienia wulkaniczne i trzęsienia przez zapadania sprowadzone pozostają najczęściej ograniczone na przestrzeniach mniejszych. Aleksy Perrey, oraz niezależne od niego Rudolf Falb podali teorję inną, która usiłuje sprowadzić trzęsienia ziemi do objawów przypływu ognisto-płynnego wnętrza ziemi, wywoływanych przyciąganiem księżyca, jakoteż przyciąganiem słońca i planet. Ponieważ jednak za hypotezą taką nie przemawiają ani dane statystyczne, ani też wywody teoretyczne, nie zdołała zdobyć sobie wstępu do kół naukowych.

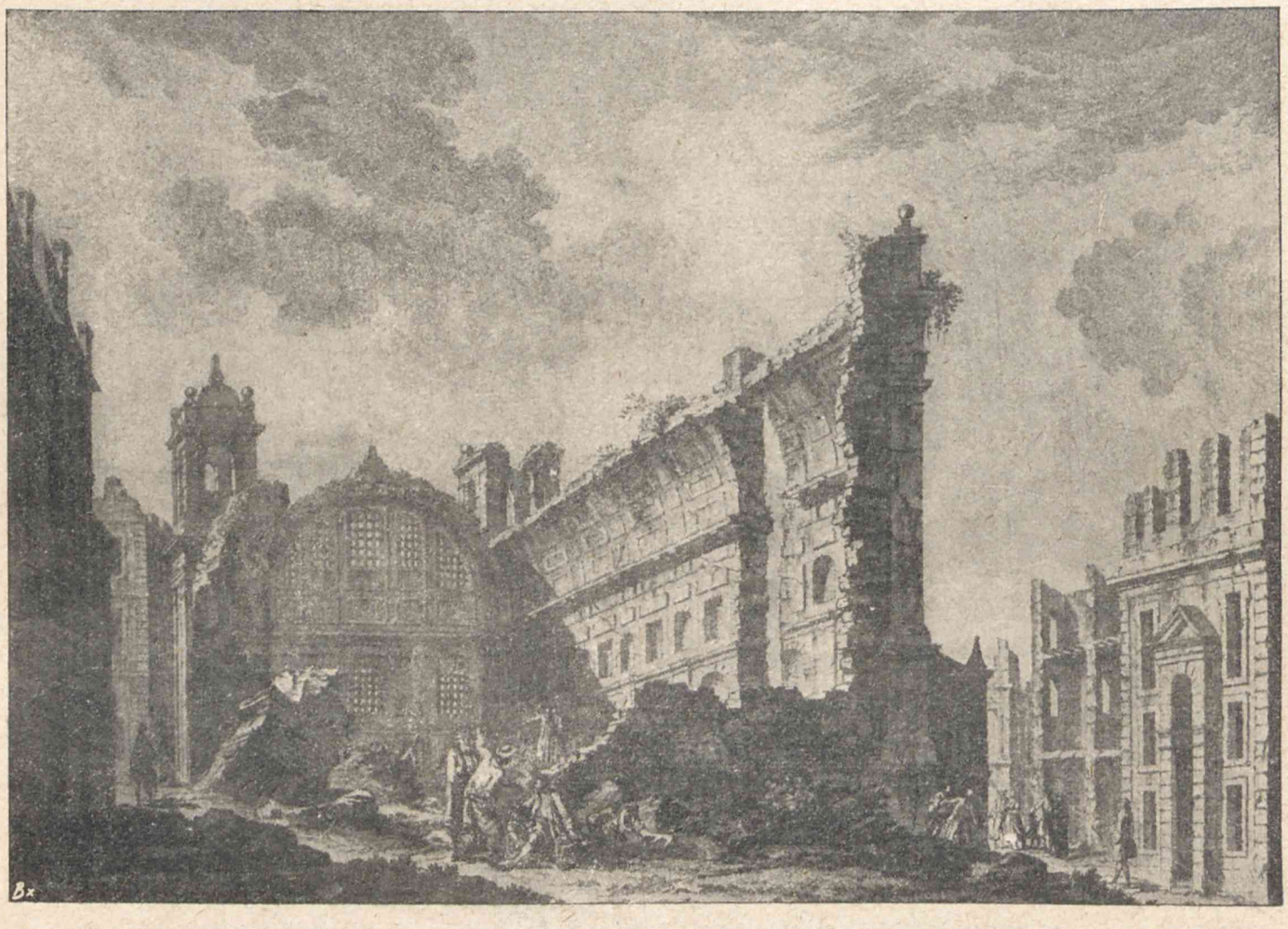
Znajomość trzęsień ziemi postąpiła znacznie przez udoskonalenie metod obserwacyjnych i obsługi obserwacyjnej. Gdy z dawniejszych czasów doszły do nas rozproszone jedynie wieści o najwybitniejszych tego rodzaju zjawiskach, zwraca się obecnie w krajach ucywilizowanych na objawy te uwagę jak najstaranniejszą; nietylko zapisują się wszelkie trzęsienia, które bez żadnej pomocy nastręczają się zmysłom ludzkim, ale zaznaczają się także za pośrednictwem nader czułych przyrządów samopiszących lekkie wstrząśnienia, które bez ich udziału uchodziłyby bezpośrednim dostrzeżeniom

naszym; uderzającą szczególniej czułością zaleca się wahadło horyzontalne Rebeura i Paschwitza. Słabe takie (mikroseismiczne) wstrząśnienia pochodzić mogą z tychże samych przyczyn, co i trzęsienia silne (makroseismiczne), ale mogą być wywoływane także przez nacisk wiatru, przez uderzenia fal, przez spadki wód, przewóz ciężarów i t. p., zarówno jak przez chwiejność ciśnienia atmosferycznego i przez wpływ następstwa dnia i nocy na powierzchnię ziemi, który bynajmniej nie jest bez znaczenia. Obserwacje trzęsień ziemi szczególnej dobrze uorganizowane są w Japonji i we Włoszech, które są często przez nie nawiedzane, ale i inne kraje gorliwie się koło tego krzątają, a w Strasburgu zaprowadzono w ostatnich latach pod kierunkiem Gerlanda stację centralną dla badania trzęsień ziemi, która niewątpliwie przyczyni się do rozjaśnienia niejednej dotąd ciemnej kwestji.

Siedlisko trzęsień oznaczyć starał się najpierw R. Mallet w roku 1862 z kierunku szczelin na budynkach, a zatem z kierunku uderzenia; następnie, w roku 1873, ognisko trzęsienia obliczył Karol Seebach z czasu, a później jeszcze Dutton z natężenia, rzecz bowiem jasna, że wstrząśnienia najpierwej, a zarazem najsilniej uczuwać się dają w tych miejscach powierzchni ziemi, które przypadają bezpośrednio nad ogniskiem trzęsienia (epicentrum), w większych zaś odległościach coraz później, a w ogólności też coraz słabiej. W ten sposób poznano, że część przeważna dokładniej zbadanych trzęsień ziemi ma swe siedlisko w głębokościach stosunkowo niewielkich (3—40 kilometrów), chociaż ognisko trzęsienia w Bengalji 1880 roku wykryto w głębokości 72 kilometrów, natomiast zaś ognisko pewnego wstrząśnienia Dzikiego Albu (Rauhe Alb) w głębokości zaledwie 100 metrów. Przez zastosowanie tejże samej metody poznano nadto, że pewne ogniska trzęsień mają charakter punktów, inne ciągną się linijnie, a niektóre nawet rozłożone są na powierzchni. Prędkość, z jaką się trzęsienia rozchodzą, przypada najczęściej między 300 a 1000 metrów na sekundę, słabe wszakże, mikroseismiczne fale rozprzestrzeniają się znacznie prędzej, z szybkością bowiem 2—10 kilometrów na sekundę.—F. A. Forel i Rossi probowali wyrażać natężenia trzęsień ziemi w skali dziesięciostopniowej, przyczem przez stopień 1 oznaczono ruchy mikroseismiczne, a przez stopień 10 trzęsienia najcięższe, niweczące całe miasta. Jeżeli na karcie połączymy między sobą linjami wszystkie miejsca, które okazują jednakie natężenie trzęsienia, to na podstawie takiej karty „izoseist“, czyli linji jednakiego trzęsienia, obliczyć można wielkość obszaru, w obrębie którego trzęsienie uczuć się dało z pewną siłą minimalną; w ten sposób ocenił Dutton, że pole trzęsienia charlestońskiego 1886 obejmowało 2,3 miljona kilometrów kwadratowych. Natężenie największe ograniczone jest do przestrzeni najmniejszej, natężenie najsłabsze zajmuje obszar największy, a ruchy mikroseismiczne, w których fala trzęsienia wygasa stopniowo, wykazać się dają często w niezmiernej odległości, dochodzącej do 9 000 kilometrów. Wielkość jednak obszaru i natężenie nie pozostają zgoła w jakimkolwiek oznaczonym względem sie-

bie stosunku, często bowiem trzęsienie słabe obejmuje obszar wielki, a trzęsienie silne nie rozpościera się daleko, często zaś rzecz ma się przeciwnie.

Liczba trzęsień ziemi jest niesłychanie wielka, co okazało się jasno, odkąd rozpoczęto dostrzeżenia systematyczne, a wydaje się rzeczą prawdopodobną, że prawie zawsze gdziekolwiekbądź na powierzchni ziemi ma miejsce trzęsienie. Rzadko składa się trzęsienie z jednego tylko uderzenia, najczęściej następuje kolejno kilka uderzeń z krótszemi lub dłuższemi przerwami. Niekiedy wszakże zachodzi też cały szereg trzęsień jedno po drugiem

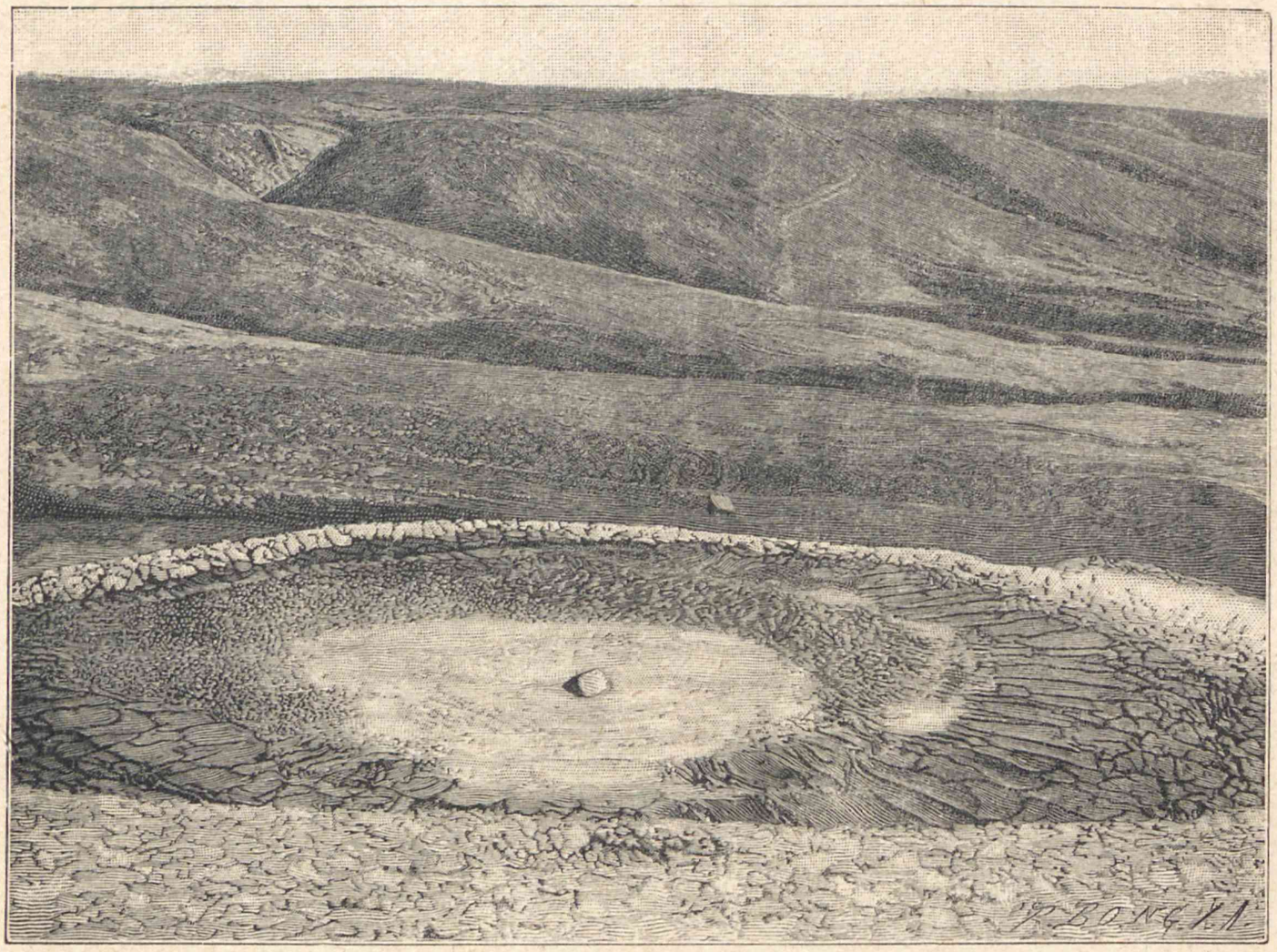


Skutki wielkiego trzęsienia ziemi (Lizbona, 1755).
Według miedziorytu Le Bas'a z r. 1756.

w ciągu kilku tygodni, miesięcy lub lat, a zjawisko takie zwykło się obejmować nazwą „rojów trzęsień ziemi". Trzęsieniom ziemi towarzyszy często huk podziemny, który nieraz brzmi jak turkot lub grzmot, a nieraz też jak ogień broni palnej lub armat; ztąd zdarzyło się kilkakrotnie w Ameryce hiszpańskiej, że załoga w pewnych punktach była alarmowana, sądzono bowiem, że gdzieś w pewnem oddaleniu toczy się bitwa. Niekiedy łoskot podziemny nie jest połączony z wyraźnem trzęsieniem; zdaje się, że to ma zwłaszcza często miejsce w okolicach wapiennych, gdzie trzęsienia wywoływane są łatwo przez zapadanie pieczar.

Trzęsienia ziemi ujawniają się bądź w uderzeniach (sukusoryjnie),

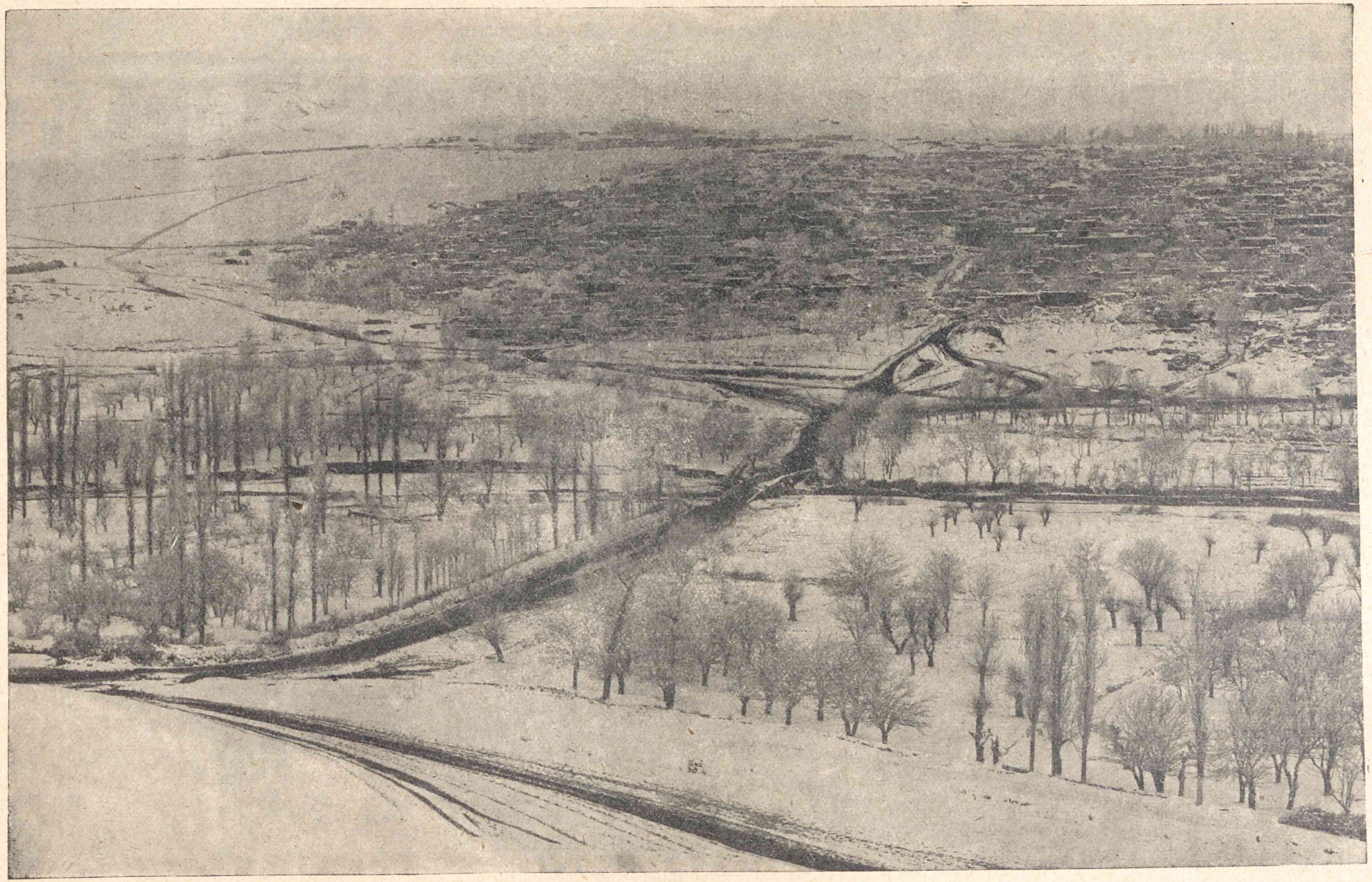
bądź w ruchu falowym (undulacyjnie); pierwszy rodzaj ruchu zachodzi w epicentrze, czyli w punkcie przypadającym ponad istotnym w głębi ziemi środkiem trzęsienia, drugi w obszarach dalszych, dokąd trzęsienie dobiega. Ruch falowy zdradza się nietylko poczuciem, ale często jest też i dla oka widoczny, gdyż powierzchnia ziemi układa się rzeczywiście w słabe fale wędrujące. Jakkolwiek drobny być może tak kołyszący się ruch, daje się dostrzedz w silnem przechylaniu przedmiotów wysoko sięgających, jak drzew wysmukłych, a w lesie dziewiczym wskutek uderzania się górnych



Utwór postaci krateru, który powstał 1902 r. przy trzęsieniu ziemi pod Szemachą w Azji Mniejszej.
Według fotografji.

koron drzew słyszeć można potężny szmer zbliżającej się i znów odbiegającej fali trzęsienia; wstrząśnienie czujemy wtedy w chwili, gdy i szmer dosięga obserwatora.

Jeżeli trzęsienia mają miejsce na dnie morza lub jeziora, rozchodzą się wskroś wody aż do jej powierzchni i dają się tu uczuwać jako trzęsienia morskie. Poziom morza pozostaje przytem najczęściej spokojny, gdy przy podwodnych wybuchach wulkanicznych wzbudzają się niekiedy potężne przypływy, które z niszczącą potęgą zalewają wybrzeża i rozpościerać się mogą do niesłychanych odległości.



Szczeliny wytworzone trzęsieniem ziemi pod miastem Szemachą w Azji Mniejszej w r. 1902.

Według fotografji.

W górach sprowadzać mogą trzęsienia potężne zawały i potoki mułu, gdy warunki do objawów takich korzystnie są przygotowane. Tworzą się często wielkie szczeliny (ob. rys. na str. 141), zwłaszcza w okolicach napływowych, ale także na gruncie skalistym lub w usypiskach wulkanicznych, a gdzie w ziemi napływowej znajduje się woda podskórna, zostaje przy trzęsieniu wyciśnięta w górę i po odpływie pozostawia na powierzchni ziemi małe stożki piasku lub mułu. Szczeliny i rysy mają niekiedy rozległość ogromną, dochodząc 50, 60 a nawet 100 kilometrów długości, czasami zaś

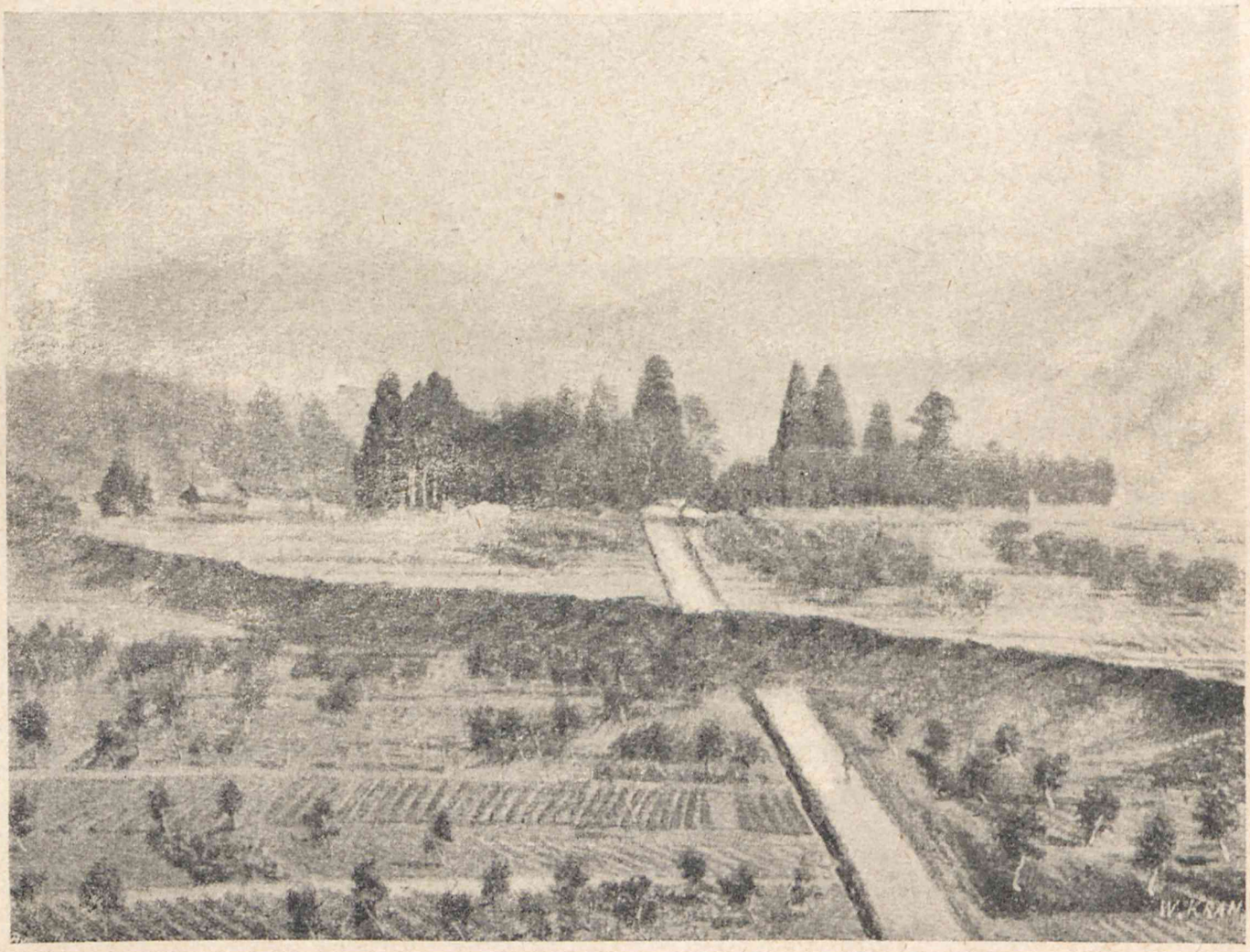


Skutki trzęsienia ziemi 1883 r. na wyspie Ischia.

Według fotografji.

przytrafiają się wzdłuż nich poziome przesunięcia się gruntu o kilka metrów, jak np. przy trzęsieniu japońskiem 28 października 1891 roku, lub też pionowe wyniesienia i spadki podobnych wymiarów, jak przy trzęsieniu 23 stycznia 1855 w Nowej Zelandji północnej i przy trzęsieniu kalifornijskiem 1872 roku. Zjawiska tego rodzaju dowodzą bezpośrednio, że część przynajmniej trzęsień jest następstwem procesów górotwórczych, a ztąd też łatwo pojąć się daje, że krom obszarów wulkanicznych te zwłaszcza okolice w trzęsienia obfitować muszą, do których przytykają wielkie linje załomu skorupy ziemskiej.

Jeżeli wszakże spoglądamy na potężne góry naszej ziemi, wzbijające się na tysiące metrów w obłoki, a które obecną swą postać zasadniczą przez fałdowanie i olbrzymie załomy otrzymały, i zestawiamy z tem drobne przesunięcia, które dostrzeżono wzdłuż świeżo utworzonych szczelin przy najcięższych trzęsieniach, wtedy dopiero pojmujemy, jak podrzędną rolę odgrywają w dziejach ziemi trzęsienia, te zatem objawy przyrody, które człowiekowi ukazują się łatwo jako zdarzenia najstraszliwsze i najzgubniejsze. A jednak, jakkolwiek drobny być może wpływ trzęsień oddzielnych na



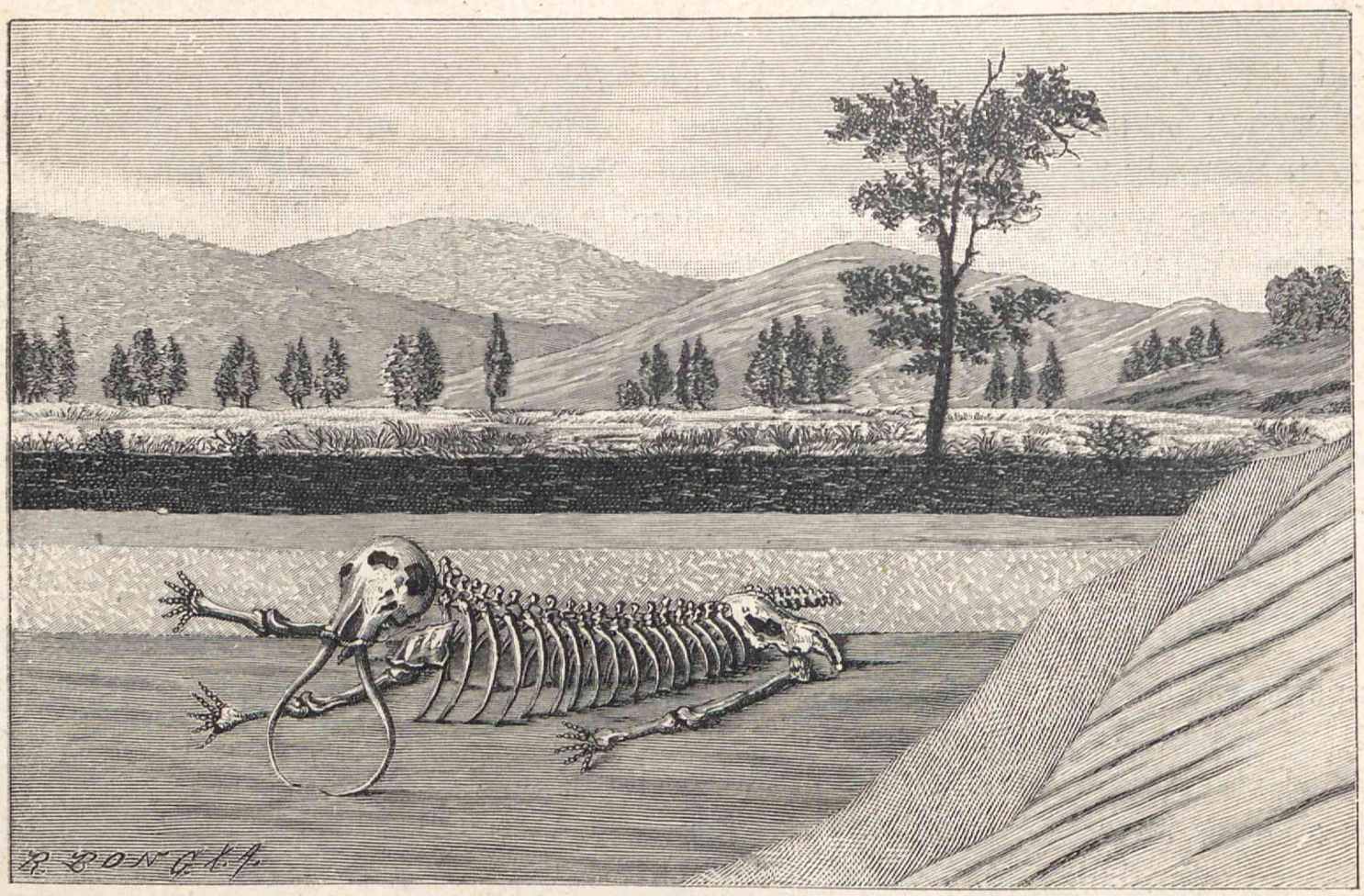
Przesunięcie gruntu spowodowane trzęsieniem ziemi w Japonji.
Według fotografji

ukształtowanie powierzchni ziemi, nie możemy wobec potężnych gór wyrzec się poglądu, że w części przynajmniej wyniesione zostały przez przesunięcia tak nikłe i tak nieznaczne. Zważmy, w jak długich okresach czasu często silne trzęsienia w temże samem miejscu po sobie następują, a zdumieniem trwożliwem przejmują nas te perjody olbrzymie, jakie niezbędne być musiały do budowy gór naszych. Zapewne, jak w dziejach ludzkości, tak też i w historji ziemi były okresy, gdy tętno nie biło tak spokojnie, jak w czasach powszednich, ale podniecone było gorączkowo; pomimo to wszakże w każdym razie okresy tworzenia się gór przedsta-

wiają się nam długie niezmiernie. Gdy rozpatrujemy wyniosłe góry, które wytworzyły się tak nadzwyczaj powolnie, a obok tego pamiętamy, jak nieznaczne są te wielkie utwory w stosunku do olbrzymiej bryły ziemskiej, którą zamieszkujemy, której drobne procesy rozwoju z przerażeniem odczuwamy jako potężne trzęsienia, wtedy przejmuje nas poczucie podziwu dla zdumiewającej wielkości i majestatu wiecznej przyrody...



Wybuch Wezuwjusza w nocy.
Według miedziorytu z dzieła Johna Phillipsa „Vesuvius" z r 1869.



Przecięcie kilku warstw skorupy ziemskiej ze szkieletem mastodona.
Według Johna S. Warrena (Boston, 1855)

III. Skamieniałości i historja ziemi.

Skamieniałości.

Kto kiedykolwiek z otwartemi oczyma, pieszo, rozległe obszary przebiegał, nieraz zapewne napotykał okolice, gdzie osobliwe utwory kamienne, do roślin i zwierząt podobne, leżą tu i owdzie z ziemi wywietrzałe, albo ze skał sąsiednich wyzierają, a może też są pod żwirem rzecznym rozproszone. Gdy formy te nie ucierpiały zbyt wiele przez stoczenie lub pokruszenie, pozna odrazu każdy obserwator nieuprzedzony, że w utworach tych ukazują się nam szczątki dawnych roślin i zwierząt. Podobnież nieraz w ten sposób tłomaczyły je słusznie i ludy pierwotne, bliżej zresztą nie zastanawiając się nad tem zagadnieniem. Wspomnieliśmy już wyżej, że skamieniałości dały niektórym plemionom powód do podań o potopie, a w podróżach swych po Ameryce środkowej sam przekonać się mogłem, że rzeczywiście Indjanie zgoła niewykształceni dobrze zachowane skamieniałości muszel i ślimaków, które znajdowaliśmy po drodze, uznawali natychmiast za „najter ksul“, za dawne zwierzęta. Wobec tego dziwić się nie możemy, że i starożytni Grecy wyrobili sobie należyte o naturze skamieniałości wyobrażenie, skoro z utworami temi bliżej się zapoznali.

Według wiadomości, podanej przez greckiego ojca kościoła Originesa, wzmiankował już Ksenofanes, współczesny Pitagorasowi, w drugiej połowie VI w. przed Chr., o muszlach morskich, napotykanych na lądzie i w górach;

znał też odciski ryb z łomów kamiennych w Syrakuzach, odciski liści wawrzynu ze skał w Paros, a wykopaliska podobne tem tłomaczył, że rzeczy te istniały w czasach, gdy otoczenie całe gliniaste było, odciski stwardniały więc wraz z gliną. I ludzie również musieliby uledz zagładzie, gdyby kiedykolwiek ziemia znalazła się pod powłoką morza i znowu gliną się stała; wtedy wszakże rozpoczęłoby się nowe stworzenie.

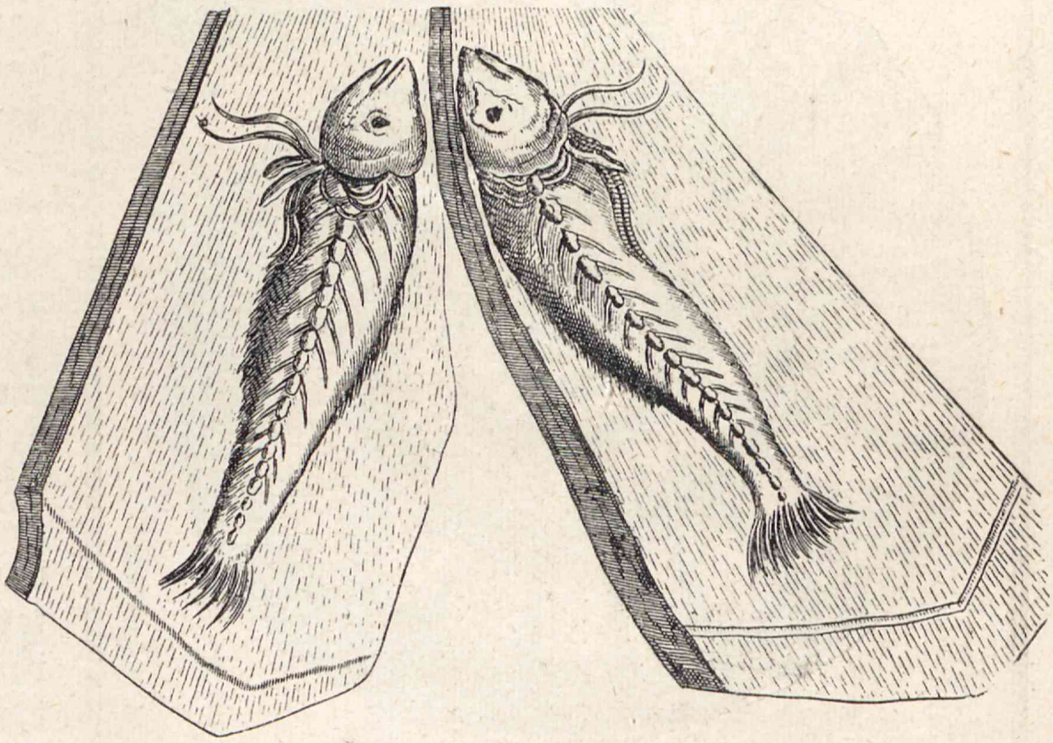
Lidyjczyk Ksanthos z Sardes, który żył około 500 r. przed Chr., opowiadał według Strabona (I, 3), że „sam widział zdala od morza kamienie do skorupiaków podobne oraz odciski muszel, a w Armenji i Frygji dolnej bagniska morskie, skąd sądzi, że morze Czarne nie miało niegdyś ujścia pod Bizancją, ale otworzyły je dopiero gwałtownym naciskiem uchodzące do niego rzeki, a wtedy miała woda spłynąć do Propontydy i Hellespontu".

Także i Herodot wspomina już o skamieniałościach morskich, które napotykają się Egipcie i w pobliżu oazy Amona, a Eratostenes przytacza, „że w odległości 2000, a nawet 3000 stadji (355—532 kilometrów) od morza dostrzeżono w wielu miejscach lądu mnóstwo muszel i skorup ostryg, oraz bagna morskie, jak dokoła świątyni Amona i na drodze tam wiodącej, na 3000 stadji długiej". Eratostenes widocznie tedy uważał wzmiankowane skamieniałości za szczątki dawnych zwierząt, które pozostały po cofnięciu się morza. Łaciński ojciec kościoła Tertulian z Kartaginy (160—230 po Chr.) myślał zapewne o potopie biblijnym, gdy mówi: „Ziemia doznała niegdyś zmiany, kiedy wszystko wodą było zalane; teraz jeszcze znajdujemy leżące na górach w obcych krajach muszle morskie, skręcone i dwuklapowe", a Euzebiusz z Cezarei, ojciec dziejów Kościoła (zm. 270 po Chr.), przytacza w jednem miejscu: „Że potop Noego sięgnął ponad najwyższe góry, prawda ta mnie, który to piszę, potwierdziła się naocznie, widziałem bowiem pewne ryby, które za mego czasu na najwyższych szczytach Libanu znaleziono. Gdy mianowicie łamano tam kamienie na budowę domów, znaleziono różne rodzaje ryb morskich, które z odłamami kamieni zlepione były mułem i jakby nasolone przechowały się aż do naszych czasów, tak, że nam o potopie Noego świadczą".

Wobec tych poglądów naturalnych nader osobliwą wydaje się teorja Teofrasta z Lesbos (368—284 przed Chr.). Pochodzenie mianowicie ryb skamieniałych, które znaleziono pod Herakleą, oraz w innych miejscowościach, w Poncie i Paflagonji, tłomaczył tem, że zrodziły się z pozostałych w ziemi jaj rybich, albo też, że z morza lub rzek sąsiednich zabłąkały się na ziemię i stąd ziemistemi się stały. Teofrast znał także kopalną kość słoniową oraz kości skamieniałe i sądził, że rzeczy te wytworzone zostały w ziemi przez urabiającą siłę przyrody. Dziwić się zaiste potrzeba, że pogląd tak dziwaczny i fantastyczny mógł jakąkolwiek znaleźć wiarę, przez stulecia jednak całe zaprzątał umysły, a zwłaszcza przekonanych stronników zyskał między filozofami i uczonymi arabskimi późniejszego średniowiecza. Ibn Sina, słynny lekarz i filozof, na Zachodzie pod nazwiskiem Awicenny znany (980 — 1037), rozwinął pogląd ten dalej i nauczał,

że skamieniałości przez odrębną siłę twórczą w samejże ziemi wywołane zostały; obok tego wszakże przyznawał, że po części powstać też mogły przez przeobrażenie ciał organicznych w kamień.

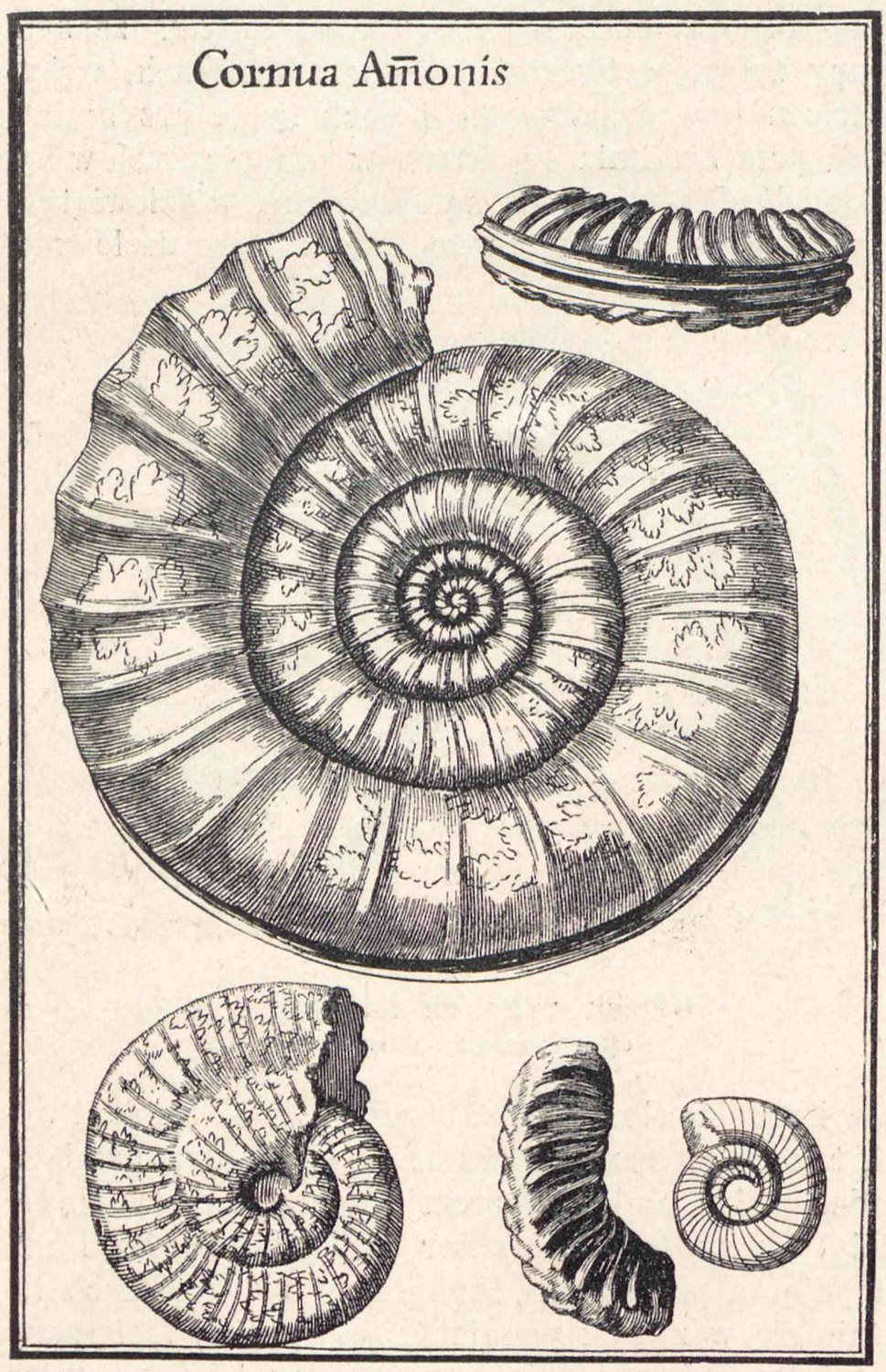
Ogromne uznanie, jakie otaczało Awicennę w średniowieczu chrześcijańskiem, uczyniło zapatrywanie jego miarodajnem także i na Zachodzie. Albert Wielki zwłaszcza w dziele swojem „O minerałach i rzeczach metalicznych“ zjednoczył się ściśle z Awicenną i stąd utrzymywał, że skamieniałości, jak np. skorupy żółwi, wytwarzają się w kamieniach, wskutek „wilgoci, która w miejscu tem wyparowała i dech życia przybrała“, ale przypuszczał też możność przeobrażania się utworów organicznych w kamienie, z wyraźnem jednak odwoływaniem się na Awicennę, w dziewiątym bowiem rozdziale pierwszej księgi przytoczonego dzieła pisze dosłownie: „Wszystkim wydaje się to rzeczą dziwną, że niekiedy znajdowane są kamienie, posiadające wewnątrz i zewnątrz pozory zwierząt. Zewnątrz bowiem mają rysy zasadnicze, a skoro się je przełamie, znajduje się w nich figury wnętrzności. Awicenna zaś o przyczynie tego sądzi, że zwierzęta te, według jego poglądu, wszystkie niegdyś w kamienie zamienione zostały, a zwłaszcza w kamienie słone. Mówi bowiem, że jak ziemia i woda są materjałem kamieni, tak też zwierzęta również są materjałem kamieni; w miejscach, gdzie wieje dech siły kamieniotwórczej, zwierzęta rozpadają się na swe pierwiastki (żywioły) i przyjmują charakter tych właściwości, które w owych miejscach występują, a pierwiastki, znajdujące się w ciałach takich zwierząt, przeobrażają się w żywioł panujący, który jest zmięszany z ziemnego i wodnego, wtedy zaś siła mineralna zamienia je w kamień istotny; zachowują wszakże swą postać, swe członki wewnętrzne i zewnętrzne, jak poprzednio. Słone kamienie wszakże tego rodzaju często nie są twarde, mocna bowiem musi być siła, która tak ciało zwierząt przeobraża, a to spala nieco żywiołu ziemnego w wilgotnym i w ten sposób smak soli wytwarza. To poświadcza baśń o Gorgonie (Meduzie), która spoglądających na nią w kamienie zamieniać miała. Ale Gorgoną nazywano potężną siłę



Odcisk ryby na kamieniu.
Według Atanazego Kirchera (1665).

mineralną, a spoglądaniem na nią nazywa się skłonność substancji wilgotnych ciała do siły kamieniotwórczej“.

Przytoczyłem tu dosłownie krótki ten ustęp z pism Alberta, poznać bowiem stąd można, że wywody sławnego scholastyka, krętem rozumowaniem ujęte, zgoła są różne od nowoczesnych naszych poglądów, jakie o istocie skamieniałości zdobyliśmy stopniowo; pojmujemy mianowicie teraz, że ciała uorganizowane, przy zachowaniu swej postaci, przeobrażone zostały w utwory kamienne przez przybranie obcych ciał mineralnych i przez zupełne lub częściowe zastąpienie niemi poprzedniej substancji organicznej.



Rogi Amona.

Według Karola Mikołaja Langa „Historia lapidum figuratorum“, Wenecja, 1708.

Jak ku schyłkowi czasów średniowiecznych pochodzenie skamieniałości tłomaczono dwoma, zupełnie odrębnemi sposobami, tak też podobna niepewność i niejasność panowała i w pierwszych stuleciach czasów nowożytnych. Niektórzy uczeni włoscy wieku XVI, a przedewszystkiem genjalny artysta i matematyk Leonardo da Vinci (1452—1519), rozpoznali wprawdzie bystrym swym wzrokiem skamieniałości, jako szczątki zwierząt morskich, ale najznakomitsi przyrodnicy niemieccy owych czasów, jak Agricola, lub lekarz szwajcarski Konrad Gesner (1516—1565), któremu pierwsze rysunki skamieniałości zawdzięczamy, nie odważyli się jeszcze stanowczo ku pewnej teorji przechylić.

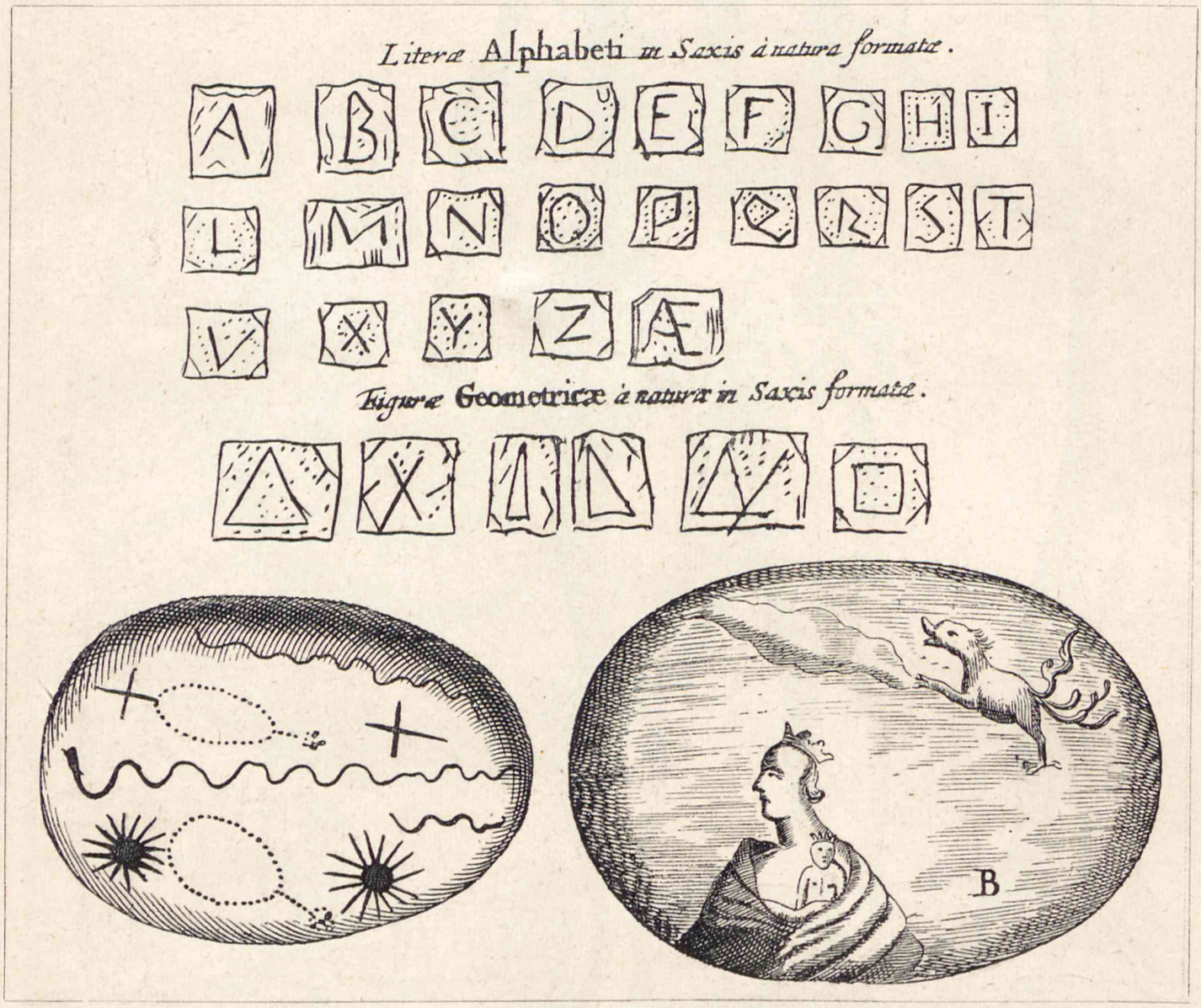


Przykłady A. Kirchera do baśni o olbrzymach.

Według miedziorytu z r. 1665.

Inni badacze wieku XVI, XVII i XVIII sądzili, że skamieniałości powstały przez kształtującą siłę soli w łonie ziemi, a inni jeszcze odwoływali się do wpływu gwiazd; niektórzy uważali je za piękne pomyłki natury, a Marcin Lister (1638—1711, od 1709 lekarz królowej angielskiej Anny) twierdził, że jakaś przyczyna nieznana naśladuje w kamieniach formy mu-

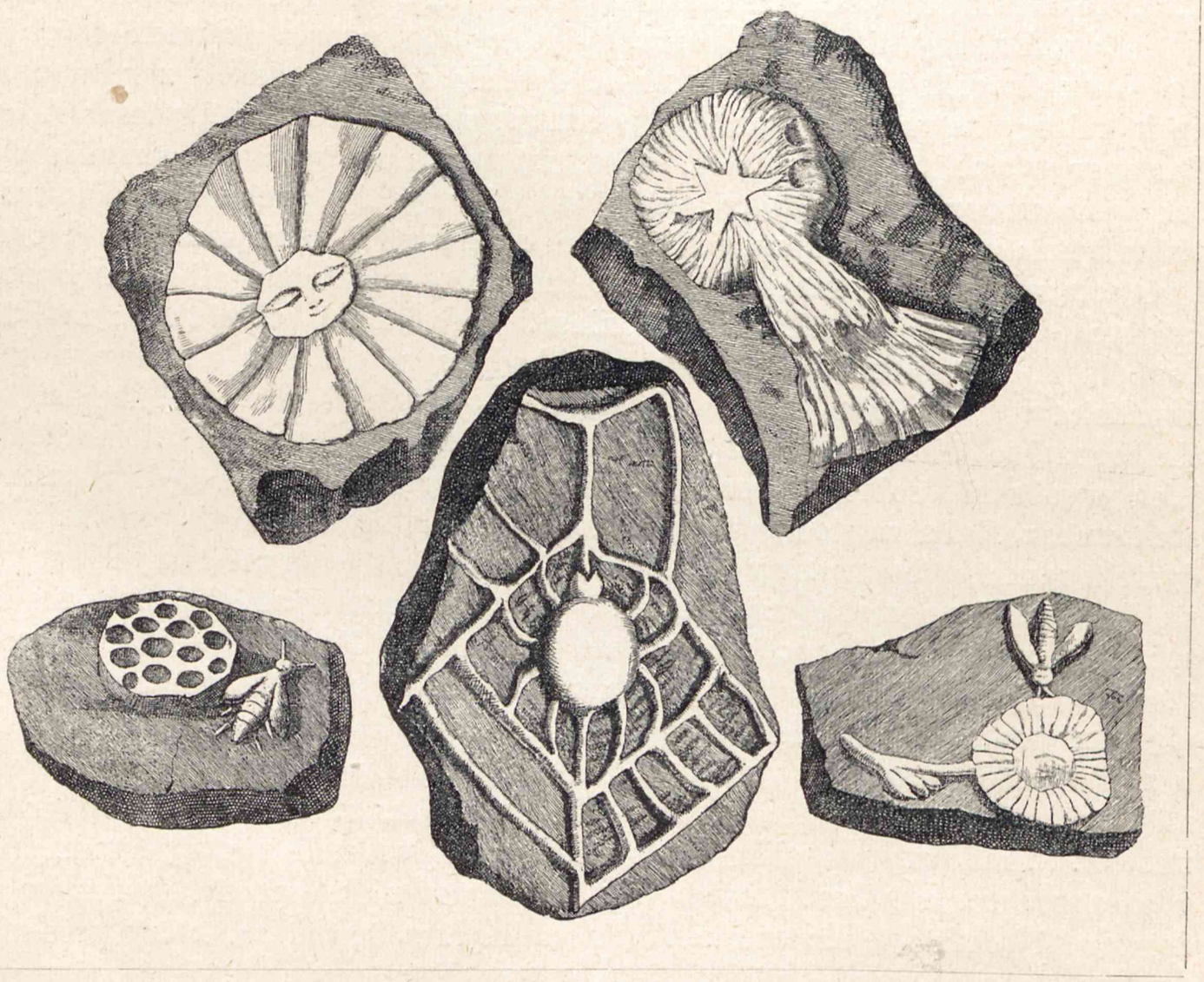
szel żyjących. Luidius (Ed. Lhwyd) natomiast podjął znów teorję Teofrasta i wyobrażał sobie, że to pary morskie przenoszą nasiona ryb i innych zwierząt do warstw ziemskich i tak dają początek skamieniałościom, a Mikołaj Lang z Lucerny, lekarz i radca miejski (1670—1741) starał się przebieg ten wytłomaczyć bliżej, dowodził bowiem, że rozproszone po ziemi nasiona żyjących zwierząt morskich pod wpływem magnetyzmu pozostawały przyczepione do różnych ciał, dopóki nie rozbudziła się drzemiąca „vis plastica“, która im dopiero postać nadała.



Osobliwe rysunki na kamieniach.
Według A. Kirchera (1665).

Według zdania Atanazego Kirchera stara się „natura lithogenetica“ naśladować przyrodę ożywioną i nadaje utworom kamiennym przynajmniej kształty istot żyjących, ale obdarza też kamienie formami geometrycznemi i astronomicznemi, odrysowując niekiedy słońce, księżyc i gwiazdy; podobnież odtwarza góry, rzeki, morza i lasy, maluje i modeluje. Na łupkach napotykają się nawet często linje dobrze naśladujące głoski, które powstać musiały przy zsychaniu się wilgotnéj niegdyś gliny; niekiedy ma nawet przyroda postacie ludzkie naśladować. Wyborny Atanazy Kircher i wyko-

pane skorupy gliniane, tego rodzaju figurami pokryte, uważał za utwory natury. a mógł ją sobie tak cudownie uzdolnioną wyobrażać, gdyż wszystkie tajemnicze siły przyrody jako wypływy wszechmocy boskiej pojmował. Jedne skamieniałości powstać miały przypadkowo, inne zostały w pewien sposób ukształtowane jak modele, a następnie stwardniały działaniem „siły kamieniotwórczej“, gdy w innych jeszcze razach próbowała natura płodzić formy do roślin podobne (dendryty), jeżeli przypadkowo zarodek roślinny dostawał się do miękiego jeszcze materjału kamiennego. Zresztą, mógł też



Kamienie Beringera.
Według „Lithographia Wirceburgensis“ z r. 1867.

wpływ boży bezpośrednio cudowne utwory wywoływać, jak też raz w dzikich górach Araukanji w Ameryce południowej znaleziono przytoczony tu obraz Panny Najświętszej (str. 150).

Chociaż Atanazy Kircher w tłomaczeniach swych liczne i daleko sięgające czynił ustępstwa średniowiecznemu duchowi czasu, to wszakże z drugiej strony w wielu też razach rozpoznał prawdziwy początek pewnych skamieniałości; mówi o zwierzątkach, które bursztyn w uwięzi trzyma, o roślinach i ich częściach, które mułem zostały otoczone i stąd postać swą za-

chowały, o rybach wtłoczonych przy wylewach w muł, który następnie przez „spiritus lapidificus“ w kamień się przeobraził. Jako dowód, że ma się tu do czynienia z odciskami ryb rzeczywistych, odwołuje się Kircher do faktu stwierdzonego, że istnieją jeszcze wydrążenia, niegdyś ciałem ryb wypełnione. Podobnież i drzewa zamieniane były w kamienie, a w takiż sposób powstać miały węgle kamienne z materjału roślinnego. Kircher poszedł nawet dalej jeszcze, nasunęła mu się bowiem wątpliwość co do wieści o niesłychanych olbrzymach przedwiecznych, gdy w kilku przypadkach zdołał wykazać, że pewne kości w Sycylji znalezione nie pochodzą od istot ludzkich, ale od słoni i podobnych zwierząt ogromnych z dawnych czasów (str. 149).

Gdy Atanazy Kircher słuszne i błędne tłomaczenia skamieniałości jedne obok drugich podawał, a zarazem i dzieła sztuki ludzkiej z minionych epok kultury za produkty przyrody uważał, znalazł naiwny profesor Adam Beringer w pobliżu Würzburga, obok istotnych niewątpliwie skamieniałości, wiele utworów osobliwych, które mu się wydały grubem naśladownictwem roślin z liśćmi i korzeniami, ślimaków, motyli, chrząszczy latających i innych zwierząt ze wszystkiemi ich częściami miękiemi, albo też słońca, księżyca, komet i gwiazd, a nawet głosek arabskich i hebrajskich; z nakładem niesłychanej uczoności starał się badacz natchniony osobliwe te wykopaliska wytłomaczyć jako dzieła natury, odrysował je w osobnej książce (Lithographia Wirceburgensis, 1726) i przytoczył najrozmaitsze tłomaczenia, jakie wyobrazić sobie można, nie mogąc oczywiście dotrzeć do rezultatu stanowczego. Tu zawiodły teorje, które w skamieniałościach widziały jedynie igraszki, albo uważały je za rezultat rozwoju nasion zbłąkanych i w masie kamiennej zagrzebanych; ostatnie to tłomaczenie już stąd było niemożebne, że słońce i księżyc nasion nie posiadają. Potop również nie mógł rzeczy tych sprowadzić, a już Beringerowi samemu zbyt fantastyczny wydał się „sen“ pewnego przyjaciela ukrytego, który światłu przypisać chciał zdolność kształtowania: promienie słońca i innych gwiazd, przedzierając się w ziemię, ryć miały na miękim kamieniu figury roślin, zwierząt i innych przedmiotów. Niektórzy w osobliwych tych okazach widzieli utwory sztuki, niegdyś przez starych Germanów wykonane i przez nich czczone, inni znów podejrzewali oszustwo, ale przekonani zostali przez Beringera, który przed ich oczyma w oznaczonem miejscu nowe wykopaliska wydobył. Powątpiewanie wszakże nie milkło; jeszcze podczas druku książki doszła Beringera pogłoska, że figury kamienne sztucznie zostały wyrobione i w wiadomych miejscach potajemnie zakopane, ale to wszystko nie mogło osłabić pewności Beringera; dopiero, gdy dzieło jego już światło jawności ujrzało, ostrzeżony wreszcie został, że stał się ofiarą sprawek studenckich, gdyż ostatecznie znalazł nawet na kamieniu własne swe nazwisko. Starał się teraz odkupić rozprzedane już egzemplarze książki, w pełni mu się to jednak nie udało, a drugie wydanie z r. 1767, jako też w Bambergu, Monachjum, Würzburgu i w innych miejscach przechowane „kamienie kłamliwe Beringera“ (str. 151) niedolę jego uwieczniły na wszystkie czasy.

Los Beringera powinien był zalecić ściślejszą krytykę przy podobnych poszukiwaniach, jednakże i później nie brakło głosów, które w skamieniałościach nie dostrzegały szczątków istot żyjących, ale zwyczajne utwory natury; jeszcze w r. 1765 słynny geolog francuski Guettard w obszernej pracy musiał rozwijać dowody, że skamieniałości są to istotnie przeobrażone szczątki niegdyś żyjących roślin i zwierząt.

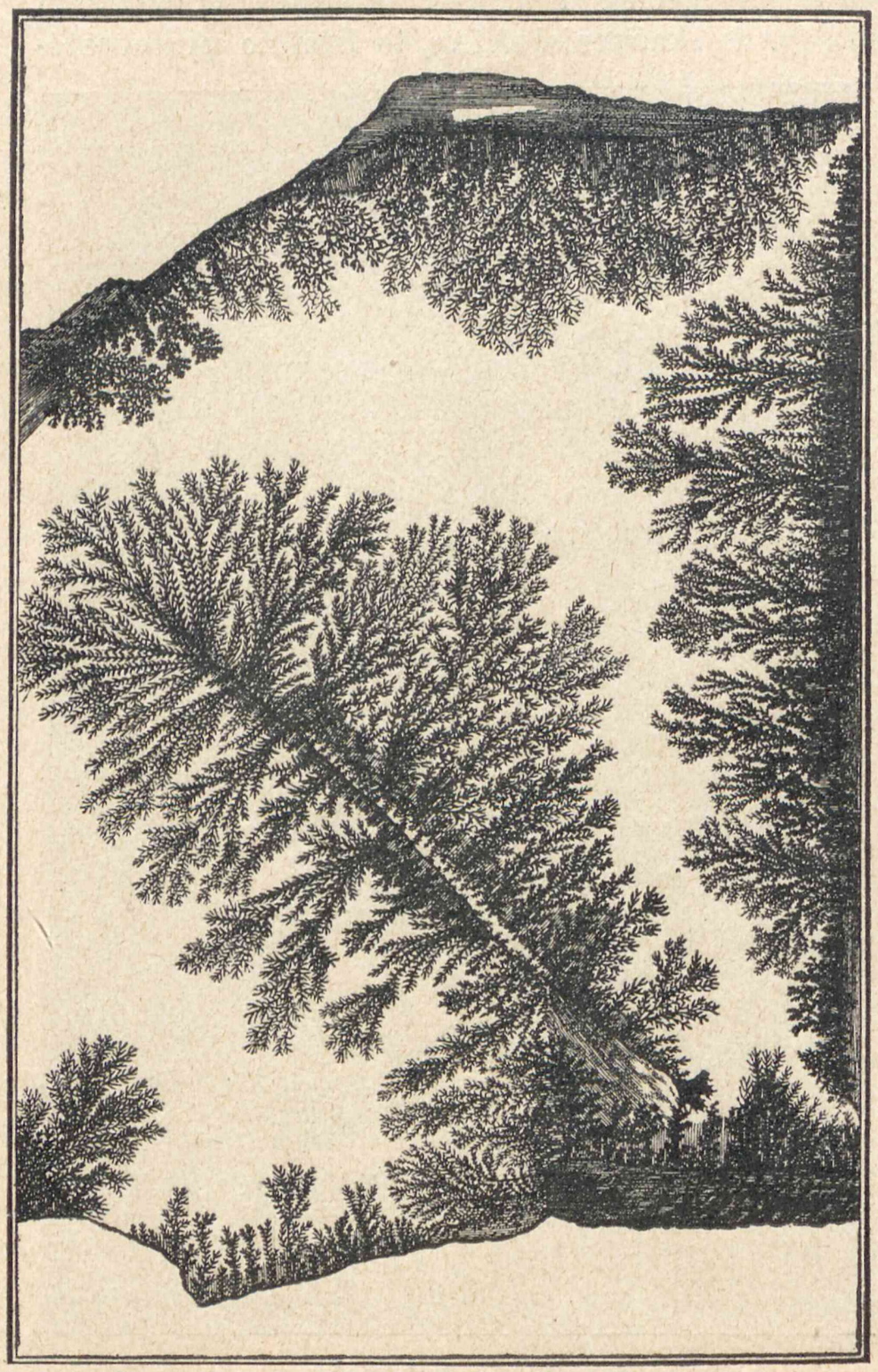


Jan Jakób Scheuchzer.
Według miedziorytu J. Nuttinga.

Zapewne, poglądy te Guettarda nie były nowe, a od Leonarda da Vinci różni badacze jedni po drugich wykazywali naturę organiczną skamieniałości, jak w r. 1580 garncarz paryski Palissy, następnie we Włoszech Fabio Colonna, Steno, Scilla, w Anglji Hooke, Ray, Woodward, w Niemczech Leibniz, Mylius, w Szwajcarji Jan Jakób Scheuchzer i wielu innych. Najczęściej istnienie skamieniałości poczytywano za dowód potopu powszechnego, a zwłaszcza silne wrażenie wywołało znalezienie przez Scheuchzera wielkiego szkieletu w łupkach wapiennych w Oeningen, ponieważ znakomity ten przyrodnik szwajcarski uważał go za szczątki człowieka (Homo diluvii testis, ob. dodatek), gdy później Cuvier rozpoznał w nim olbrzymią salamandrę, której nadał nazwę „Andrias Scheuchzeri“.

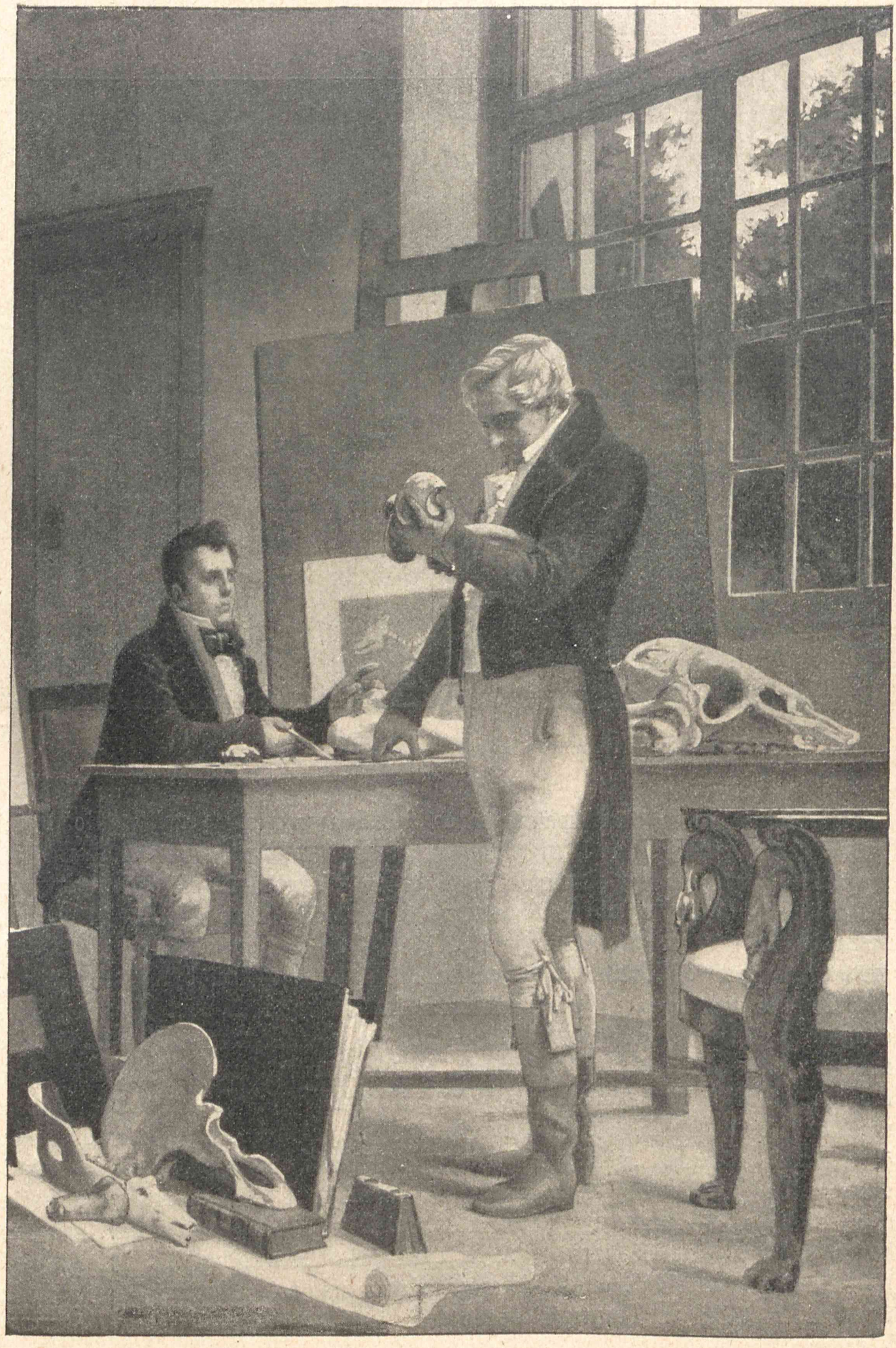
Stosunek skamieniałości do potopu miał wprawdzie wielką zaletę, że w szerokich kołach rozbudzał zajęcie się niemi, ale z drugiej strony przedstawiał znaczną ujemność, trzeba bowiem było wszystkie te wielokształtne

i różnorodne formy przyjmować jako utwory jednego wieku, jako szczątki pochodzące z jednego oznaczonego okresu czasu. Bystrości biegłych obserwatorów nie uszło to jednak, że wprawdzie liczne skamieniałości bliskie są żyjących jeszcze teraz form zwierzęcych i roślinnych, albo też zupełnie są z niemi zgodne, ale inne pod każdym względem zgoła są różne. Aby więc tak wielkie różnice wytłomaczyć, przyjmowano, że obce te formy pochodzą z głębi morza, którego świat żyjący w XVII i XVIII wieku tak bardzo słabo jeszcze był znany. Pomimo to niektórym badaczom odrębność wydała się zbyt wielką, by wszystkie te skamieniałości można było uważać za szczątki jednej epoki, dla tego też Leibniz odwoływał się do kilkakrotnego zalewu ziemi, a Robert Hooke do różnych przewrotów, przez gwałtowne trzęsienia ziemi wywołanych. Hooke także zwrócił już na to uwagę, że pewne formy ograniczone są do oznaczonych okolic, a z wielkości żółwi kopalnych wniósł, że w miejscu ich wykopaliska, w Anglji, panować musiał niegdyś klimat znacznie cieplejszy.



Pozorne skamieniałości roślin (dendryty).
Według Scheuchzera „Herbarium Diluvianum", Lejda, 1723.

Znajomość skłamieniałości rozrastała się coraz bardziej; niektóre osobliwsze wykopaliska opisano w drobnych broszurach i odrysowano, całe ich grupy i wielkie zbiory przedstawiono na miedziorytach w ogromnych foljałach i więcej lub mniej szczęśliwie rozklasyfikowano. Im dokładniej poznawano



Jerzy Cuvier przy determinowaniu szczątków kopalnych.

Według obrazu Chartrana.



Piaskowiec czerwony Piasek zielony Wapień Krzemienie wapienne

Krajobraz nadbrzeżny hrabstwa Devon.
Według Williama Bucklanda, Londyn, 1823.

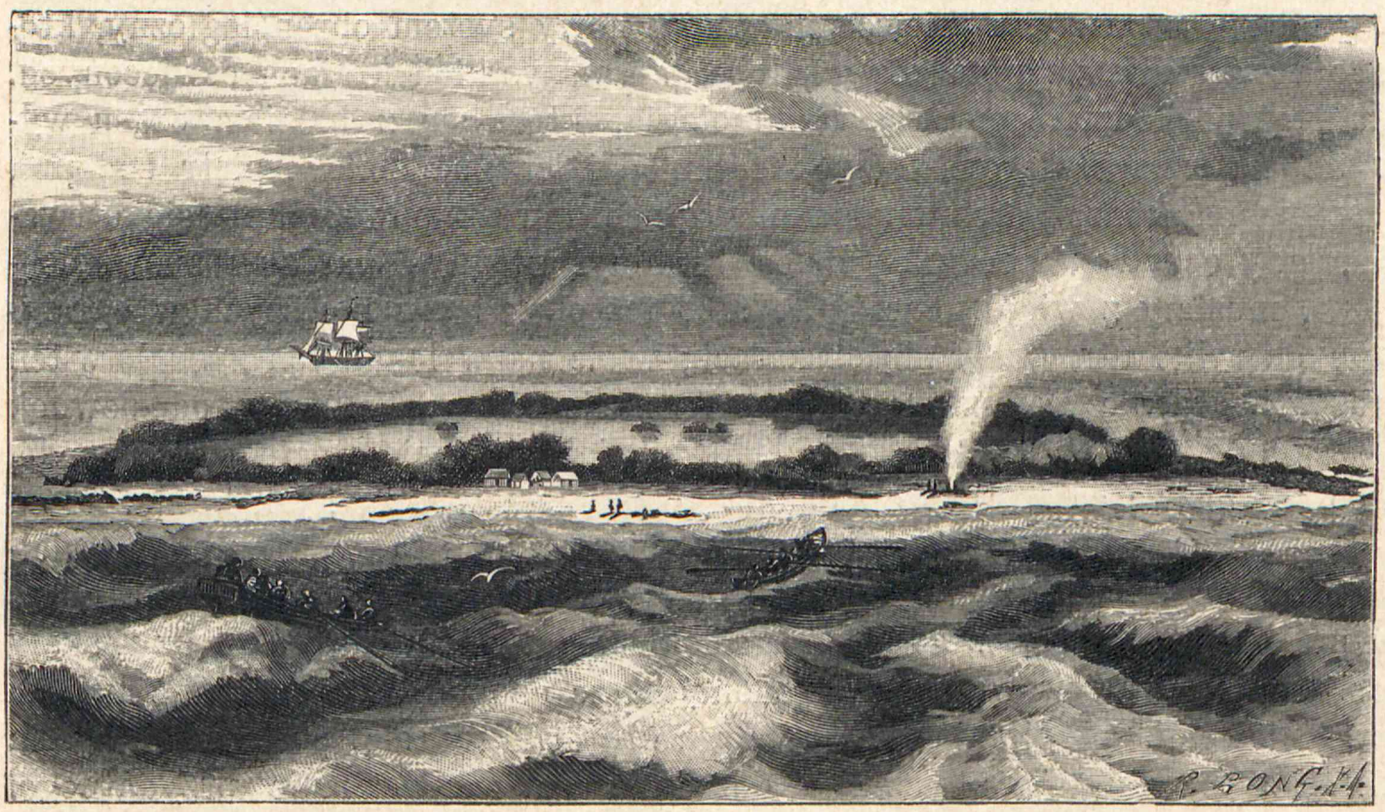
skamieniałości, tem powszechniejszem też stawało się przekonanie o ich pochodzeniu roślinnem i zwierzęcem, tem też lepiej zapoznawano się z właściwą organizacją pewnych form, które z organizmami obecnie żyjącemi nader dalekie tylko podobieństwo i pokrewieństwo zdradzają. O tem wszakże, że skamieniałości mogą być kiedyś do tego powołane, by stały się głównymi przewodnikami w odcyfrowaniu dziejów ziemi, bynajmniej wtedy jeszcze nie myślano. Wprawdzie Marcin Lister i Robert Hooke już ku schyłkowi XVII stulecia wyrazili domysł, że skamieniałości posłużyć będą mogły z czasem do chronologicznego, oznaczenia zawierających je osadów, ale ich podnieta przeszła bez posłuchu, a zagadkę dziejów ziemi usiłowano wyjaśnić w wieku XVIII inną zgoła drogą, przez oznaczenie kolei pokładów, przez badania „stratygraficzne“. Ponieważ oczywiście okolice, w których pokłady najmniej są zakłócone w stosunkach swego ułożenia, najjaśniej okazują, że warstwy wierzchnie młodsze być muszą, aniżeli spodnie, łatwo stąd zrozumieć można, że w tych właśnie okolicach najpierw, jak już wyżej wspomniano, część dziejów ziemi na tej ostatniej drodze rozwikłana została; w Turyngji opracował je Füchsel (1762), a w Saksonji Werner.

Tęż samą drogę obrał we Francji ksiądz Giraud-Soulavie (1752—1813) w badaniach gór wapiennych w Vivarais (1779), nie zatrzymał się wszakże na obserwacjach stratygraficznych wyłącznie, ale wykazał, że każdy rzęd pokładów, każda oddzielna nawet warstwa cechuje się osobną grupą skamieniałości. Tak poznał, że w stopniu najdolniejszym znajdują się w szczątkach skamieniałych wyłącznie wymarłe rodzaje zwierząt, jak amonity, belemnity, przewiertki (terebratule), gryfity i t. p.; w następnym, najbliższym stopniu napotkał również liczne formy zwierzęce dawno zaginione, obok nich wszakże i takie, które teraz jeszcze w morzach naszych żyją, jak chama, łodzik (nautilus), mięczaki grzebykowate i t. p. Wniósł ztąd, że podczas tworzenia się owych osadów formy, które przetrwały okres pierwszy, wraz z organizmami nowemi wymarły ku schyłkowi okresu drugiego. W trzecim okresie tworzenia, który reprezentowany jest przez wapień biały, mięki, znalazły się jedynie formy teraz jeszcze żyjące, jak voluta, ostrygi i t. p., a zarazem i rumowiska bazaltu, z czego Giraud-Soulavie wnió sł że wybuchy wulkaniczne zatrzymały się już przed złożeniem tej formacji. W ten i podobny sposób umiał uczony i bystry ksiądz do swych celów chronologicznych zużytkować wszelkie wybitne zjawiska, wskazując tem drogę, jak dzieje ziemi najłatwiej odczytać się dają. Dzieła jego wszakże, stylem ciężkim pisane, zostały zaraz zapomniane, a genialna jego próba odtworzenia dziejów ziemi na podstawie zawartości różnych pokładów pozostała na nieszczęście zupełnie bezowocna.

Proste jednak stosunki geologiczne i obfitość skamieniałości w okolicach Paryża były zbyt ponętne, by nie zwróciły znów rychło uwagi gorliwych obserwatorów przyrody. Tak już w drugiej połowie wieku XVIII poznał chemik Rouelle, że uporządkowanie skamieniałości jest stateczne i prawidłowe, że pewne warstwy w pobliżu Paryża pełne są ślimaków z rodzajów cerithium i turritella, gdy w obwodzie dalszym następuje pasmo skał z zawartością amonitów i belemnitów i t. d. Dokładne wszakże badanie zagłębia paryskiego pod względem układu warstw i skamieniałości rozpoczął dopiero w początku wieku XIX wielki anatom Jerzy Chrystjan Leopold Dagobert Cuvier (ur. 1769 w Montbéliard, zm. 1832 w Paryżu) wraz ze swym współpracownikiem Aleksandrem Brongniart (1770—1847); wykazali oni nietylko, że oddzielne pokłady w oznaczonym po sobie następują porządku, ale wyróżnili też ściśle organiczne ich zawartości, poznali, jak skamieniałości te są rozłożone i w jaki sposób zostały przechowane. Po dokładnem rozważeniu wszystkich tych dostrzeżeń doszli obaj badacze do wniosku, że formacje zagłębia paryskiego wytworzyły się z osadów w wielkiej odnodze morskiej lub w jeziorze; osady te następować musiały w pewnym, zupełnie oznaczonym porządku, a w całym obszarze dają się łatwo rozpoznać po swym charakterze petrograficznym i paleontologicznym, t. j. według swego składu mineralnego i swych zawartości organicznych. Tak np. wykazali stanowczo, że istnieje wyraźny przedział graniczny między osadami kredowemi a gliną plastyczną starszej formacji trzeciorzędowej, i wnieśli ztąd, że osady te rozpostarły się w warunkach bardzo odmiennych, a pomiędzy utworzeniem się jednego i drugiego upłynął długi odstęp czasu; dostrzegli też, że u podstawy gliny występują w różnych miejscach zlepieńce okruchów wapienia kredowego, a to doprowadziło ich do wniosku dalszego, że osady kredowe były już stwardniałe, gdy osiadała glina. Powyżej glin następują piaski, oraz w kilkakrotnej kolei ławice wapienia i marglu, a obaj obserwatorowie zdołali wykazać, że następstwo ich wszędzie w jednakim porządku ma miejsce; chociaż niekiedy pewna ławica stawała się bardzo cieńką lub brakło jej zupełnie, to wszakże można się było przekonać, że nigdy w żadnym odstępie nie znajdowano tej samej warstwy u spodu, która gdzieindziej przypadała wyżej. Aby zaś rozpoznawać rozmaite ławice wapienia w różnych miejscach, Cuvier i Brongniart rozpatrywali po prostu skamieniałości, które się w ławicach tych zawierały, gdyż przekonali się, że w osadach tworzących warstwę wspólną, zatem w osadach, które się utworzyły współcześnie i w jednakich warunkach, skamieniałości zawsze są ze sobą dobrze zgodne, typowe zaś skamieniałości, charakterystyczne dla każdej warstwy osadów, nie przechodzą nigdy do osadów wyższych, zatem młodszych, ale zastępują je tam formy nowe. Muszle wód słodkich, napotkane w poziomach wyższych, dały obu badaczom dowód, że osady wytworzyć się musiały w jeziorach słodkowodnych; inne warstwy okazały się od skamieniałości wolne, w warstwach zaś najmłodszych, aluwialnych, w napływach dolin, wykazać można było kości słoni i pnie drzewne.

W ten sposób Cuvier i Brongniart nietylko wyróżnili i rozklasyfikowali osady geologiczne w ograniczonym obszarze okolic Paryża, ale wskazali zarazem drogę, na której przy pomocy skamieniałości na całej ziemi oznaczyć można wszędzie wiek warstw i formacji oddzielnych.

Gdy we Francji do dokładnych badań zachęciły najpierw osady trzeciorzędowe, bogate w skamieniałości i prawidłowo ułożone, a w następstwie doprowadziły do metod paleontologicznego dochodzenia wieku warstw, to w Anglji podobnąż rolę odegrały dawniejsze formacje „drugorzędowe“. I tu także, jak gdzieindziej, następstwo warstw oznaczano najpierw według właściwości skał i ich układu, ale już dosyć wcześnie zwrócono uwagę na skamieniałości i ich znaczenie; przyczynił się do tego zwłaszcza William



Atol na oceanie Południowym.
Według L. Figuiera „La terre et les mers“, Paryż, 1864.

Smith (1769—1839), który już w młodości swej zbierać zaczął w Churchill skamieniałości jurajskie, a w dalszym swym zawodzie, jako geometra, uderzony zmieniającą się naturą gruntu, skał i krajobrazu, zajął się gorliwie kwestjami geologicznemi. Pracując jako inżynier przy budowie kanału w Somerset (1794—99), zwrócił staranną uwagę na pokłady i ich zawartości organiczne, a przytem poznał, „że każda warstwa posiada skamieniałości, które jej są właściwe, w przypadkach zaś wątpliwych może być według nich rozpoznana i od warstw innych odróżniona“. Nietylko wszakże zdołał oddzielne warstwy według ich skamieniałości ropoznać, ale wykazał nadto, że dokładna znajomość stosunków geologicznych dawąć może wielką korzyść i w życiu praktycznem, jak w rolnictwie, górnictwie, przy budowie dróg i kanałów, w sprawie zaopatrywania miast w wodę i w wielu innych podobnych zadaniach. Późniejsze podróże oswoiły go z formacjami geolo-

gicznemi całej Anglji, coraz nowe dostrzeżenia łączyły się z ogółem poprzednich. Już w roku 1799 zestawić mógł spis wszystkich formacji w Anglji, począwszy od węgla kamiennego w górę aż do kredy, z wykazem grubości oddzielnych ogniw, natury skał i ich skamieniałości typowych, chociaż pierwotnie praca ta w rękopisie pozostała. Dopiero w roku 1815 ogłosić zdołał swój atlas geologiczny Anglji w 15 kartach, z wyjaśnieniem obejmującem 50 stronic, w którem po raz pierwszy wprowadzona została znaczna liczba teraz jeszcze używanych terminów geologicznych.

Skoro w ten sposób, przez Cuviera i Brongniarta z jednej, a przez Williama Smitha z drugiej strony, wykazane zostało doniosłe znaczenie skamieniałości przy dochodzeniu wieku warstw skalnych, rozpoczęła się wszędzie pomyślna praca na polu dociekań geologicznych. System Wernera rozpadł się w gruzy, a miejsce jego zajął nowy system chronologiczny, którego wzniesieniem zajęto się gorliwie we wszystkich krajach oświeconych. Ztąd też pochodzi różnorodna terminologja, która się z biegiem czasu wyrobiła na oznaczenie oddzielnych formacji i ich poddziałów, piętr i stopni, a potem na drodze porozumienia międzynarodowego powszechnie się utrwaliła, gdy oczywiście również liczne terminy, niegdyś bardzo rozpowszechnione, musiały z widowni ustąpić, albo też obok nazw nowszych w ograniczonych tylko utrzymały się obszarach; wiele nazw lokalnych zyskało w ten sposób znaczenie powszechne. Inne formacje otrzymały nazwy od pewnej, szczególnie ważnej ich części składowej, jak formacja węgla kamiennego, albo też nazwę całej formacji nadała jakaś skała wybitna, jak kreda.

Werner pomiędzy swemi skałami pierwotnemi a warstwami aluwialnemi umieścił początkowo jedynie skały warstwowe, jako ogniwo pośrednie w przebiegu czasu i w budowie geologicznej. Następnie pomiędzy skały pierwotne a warstwowe wtrącił jeden jeszcze oddział, który nazwał skałami przejściowemi, przyjmując, że osady te wydzieliły się podczas przejścia ziemi z jej stanu chaotycznego do stanu na zamieszkanie przydatnego. Poznał, że w warstwach tych złożyły się najdawniejsze szczątki organiczne. Najważniejsze ich ogniwo składało się z twardego piaskowca, który miał nazwę lokalną „szarowaki“ i zatrzymał ją do obecnej chwili.

Skały warstwowe Wernera zostały zaraz w początkach wieku XIX przez poszukiwania Cuviera, Brongniarta i Williama Smitha rozwiązane na trzęciorzędowe i drugorzędowe z ich poddziałami dalszemi, skały wszakże przejściowe opierały się długo usiłowaniom rozczłonkowania chronologicznego, aż wreszcie trudne to zadanie pokonać zdołali Roderyg Impey Murchison (1792—1871) i Adam Sedgwick (1785—1873). Murchison, którego młode lata zapełnione były służbą wojskową i polowaniem na lisy, dopiero w 32 roku życia zajął się nauką geologji i odtąd z nieprzerwanym zapałem oddany jej pozostał, a w roku 1831 przedsięwziął pierwszą swą podróż do Walji, by zbadać i rozdzielić tak dotąd nieuchwytną szarowakę. Poniżej starego piaskowca czerwonego („old red sandstone“) pod Cavansham Ferry napotkał warstwy zapełnione skamieniałościami i śledził je, jak myśliwiec



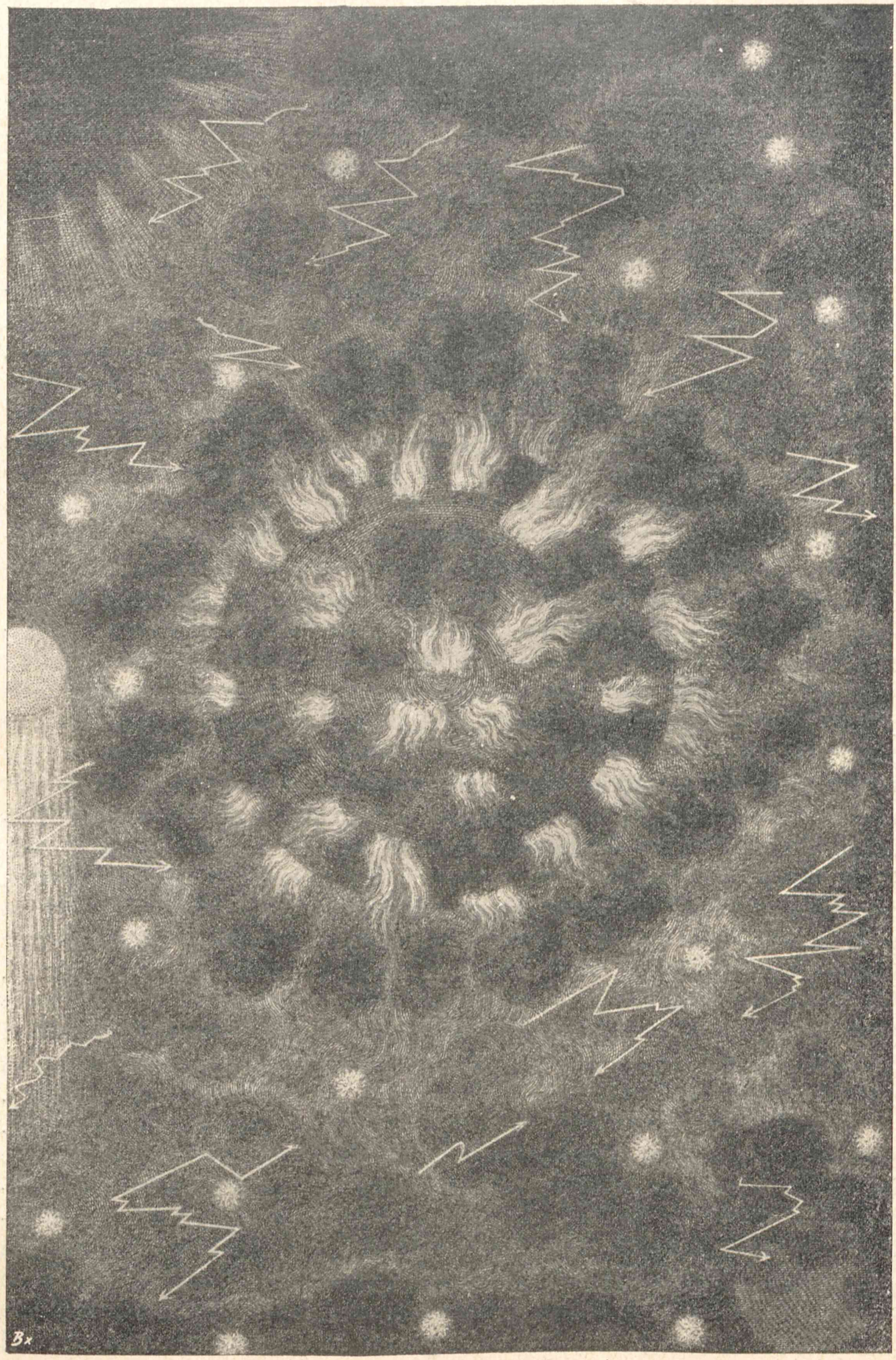
Wielki wodospad (wodospad podkowy) Niagary w Ameryce północnej.
Według fotografji Photoglob-Co. w Zurichu.

tropy ściganego zwierza, w całej ich rozciągłości podczas podróży czteromiesięcznej, by zyskać trwałą podporę do poszukiwań dalszych; poznał wtedy charakterystyczne skamieniałości tych warstw i położył tem podstawę swego systemu „sylurskiego“ (1835), biorąc te nazwę od zamieszkującego te strony w czasach rzymskich narodu Sylurów. Współcześnie prawie przyjaciel jego i współpracownik Sedgwick nazwał systemem kambryjskim układ skał jeszcze dawniejszych, które zbadał w Walji północnej, ale odgraniczenie systemu tego od Syluru nastręczyło trudności i między dawnymi przyjaciołmi wywołało spór rozjątrzony. Badania wszakże Joachima Barrande'a starych formacji czeskich i ich skamieniałości przyczyniły się wielce do odgraniczenia obu tych systemów, kambryjskiego i sylurskiego, i do usprawiedliwienia ich odrębności.

W roku 1837 William Lonsdale, na podstawie dokładnych badań skamieniałości, wprowadził między sylurem a formacją węgla kamiennego trzecie jeszcze ogniwo dawnej szarowaki, a od hrabstwa Devonshire, gdzie formacja ta najpierw zbadana została, otrzymała ona nazwę dewonu. W ten sposób skały przejściowe Wernera rozwiązały się na trzy formacje, a tem samem zaprowadzony został ład w najdawniejszych pokładach skalnych, zawierających w sobie skamieniałości, wkrótce jednak badawcza sonda geologów zapuściła się jeszcze dalej, do najstarszych głębi skalnych; A. C. Ramsay mianowicie wykazał w Walji warstwy przedkambryjskie, a William Edmund Logan (1798—1875) oddał się przeważnie badaniu gnejsów, łupków mikowych i pierwotnych łupków glinkowych, które na lądzie północno-amerykańskim tak ogromne mają rozprzestrzenienie.

Tworzenie się skał.

Nietylko wszakże starano się zbadać wiek warstw skalnych, ale także sposób ich powstania, na co już Werner baczną uwagę zwracał. Brakło jednak wtedy środków ścisłego dochodzenia budowy skał, i dopiero w XIX wieku pomysłowy mechanik William Nicol z Edynburga zaczął z odłamów skał wyrabiać płytki tak cienkie, że stawały się dostatecznie przezroczyste; w tym celu dany odłam po jednej stronie szlifował gładko i polerował, poczem tą stroną wygładzoną za pomocą balsamu kanadyjskiego przytwierdzał do płyty szklanej, a wtedy drugą stronę podobnież polerował, dopóki płyta nie osiągnęła pożądanej cienkości. Chociaż cienkie te płytki przy zastosowaniu światła spolaryzowanego dają możność jak najściślejszego badania skał, geologowie z początku zgoła z nich nie korzystali aż do połowy XIX wieku, gdy nową tę metodę poznał Henryk Sorby (1858) u Aleksandra Brysona, następcy Nicola, i wykazał, jak może być pożyteczna do wyjaśnienia budowy mikroskopowej, składu i sposobu tworzenia się skał. Zirkel w Lipsku zastosował najpierw i udoskonalił nowy ten sposób badania skał (1863), Rosenbusch, Fouqué i inni prowadzili dalej te poszukiwania, a teraz badanie mikroskopowe skał mieści się w pierwszym rzędzie środków pomocniczych, które nam służą do odczytania dziejów ziemi. Nie będę tu mówił, jak mikroskop pomaga nam do wyjaśnienia historji utworzenia się skał, następstwa oddzielnych ich części składowych, a nawet ich losów późniejszych



Ogień wewnętrzny przebija skorupę ziemską.

Według miedziorytu Pintza w „Physica sacra“ J. J. Scheuchzera z 1735 r.

(ciśnienia, poszarpania i t. p.), przypomnę tylko, że mikroskop wyświetlił pochodzenie organiczne wielu skał; przy jego pomocy dopiero można się było przekonać, że liczne skały jednorodne napozór, zbite, które za czasów Wernera pojmowano jeszcze jako osady chemiczne, w istocie rzeczy złożone są ze szczątków istot organicznych, jak różne wapienie z okruchów muszel i ślimaków, ze skorup i igieł jeżowców, oraz podobnych utworów, gdy znów inne, jak kreda (według badań Ehrenberga 1839), po większej części z otwornic (foraminiferae), a inne jeszcze, jak mąka górska, z pancerzy krzemionkowych okrzemek (diatomeae) i promieniowców (radiolaria). W ten sposób zupełnie inaczej zaczęto się zapatrywać na doniosłe znaczenie, jakie drobne organizmy zwierzęce mają w budowie różnych części składowych skorupy ziemskiej, chociaż już oddawna wiedziano, jak ważny udział w tworzeniu się raf przyjmują korale. Już w wieku XVI poznano budowle korali w morzu Czerwonem, w początkach wieku XVII opisane zostały atole Maledywów, a w wieku XVIII wykazano stanowczo, że to zwierzątka koralowe wznoszą owe budowle i że rafy koralowe ograniczone są jedynie do mórz ciepłych. Quoy i Gaimard przekonali się podczas wyprawy Freycineta 1818—1820, że korale rafowe żyć mogą jedynie w morzu płytkiem, nie głębszem nad 10 metrów, a H. Steffens z obrączkowej postaci raf lagunowych czyli atoli wniósł 1822, że istnieją tam kratery podmorskie, na których stokach osiedliły się zwierzątka. W roku 1834 wykazał Ehrenberg, że rafy nadbrzeżne morza Czerwonego tworzą na skale podstawowej powłokę około 3 metrów grubości, Karol Darwin zaś w roku 1842 na zasadzie dostrzeżeń swych, zebranych podczas wyprawy na okręcie Beagle, wyprowadził słynną swą teorję o powstawaniu raf obrączkowych. Przyjął mianowicie, że każda taka budowla koralowa otaczała pierwotnie pewną wyspę, jako jej rafa nadbrzeżna; przez powolne zagłębianie gruntu dobudzane były rafy do energicznego wzrostu w górę, aż wreszcie wyspa środkowa zanurzyła się pod poziom wody, a na powierzchni pozostała jeszcze tylko rafa obrączkowa, czyli atol. I. Dana podzielił pogląd Darwina, a F. Richthofen zastosował tę teorję do wytłomaczenia gór dolomitowych Tyrolu południowego (1860). Następnie wszakże Agassiz, Murray i inni wystąpili przeciw niej, a chociaż podjęto umyślne wiercenia na niektórych wyspach oceanu Południowego, spór ten nie został dotąd rozstrzygnięty.

Pytanie więc o powstaniu raf obrączkowych nie jest jeszcze załatwione, natomiast wszakże w świetny sposób potwierdzone zostało tłomaczenie Ehrenberga tworzenia się kredy, badania bowiem wyprawy na okręcie Challenger 1871 dowiodły, że muł dna mórz głębokich na ogromnych przestrzeniach składa się przeważnie z wapiennych otwornic i kokolitów, zwłaszcza z globigeryn. Nietylko jednak organizmom zwierzęcym przypada zadanie tak wybitne w budowie skorupy ziemskiej, nie ustępują im też zupełnie i organizmy roślinne; już w roku 1837 poznał Philippi, że zaliczane dawniej do świata zwierzęcego milepory uważać raczej należy za wodorosty wapienne, a Unger w roku 1858 wykazał ich znaczenie, jako budowniczych ziemi.

Mniej doniosłą co do rozległości, ale tem ważniejszą pod względem praktycznym jest inna skałotwórcza działalność świata roślinnego, a mianowicie zwęglanie, które część znaczną pierwotnego materjału roślinnego przechowuje dla świata potomnego w postaci nadającej się bezpośrednio do zastosowań technicznych. W torfowiskach strefy umiarkowanej widzimy ten przebieg zwęglania, dokonywający się przed wzrokiem naszym; gdy przy dostępie powietrza rośliny ulegają gniciu i pozostawiają ostatecznie jedynie tylko swój zasób substancji nieorganicznych, to w braku powietrza przechodzą długi proces rozkładu powolnego, przy którym pozostaje część znaczna węgla w roślinie zawartego; tlen, azot, kwas węglany i gaz błotny uchodzą, a w pozostającym materjale roślinnym skupia się węgiel coraz bardziej, aż ostatecznie w zupełnej czystości ukazać się może. Dla tego też i węgle kopalne przedstawiają w ogólności tem większą zawartość węgla czystego, im do starszej należą formacji. Tak świeża substancja drzewna zawiera około 53 odsetek węgla, torf napływowy około 60 odsetek, trzeciorzędowy węgiel brunatny przecięciowo około 70 odsetek, węgiel kamienny z karbonu czyli z formacji węglowej 80—90 odsetek, antracyt 94 odsetki, a grafit 100 odsetek węgla czystego. Gdy torf obecnie jeszcze tworzy się z mchu i różnych roślin błotnych, powstały trzęciorzędowe węgle brunatne przeważnie z drzew szyszkowych, palm i drzew liściastych, węgle kamienne formacji węglowej głównie z olbrzymich roślin skrytopłciowych naczyniowych, antracyt i grafit szczególniej z wodorostów. Ciśnienie i ciepło procesowi zwęglania bardzo sprzyjały; strata substancji przy przeobrażaniu drzewa w węgiel kamienny jest znaczna, a G. Bischof obliczył, że do utworzenia pokładu węgla kamiennego, na 1 metr grubego, potrzeba było 26 metrów substancji roślinnej. Czy zaś pokłady węgla kamiennego powstały na miejscu rosnących roślin, czy też ze spławionego tam materjału roślinnego, jest to obecnie jeszcze nierozstrzygnięta kwestja sporna; drugie to tłomaczenie wydaje mi się słuszniejszem.

Wątpliwą też jest jeszcze rzeczą, czy olej skalny powstał z rozkładu szczątków roślinnych, czy też zwierzęcych. Za domysłem drugim przemawia prawdopodobieństwo większe, C. Engler bowiem z tranu rybiego, poddanego destylacji pod ciśnieniem 20 do 25 atmosfer i w temperaturze 365 do 420 stopni, otrzymać zdołał produkt bardzo zbliżony do nafty pensylwańskiej *).

*) W badaniach nad zawiłą kwestją pochodzenia oleju skalnego ważny udział przyjmowali geologowie polscy, którym bogate źródła nafty w Galicji pole do poszukiwań nastręczają. Doświadczenia Englera nie mogą być wprost stosowane do wyjaśnienia genezy oleju skalnego, tworzył się on bowiem wprawdzie w naturze pod ciśnieniem nader wielkiem, ale według wszelkich danych geologicznych temperatura przy tych procesach chemicznych zachodząca nie była zbyt wygórowana. Zuber we Lwowie, opierając się na badaniach Radziszewskiego nad źródłami jodowemi w Iwoniczu, które pozostają w ścisłym związku ze źródłami nafty, oraz na badaniach Kreutza nad tworzeniem się wosku ziemnego czyli ozokerytu, przyjmuje, że olej skalny i w ogólności węglowodory kopalne rozwijać się mogą zarówno z ciał zwierzęcych, jak i roślinnych, przeważnie zaś są następstwem fermentacji gnilnej drzewnika; obecność soli morskich wpływa głównie na tworzenie się nafty ciekłej i stałego ozokerytu,

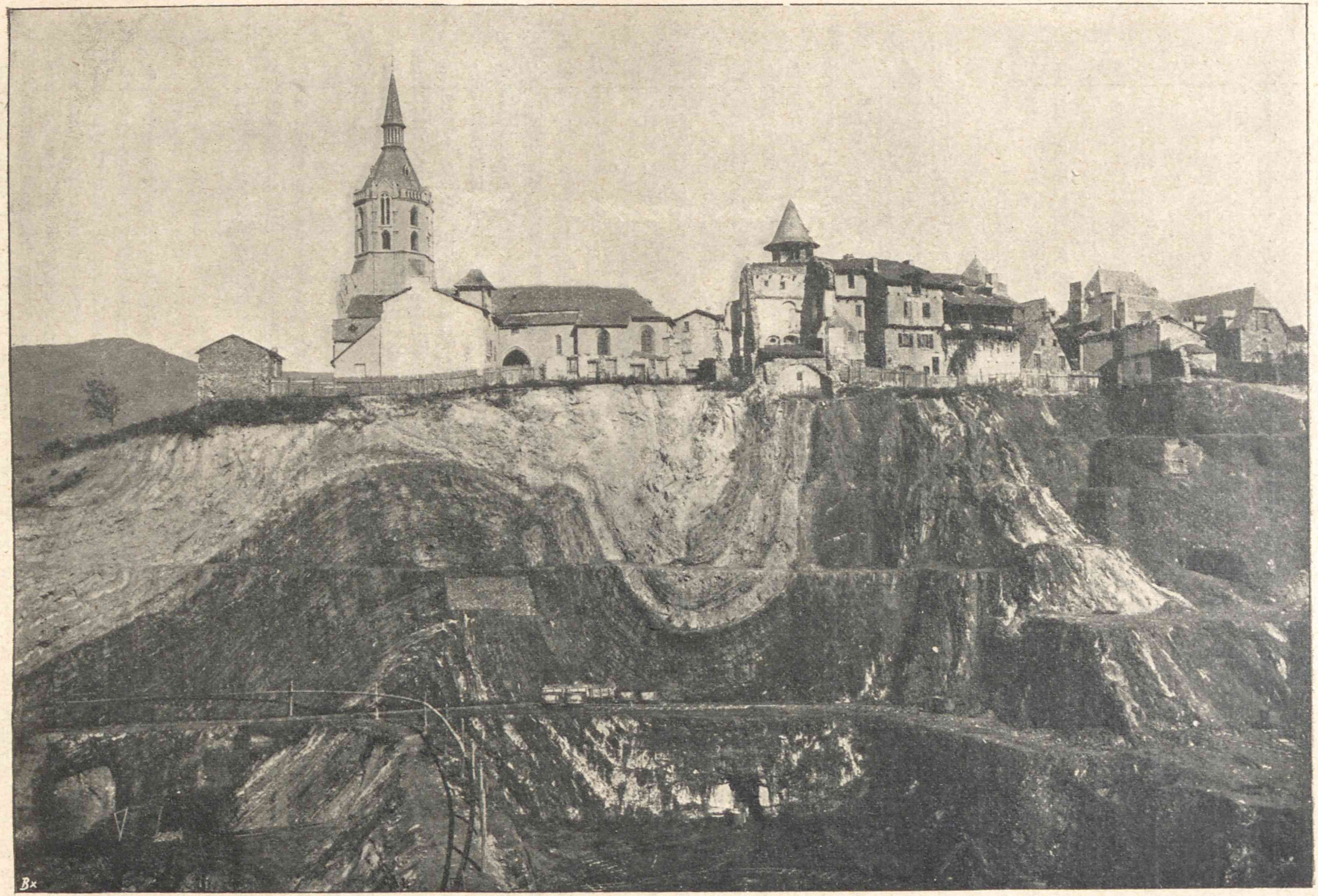
Jakkolwiek jednak wysoko cenić możemy olej skalny dla j egowliekiego znaczenia praktycznego, to gdy o znajomość dziejów ziemi idzie, ustępuje on daleko niepozornej często, a technicznie bezwartościowej skamieniałości, która niekiedy rzucić może jasne światło w ciemne zupełnie obszary historji naszej planety; pochodzenie oleju skalnego jest niepewne, niejasne, ale skamieniałość stawia nam przed oczy obraz dawnej istoty żyjącej, a tem samem nasuwa moc wyobrażeń o warunkach życia i o klimacie świata zaginionego, jest zaś w takim razie rzecz obojętna, czy istotna substancja zwierzęcia lub rośliny zachowała się w całości lub części, czy też zupełnie zatraceniu uległa, a odbudowana być może jedynie z odcisków lub odlewów, które zapełniły pozostałe przestrzenie puste, czy wreszcie budowa organiczna została utrwalona przez zastąpienie jej cząstkami ciał mineralnych, jak węglanu wapnia, krzemionki, siarku żelaza, węglanu żelaza, lub innych środków petryfikujących; jest również rzeczą obojętną, czy zachowaną została postać całego organizmu, czy tylko część jego, istotnej jest tylko wagi, by na skamieniałości rozpoznać się dały cechy istotne, z których można rodzaj i gatunek stanowczo zdeterminować. Skoro się to udaje, niepozorny odłamek skamieniałości opowiedzieć nam może często długie dzieje z dawnych czasów naszej bryły ziemskiej, a przed oczyma duszy naszej roztacza się obraz stosunków dawno minionych. W skamieniałościach ujawniają się nam przeobrażenia stanu geograficznego. Szczątki morskich zwierząt i roślin opowiadają nam nieomylnie, że w miejscu, gdzie je wykopano, władało niegdyś morze; skręcone okruchy muszel śród zaokrąglonego żwiru i piasku świadczą, że tu fala morska nieprzerwanie łamała się u wybrzeża; drobnoziarniste osady gliny z dobrze zachowanemi muszlami, jeżowcami, rakami i in. wskazują morze głębsze; ławice wapieni ze szczątkami liljowców (crinoidea) mówią o morzu niegdyś otwartem. Lądowe zwierzęta i rośliny, zwłaszcza pnie drzew i korzenie, które jeszcze tkwią w glinie, zdradzają w danem miejscu istnienie dawnego lądu i t. d. W podobny też sposób ukazują nam skamieniałości stosunki klimatyczne minionych czasów; gdy w Grenlandji np. znajdujemy skamieniałe szczątki palm, winniśmy przyjąć, że niegdyś w tych teraz zimnych okolicach ciepły klimat panował, bodaj bowiem czy istnieje na ziemi rodzina roślin, która do rozwoju swego wymaga ciepła tak znacznego, jak palmy właśnie. W podobnyż sposób dozwalają też i pewne zwierzęta wysnuwać wnioski o klimacie, ale przytem konieczna jest ostrożność większa, z powodu bowiem zdolności przystosowywania się zwierzęta łatwiej aniżeli rośliny przekraczać mogą znaczne różnice klimatyczne.

Nader wielkie mają dla nas dalej znaczenie skamieniałości, gdy idzie o oznaczenie epok historji naszej ziemi i o scharakteryzowanie różnych

---

gdy woda słodka sprzyja powstawaniu gazów i węgla. Przeważnie kryje się nafta w tych samych, głównie gliniastych pokładach, śród których powstała; wyjątkowo tylko przedostawać się może na miejsca wtórne, gdy staje się to możebnem w skutek sąsiedztwa skał porowatych i spękanych.

Przyp. tłom.



Pokład sfałdowany węgla kamiennego pod wioską obok Decazeville we Francji południowej.

Według fotografji M. Fayola.

jej okresów. Zapewne, gdy pragniemy względne długości tych okresów przez oznaczoną liczbę lat wskazać, środek nasz zawodzi zupełnie, to wszakże wiemy z pewnością, że trzeba było perjodów długości niesłychanej, by życie organiczne rozwinęło się stopniowo do stanu, jaki obecnie dokoła siebie dostrzegamy. Dopóki wraz z Cuvierem wierzono w gwałtowne przewroty ziemi, nie narzucała się jeszcze tak niezbędnie konieczność odwoływania się do niezmiernych okresów czasu dla rozwoju życia organicznego. Dopiero odkąd wielki badacz przyrody Karol Darwin (1809—1882) w słynnem swem dziele „O powstawaniu gatunków na drodze doboru naturalnego“ w nader znacznej mierze prawdopodobnym uczynił domysł, że wszystkie, najrozmaitsze formy życia zwierzęcego i roślinnego dawnych i nowych czasów są to tylko stopnie przemijające statecznie posuwającego się rozwoju, poznano z całą dobitnością, jak olbrzymi wymiar czasu musiał być do tego potrzebny, czy to przyjmujemy z Darwinem dobór naturalny, czy też wraz z Maurycym Wagnerem wędrówki i oddalenie jako okoliczności najdonioślejszego znaczenia przy powstawaniu nowych gatunków; trzeba nawet było zgodzić się z Darwinem, gdy oświadczył, że odstępy między dwiema po sobie następującemi formacjami trwały niekiedy dłużej daleko, aniżeli samo tworzenie się tych formacji. A gdy Darwin dalej wyraził domysł, że zanim utworzyły się najdawniejsze formacje zawierające skamieniałości, istniało już życie przez ciąg czasu dłuższy, aniżeli okres, który upłynął od najdawniejszych osadów kambryjskich aż do chwili obecnej, to teraz możliwości, a nawet prawdopodobieństwu takiego domysłu bodaj czy można zaprzeczyć.

W ten sposób rzucił Darwin nowe światło na trwanie okresów geologicznych, nie zdołał wszakże bynajmniej wskazać jego miary bezwzględnej. Miarę taką starano się na innej drodze wykryć. Dostrzeżono, między innemi, że wodospad Niagary, którego potężny rzut spłókuje pokład łupkowy, a ztąd sprowadza załamywanie się wyżej położonych, twardych warstw wapienia, z biegiem czasu coraz bardziej wstecz się cofa, a w teraźniejszości geologicznej, t. j. w ciągu czasu, gdy życie organiczne jeszcze się istotnie nie zmieniło, przesunął się już o znaczny odstęp 12 kilometrów. Probowano obliczyć czas, jaki łożyć musiał wodospad na podobne cofnięcie, i otrzymano ztąd liczby bardzo wielkie, przypadające między 10 000 a 50 000 lat. Znaczny odstęp tych liczb wskazuje wprawdzie, jak niepewne są podstawy takiego rachunku, w każdym jednak razie poznajemy, przez jak długi okres ciągnie się już obecna doba geologiczna i że przeobrażenia życia organicznego na ziemi zachodzą nader powolnie *).

---

*) Wskazana tu metoda dochodzenia długości okresów geologicznych polega w istocie rzeczy na oznaczaniu przeciągu czasu, jaki jest konieczny do zniszczenia znanego nam pokładu; inną sposobność wszakże do podobnych obliczeń nastręcza droga niejako wręcz przeciwna, która stara się oznaczyć szereg lat, potrzebny na utworzenie pewnego pokładu. Do wnioskowania takiego nadaje się najdogodniej narastanie warstw osadowych, zwłaszcza w deltach rzek wielkich. Dochodzenia takie prowadzono kilkakrotnie w słynnych deltach Nilu i Mississipi, ale doprowadziły do rezultatów ogólnikowych jedynie, niepewnych i słabo zaledwie

Choćby pobieżny rzut oka na zbiór okazów paleontologicznych wskazuje odrazu, jak potężnym zmianom ulegały istoty żyjące w przebiegu historji ziemi. Warstwy najmłodsze przedstawiają wprawdzie szczątki organiczne, które zupełnie lub prawie zupełnie zgodne są z gatunkami teraz jeszcze żyjącemi, ale im dalej przedzieramy się do warstw dawniejszych, tem częściej ukazują się gatunki wymarłe, tem skąpiej zaś formy jeszcze żyjące. Zwolna nikną nietylko gatunki oddzielne, ale całe rodzaje, rodziny, gromady zwierząt i roślin, coraz bardziej obcym staje się świat organiczny, który się nam w skamieniałościach wyłania, coraz rzadsze są formy, przypominające gatunki obecnie żyjące. Każdy pokład oddzielny posiada właściwe sobie stowarzyszenie form, a śród nich znowu występują pewne typy charakterystyczne; podobnie też każdy szereg pokładów, każda formacja, ma wspólne swoje rysy świata roślinnego i zwierzęcego, a ztąd jest rzeczą możliwą, według skamieniałości scharakteryzować i chronologicznie uporządkować oddzielne okresy geologiczne. Przeobrażenia, jakim uległ świat zwierzęcy i roślinny w ciągu dziejów ziemi, rozpatrywane będą szczegółowo w odpowiednich rozdziałach dalszych; tu należy nam tylko w niewielu słowach naszkicować okresy historji ziemi, które ustaliły się wraz z rozwojem badań geologicznych i jako celowi odpowiednie powszechnie zostały przyjęte.

Jak w dziejach rodu ludzkiego mówimy o historji pierwotnej, starożytności, wiekach średnich i czasach nowożytnych, tak też i w dziejach ziemi; za cechę wyróżniającą oddzielne okresy służy nam głównie charakter występującego w każdym czasie świata organicznego.

A. Historja pierwotna ziemi stanowi pojęcie geologiczne archaicznej grupy formacji czyli skał pierwotnych. Nazywano ją też nieraz azoiczną, t. j. bezzwierzęcą, wolną od istot żyjących, dotąd bowiem w formacjach tych

---

przybliżonych. Na wszystkich chronometrach, które starano się do zmierzenia długości okresów ziemskich zastosować, odczytano tylko, że biegną już od czasów niezmiernie dawnych, ale chronometry te dokładnej, a choćby przybliżonej tylko oceny czasu dawać nie mogą. Czas jest sprzymierzeńcem geologa, jako czynnik dowolny, jako jedyna zmienna niezależna, którą w spekulacjach swych bezwzględnie rozporządzać może. W ostatnich wszakże czasach nasunęła się wątpliwość, czy w rozpatrywaniu dziejów ziemi możemy tak dowolnie odwoływać się do nieograniczności czasu, znakomity bowiem fizyk angielski William Thomson, opierając się na kilku argumentach porządku fizyczno-astronomicznego, wykazał, że od wytworzenia się skorupy ziemskiej, a przynajmniej od chwili, gdy stała się zdolna do przyjęcia istot żyjących, upłynęło nie więcej nad dziesięć, lub co najwyżej piętnaście miljonów lat. Wywody jednak Thomsona, odbiegające tak daleko poza kresy dostępne bezpośrednim naszym dostrzeżeniom i doświadczeniom, nie oddziałały zgoła na poglądy geologów. Dzieje rozwoju ziemi, podobnie jak i rozwoju istot na niej żyjących, obywają się bez chronologji; ale jak legendy odnoszące się do pierwotnego bytu człowieka wtedy dopiero w poważną historję rodu ludzkiego przechodzą, gdy mogą się na chronologji oprzeć, tak samo i geologja zdobędzie może kiedyś środki, które jej pozwolą dokładniej mierzyć rozległe obszary jej czasów.—O różnych usiłowaniach odcyfrowania wieku ziemi opowiedziałem dokładniej w rozprawie „Czas“ („Szkice przyrodnicze“, Warszawa, 1893, str. 38—54).

Przyp. tłom.

skamieniałości żadnych nie napotkano. Widzieliśmy wszakże wyżej, jak wraz z Darwinem przyjąć należy, że różnokształtne już życie panować wtedy musiało przez niesłychane okresy czasu, chociaż nie przechowały się żadne jego szczątki. Grubość formacji archaicznych wynosić może około 30 kilometrów; składają się na nie głównie skały krystaliczne, a mianowicie w dolnym, starszym oddziale (formacja gnejsu pierwotnego, formacja laurentyńska) przeważnie gnejsy z wtrąconemi kwarcytami, amfibolitami i wapieniami krystalicznemi, w górnym zaś, młodszym oddziale (formacja łupka pierwotnego czyli hurońska) zwłaszcza łupki mikowe, talkowe, chlorytowe i pierwotne łupki glinkowe (fility). Warstwy są najczęściej bardzo stromo ustawione, silnie pofałdowane, często jeszcze drobno pomarszczone, a stosunki ich ułożenia nader są zawiłe. Liczne skały wybuchowe, jak granit, gabro, sjenit, djoryt, djabaz, amfibolit i in., występują w obszarze łupków krystalicznych i przebijają je. W licznych żyłach tych formacji występują bogate rudy, żelaziak magnetyczny i grafit tworzą wielkie złoża lub znaczne pokłady. Złoto i djamenty występują w pewnych ogniwach formacji archaicznych i czynią z obszarów tych korzystne i cenne ogniska górnicze.

O klimacie i o warunkach panujących na powierzchni ziemi w czasach pierwotnej jej historji nie potrafimy jasnego wytworzyć sobie obrazu. Była to pierwsza skorupa zakrzepła, która otoczyła bryłę rozżarzoną i wielokrotnie zapewne kruszyła się pod działaniem częstych wybuchów rozpalonego wnętrza, ale my jej nie znamy. Należy wszakże przyjąć, że krzepnącą kulę ziemską otaczały nietylko gazy obecnej naszej atmosfery, ale także gorące pary wodne i inne lotne związki chemiczne. Gdy następnie bryła ziemska zwolna zastygła, opadła woda gorąca w stanie ciekłym i z opadającą zarazem solą kuchenną i chlorkiem magnezu utworzyła gorące, bardzo słone morze; przyjmowano nawet, że z osadów tego morza miał się wytworzyć gnejs, ale na poparcie tego poglądu żadnego dowodu przytoczyć nie umiano. Ponieważ wszakże ziemia stopniowo coraz bardziej stygła, zmieniały się też warunki atmosfery, morza i lądu, zbliżając się coraz bardziej do stanu teraźniejszego, chociaż stopnie ciepła znacznie wyżej sięgać musiały, aniżeli obecnie. W tym czasie wybujały zapewne pierwsze na ziemi objawy życia, ale jak i w jakiej postaci, tego zgoła nie wiemy; powstało wszakże i rozwijało się dalej do nowych form doskonalszych, a jeżeli nic się z niego nie przechowało, to niewątpliwie przyczyną tego są wielorakie losy skorupy ziemskiej, żar wysoki, ciśnienie potężne i inne podobne wpływy, które mogły też znacznie przekształcić i w skały krystaliczne przeobrazić pokłady osadowe, w owych czasach wytworzone. Jedyne szczątki pierwotnego życia roślinnego naszej ziemi przedstawiają się nam może w grafitach, które się w tych skałach znajdują, już to drobno rozproszone, już skupione w złoża większe.

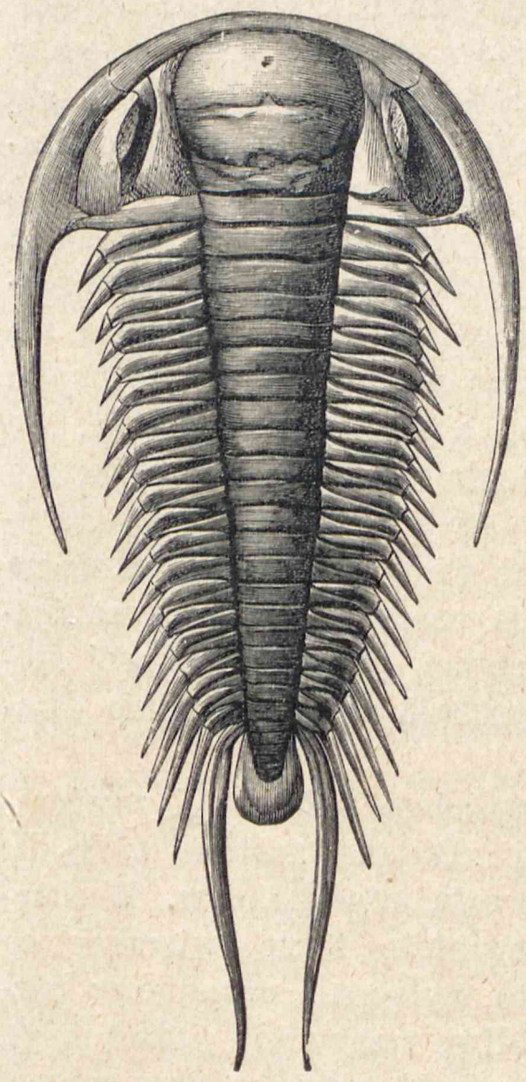
B. Starożytność ziemi obejmuje okresy czasu, gdy wprawdzie panowało już wszędzie wysoko rozwinięte życie organiczne, organizmy wszakże posiadały jeszcze rysy nader nam obce, „przestarzałe“, skąd też

szeregi warstw, które w okresie tym powstały, mają nazwę formacji „paleozoicznych“, t. j. zawierających stare formy zwierzęce. W książkach angielskich napotykamy jeszcze często stosowaną do nich nazwę formacji „prymarnych.“ Grubość ogólną całej tej grupy warstw oceniono na 15 kilometrów. Różne rodzaje skał składają się szczególniej z mułu stwardniałego, piasku i rumowisk dna morskiego—łupków glinkowych, piaskowców i szarowaki, jako też zlepieńców, pomiędzy któremi złożone są twardsze ławice lub warstwy wapieni, składających się z liljowców, korali, muszel i szczątków innych zwierząt morskich. Są to zatem przeważnie osady morskie; obok tego wszakże dają się dosyć często rozpoznawać szczątki bagnisk nadbrzeżnych i obszarów lądowych, które dozwalają wejrzeć w życie lądów ówczesnych. Z osadów morskich można wywnioskować, że utworzyły się głównie w morzu płytkiem, a znaczna ich grubość dowodzi, że w obszarach tych miało miejsce powolne obniżanie się dna morskiego. I inne też ruchy, fałdowania i załomy skorupy ziemskiej przytrafiały się wielokrotnie w czasach paleozoicznych, a zarazem często wyrywała się z głębi lawa rozpalona i miały miejsce obfite wybuchy wulkaniczne, skąd mnożyła się różnorodność skał i form powierzchni ziemi. Życie organiczne było w owych czasach daleko jednostajniejsze na całej ziemi, a stąd wnosić można, że i klimat na całej ziemi dosyć był jednaki, cieplejszy aniżeli obecnie; nie było jeszcze wtedy wielkiego zimna okolic podbiegunowych, ale temperatura zwrotnikowa panowała powszechnie. Radosne życie kwitło pomyślnie na powierzchni całej ziemi i rozwijało się z biegiem czasu w formy coraz liczniejsze i rozmaitsze, tak, że można z nich wyczytać powolny rozwój stopniowy i według rodzaju form organicznych wyróżnić osobne, wielkie działy, formacje czyli okresy geologiczne.

1. Okres kambryjski obejmuje najdawniejszą z formacji zawierających skamieniałości; formacja ta najpierwej zbadana została w Walji i otrzymała nazwę od Kambrów, dawnych tego kraju mieszkańców. W okresie tym istniało już wysoko stosunkowo rozwinięte życie zwierzęce, co wszakże do naszych czasów się przechowało, są to wyłącznie organizmy bezkręgowe: szczególne skorupiaki (trylobity), osobliwe mszywioły (graptolity), liczne ramieniopławy, lilje morskie (cystideae), robaki morskie, oraz pewne, trudne do wytłomaczenia, ale charakterystyczne formy zwierzęce lub roślinne, jak oldhamia, z wyraźnych zaś szczątków roślinnych tylko szuwary (fucoidea). Wszystkie te organizmy pierwotne należą do mórz; czy i ląd stały zamieszkały już był przez zwierzęta i rośliny, tego nie wiemy.

2. W formacji sylurskiej zdumiewające trylobity dosięgają najwyższego swego rozwoju, graptolity, ramieniopławy, lilje morskie, gwiazdy morskie, korale występują w wielkiej ilości; pierwsze zwierzęta kręgowe w postaci szczególnych ryb ukazują się w górnych warstwach syluru. Lądowe zwierzęta i rośliny może już żyły dosyć obficie, znaleziono wszakże dotąd jedynie bardzo skąpe szczątki niedźwiadków i jeden owad, krajobrazu przeto sylurskiego przedstawić sobie nie umiemy.

3. W formacji dewońskiej natomiast zaczyna się już ląd stały zdobić okazalszym rozrostem roślinnym; paprocie, widłaki (lepidodendron) i kalamity wraz z pierwszemi drzewami szyszkowemi pokrywają ląd zielenią jednostajną; coraz bogaciej wszakże rozwija się życie zwierzęce w morzu i w wielkich jeziorach słodkowodnych owych czasów. Liczne ryby szklistołuskie (ganoidei) i chrząstkowate zaludniają wody, występują głowopławy (goniatyty), zjawiają się nowe formy korali, liljowców i muszel, graptolity natomiast już wymarły i tylko niewielka liczba gatunków trylobitów odzwierciedla jeszcze zamierzchły charakter poprzednich okresów. Przeważna część skał formacji dewońskiej pochodzi jeszcze z osadów morskich, obok tego jednak znajdują się w Wielkiej Brytanji i Ameryce północnej współcześnie wytworzone osady wód słodkich ze skamieniałościami lądowemi i słodkowodnemi, znane pod nazwą starego piaskowca czerwonego (olt red sandstone), które powstały w różnych warunkach, a stąd też przestawiają charakter bardzo rozliczny.



Trylobit, skamieniałość typowa z kambru czeskiego.
Według Barrande'a.

4. Formacją węglową, formacją węgla kamiennego albo karbonem nazywa się następny szereg warstw, ponieważ znajdujące się w nich pokłady węgla kamiennego do najbardziej uderzających ich właściwości należą. Głębszy, starszy oddział formacji składa się jeszcze zwykle z wapieni (wapień węglowy czyli wapień górski), wytworzonych na dnie morza przez korale, liljowce, ramieniopławy i liczne szczątki innych organizmów, albo też z morskich łupków glinkowych, łupków krzemionkowych, piaskowców, szarowak i zlepieńców, ze skąpą ilością skamieniałości (formacja kulmska). Oddział natomiast wyższy przedstawia najczęściej częstą zmianę piaskowców, łupków glinkowych i pokładów węgla kamiennego; ten ostatni utworzył się widocznie w rozległych bagnach i w zanieczyszczonych zbiorowiskach wód słodkich (formacja węglowa podukcyjna). Gdy zaś formacja ta, tak ważna ze względów technicznych, powstawała na powolnie opadających nizinach lądu stałego, tworzyły się współcześnie na dnie morskiem wapienie ze skorup otwornic.

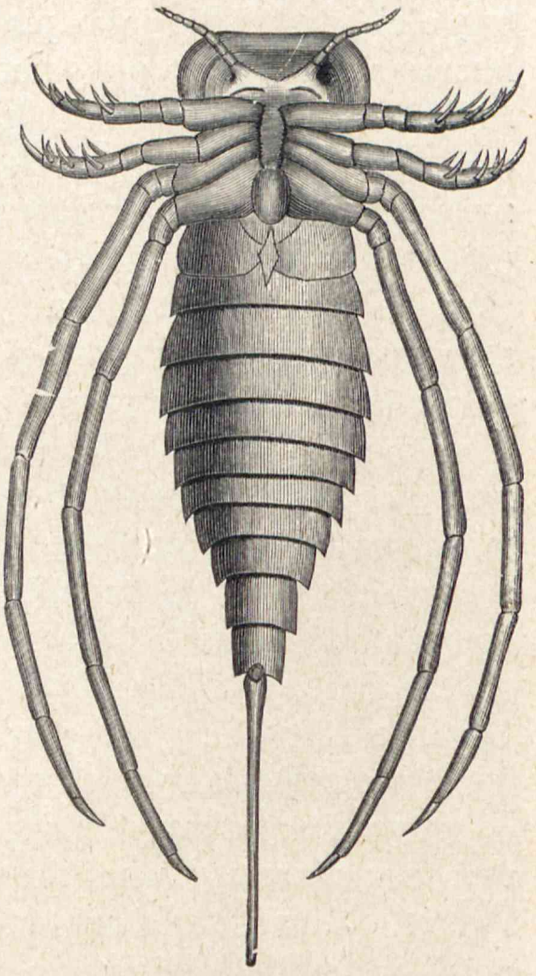
Bogactwo świata zwierzęcego jest tu znaczne; trylobity wprawdzie ukazują się w niewielu tylko gatunkach i wymierają całkowicie w okresie węglowym, ale otwornice, korale, lilje morskie, jeżowce, głowopławy, ramieniopławy występują w nowych formach, do rekinów podobne ryby chrząstkowate i ryby szklistołuskie o drobnych łuskach zamieszkują wody. Dosyć



Krajobraz z okresu węglowego.

Malował W. Kranz według wskazówek profesora Potonié.

obfite życie zwierzęce rozwinęło się i na lądzie, ukazały się niedźwiadki, wije (krocionogi), karaczany, termity i płazy do salamandr podobne, ożywiając jednostajne stosunkowo, ale nader bujne lasy lądowe. Olbrzymie paprocie, widłaki i skrzypy, osobliwe drzewa iglaste, które pod wpływem wysokiego ciepła i wilgoci powietrza zyskały rozwój nader silny na gruncie często błotnym, wytworzyć musiały krajobraz szczególny, nastroju melancholicznego; dziwaczne formy drzew, przeważająca ciemna zieleń, nigdzie czarem barwnych kwiatów nieprzerwana i jedynie kontrastem ciemnych części kory tłumiona, połyskująca woda, tu i owdzie sącząca się z gruntu zielenią ujętego, brak zupełny większych zwierząt lądowych, któreby ożywić mogły gnębiącą dusznością przejęty krajobraz,—wszystko to łączy się w widok tak obcy, że na dzisiejszej naszej ziemi nic zgoła nawet w słabem przybliżeniu nam go nie przypomina (ob. dodatek).



Eurypterus, skamieniałość typowa z angielskiego syluru górnego.
Odbudowana przez Woodwarda.

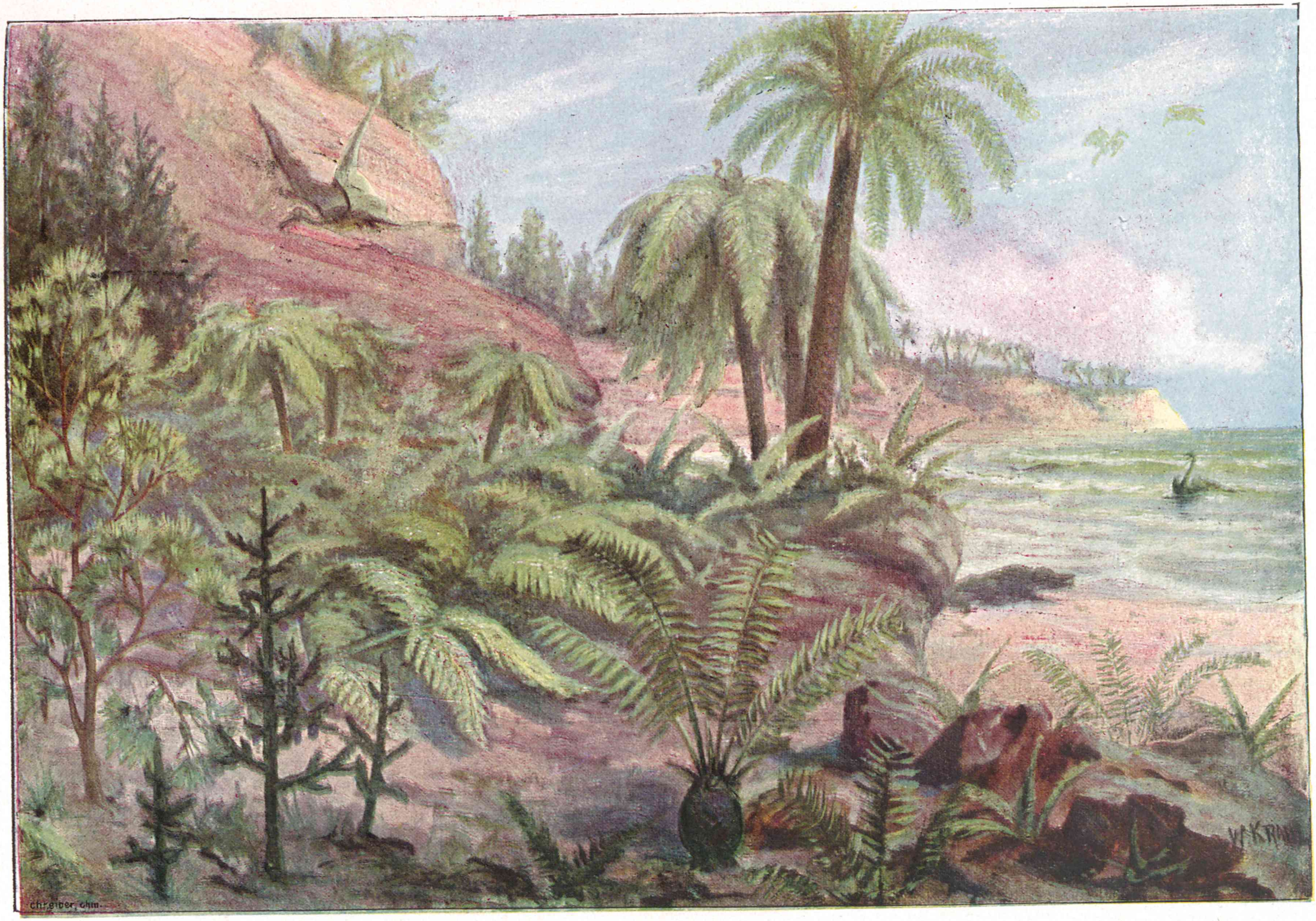
5. Ku końcowi okresu węglowego nastąpił perjod gwałtownych przewrotów na znacznej części ziemi, skąd w ogólności osady bezpośrednio młodsze niejednostajnie na skałach węglowych spoczywają. W niewielu tylko miejscach, jak we Francji południowej i w Czechach, brak takich zakłóceń w stosunkach ułożenia, a tam też dostrzedz można, że stopniowe przejście prowadzi od pokładów i skamieniałości okresu węglowego do następnej formacji p e r m s k i e j, tak nazwanej od rosyjskiej gubernji tejże nazwy, gdzie formacja ta szczególniej pięknie jest rozwinięta. W Niemczech nadawano długo formacji tej nazwę d j a s u, rozpada się tam bowiem wyraźnie na dwa wielkie oddziały; piętro dolne składa się głównie z czerwono zabarwionych zlepieńców, piaskowców i iłów łupkowatych, obejmowanych ogólną nazwą czerwonego piaskowca podstawowego (niem. rotliegende), któremu w Anglji odpowiada nowszy piaskowiec czerwony (new red sandstone); piętro górne djasu niemieckiego nazywa się cechsztejn (zechstein) i na brzegu południowym Harzu składa się z łupków marglowych zawierających glinkę, dolomitu, gipsu i anhydrytu z cennemi złożami soli kamiennej i soli potażowych. Świat zwierzęcy i roślinny formacji permskiej wiąże się ściśle z formacją węglową; jako istotny postęp w świecie zwierzęcym przytoczyć należy pierwsze zjawienie się prawdziwych zwierząt jaszczurkowatych.

Wraz z permem gaśnie zwolna charakter przestarzały świata zwierzęcego i roślinnego; rozpoczyna się wiek nowy z bardziej urozmaiconem życiem organicznem.

C. Era mezozoiczna. Ta grupa formacji, średniowiecze ziemi, obejmuje szereg pokładów o grubości kilku kilometrów. Znaczna liczba różnorodnych skał osadowych bierze udział w składzie tych formacji, które w różnych krajach okazują rozwój bardzo rozmaity, skąd często nastręczały się wielkie trudności przy wynajdowaniu jednorodnych osadów w oddzielnych okolicach.

1. Trjas, najdawniejsza z formacji mezozoicznych, ma nazwę swą od naturalnego podziału na trzy piętra, jaki rozwój jej przedstawia w Europie środkowej. Najstarszem ogniwem trjasu jest piaskowiec pstry, który najczęściej występuje jako piaskowiec kwarcowy z lepiszczem gliniastem, żelazistem lub krzemionkowem i zwykle okazuje barwy czerwono-brunatne, żółte, zielonawe, białe lub pstro plamiste. Skamieniałości roślin i zwierząt dosyć są skąpe, stosunkowo często jednak napotykają się ślady płazów, zwłaszcza odciski nóg chirotherium. Ogniwo środkowe trjasu tworzy wapień muszlowy, w niektórych miejscach bardzo w skamieniałości obfity. Górnem ogniwem trjasu jest kejper (keuper), składający się głównie z pstrych margli, a przytem z glin. łupków ilastych, gipsu, anhydrytu, soli kamiennych i węgli gliniastych. W ogólności nie obfituje w skamieniałości; w najwyższych pokładach kejpru w Wirtembergji napotykają się pierwsze zaczątki zwierząt ssących na ziemi, znaleziono tam mianowicie ząb zwierzęcia workowatego (microlestes antiquus). W trjasie występują też pierwsze szczątki krokodyli i niektórych innych nowych form zwierząt jaszczurkowatych; zarazem też po raz pierwszy ukazują się istotne amonity, które należą do najbardziej typowych zwierząt czasów mezozoicznych. Przytem też lilje morskie, głowopławy, gady i ryby mają ważne w trjasie znaczenie. W świecie roślinnym skrytopłciowe ustępują silnie się rozwijającym sagowcowatym i szyszkowym; nowe rodzaje wysuwają się obok form paleozoicznych i po raz pierwszy ukazuje się skrzyp prawdziwy.

2. Jura, środkowa formacja mezozoiczna, ma nazwę swą od gór Jurajskich, gdzie następstwo warstw szczególniej dokładnie daje się obserwować. Flora tego okresu dziejów ziemi cechuje się temiż samemi rysami charakterystycznemi, co i w trjasie: paprocie, skrzypy, szyszkowe i sagowcowe. Wybitny rozwój osiągają zwłaszcza sagowcowe, oraz drzewa, które są zwiastunami araukarji południowo-amerykańskich i sosen naszych. Jakkolwiek rośliny te w osadach jurajskich napotykają się jeszcze w Szpicbergu, jednakże zaczynają się już w owym czasie wybijać słabe wyróżnienia w klimatach różnych stref, które obecnie tak się ostro wyodrębniają. Życie zwierzęce było w wodzie i na lądzie obficiej rozwinięte, aniżeli kiedykolwiek poprzednio; szeroko rozpościerały się korale budujące rafy, zgoła różne od wymarłych już rodzajów paleozoicznych. Lilje morskie odgrywały ważną rolę, jeżowce, ramieniopławy, muszle, ślimaki, ryby szklistołuskie i chrząstkowate w znacznych ilościach ożywiały morza; szczególnie wszakże wysoki rozwój zyskały głowopławy: belemnity i amonity ukazały się w niezmiernej ilości gatunków i osobników. Olbrzymie jaszczurki z głową krokodylową,



Krajobraz z okresu jurajskiego.

Malował W. Kranz według wskazówek profesora Potonié.

z kręgosłupem rybim i nogami płetwowemi (ichtyosaurus i długoszyi plesiosaurus (ob. rys.) ukazały się na widowni wraz z istotnemi krokodylami; do tego przybyły olbrzymie dinozaury, których pewne gatunki dosięgły potężnych wymiarów (do 30 metrów długości); raki, żółwie i szczury workowate czołgały się po ziemi, powietrze ożywiały ważki i chrząszcze, a obok nich także i jaszczurki latające, opatrzone błoną lotną, jak nietoperze dzisiejsze (pterodactylusirhamphorhynchus), oraz pierwsze ptaki, których przedstawicielem był archaeopteryx, wielkości gołębia, cechujący się długim ogonem upierzonym i szczęką zębami osadzoną.

Gdy rozglądamy odtworzony krajobraz z okresu jurajskiego, to w roślinności ówczesnej nie znajdujemy charakteru zbyt nam obcego, jakkolwiek oczywiście rzucają się w oczy i wybitne różnice od flory obecnej. Osobliwe natomiast



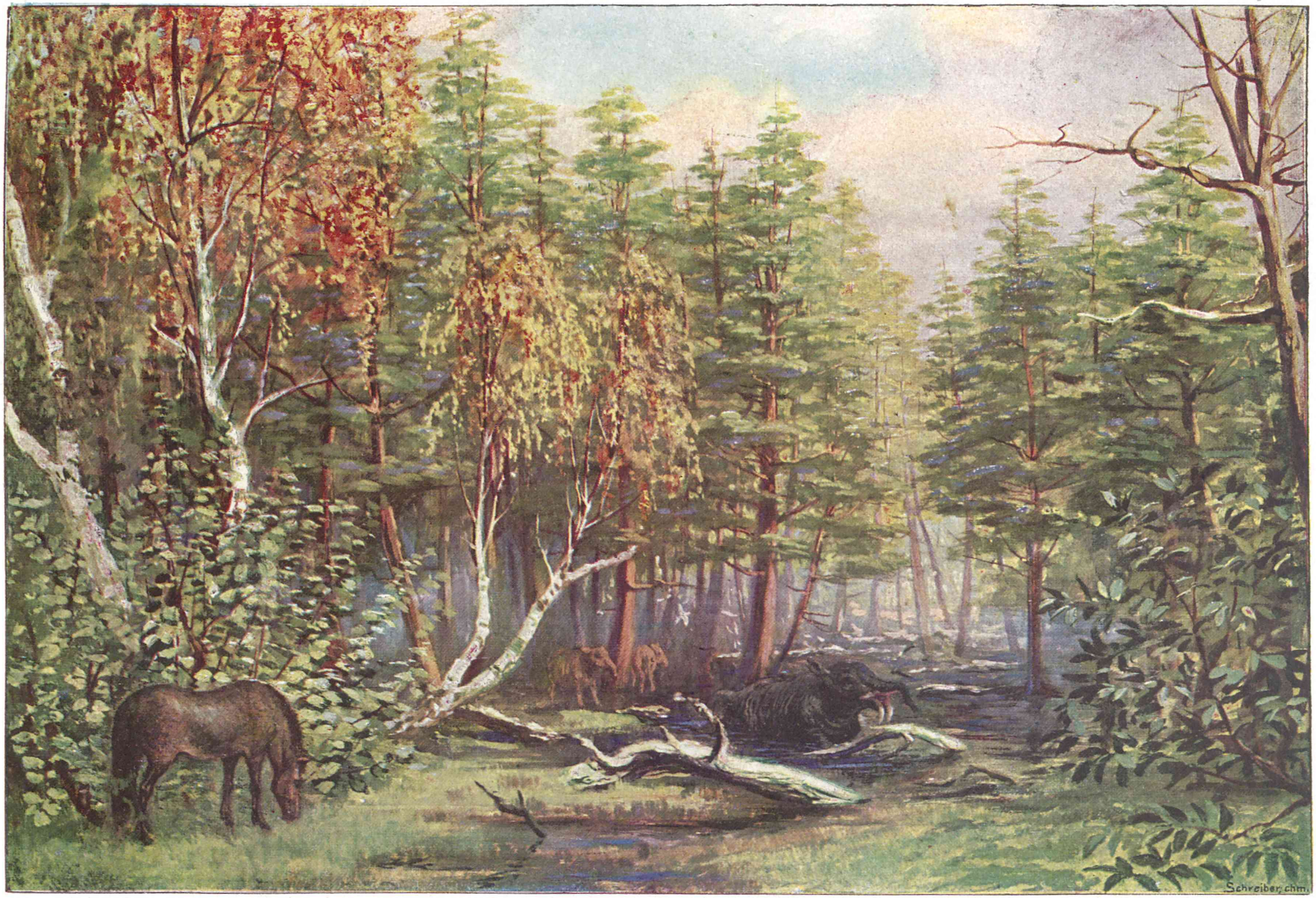
Plesiosaurus.

Według Owena „Gady kopalne formacji liasowej“ Londyn, 1861—81.

i bajeczne ukazują się nam formy zwierzęce, które przemożnie przenoszą nas w odległe czasy dziejów ziemi. Grubość osadów jurajskich dochodzi do 1 kilometra. Cała formacja rozkłada się na trzy wyraźnie odróżniające się piętra, z których najstarsze (lias czyli jura czarna) składa się głównie z ciemnych łupków gliniastych, margli, piaskowców i wapieni, gdy piętro średnie (dogger czyli jura brunatna) zbudowane jest przeważnie z piaskowców brunatnych, ciemnych glin i margli, albo też z wapieni rozmaicie zabarwionych. Piętro górne (malm czyli jura biała) składa się natomiast głównie z białych wapieni i dolomitów.

3. Formacja kredowa otrzymała nazwę w Europie zachodniej, najbardziej bowiem uderzającem ogniwem tego szeregu pokładów w Anglji i Francji północnej jest biała kreda pisarska. Cała formacja jest w Europie bardzo szeroko rozprzestrzeniona, a ponieważ skały jej są w przeważnej części pochodzenia morskiego, łatwo wnieść można, jak potężne zmiany zaszły w obliczu ziemi od czasów epoki kredowej. Ląd północny wznosił się wtedy w Szkocji i Skandynawji, na południe zaś względem niego w Anglji, Francji północnej, Belgji, w Niemczech północnych, Polsce, Czechach, Szląsku rozpościerało się płytkie morze kredowe, które ulegało kilkakrotnemu kołysaniu się dna; od Francji środkowej ciągnął się pas lądowy przez Czarny Las ku wschodowi, a na południe stąd szerzyło się znów morze kredowe nad całą Europą południową aż do Afryki północnej, i na wschód aż do wnętrza Azji. Przy takim rozkładzie mórz zrozumieć można, że w obszarze północnym i południowym znajdujemy skamieniałości nader różne: na północy wciąż się zmieniały warunki, śród których istniał świat zwierzęcy i usypywały się osady, zdradzające liczne ślady sąsiedztwa lądu, na południu rozlegało się morze otwarte z bardzo jednostajnemi warunkami życia i osadów.

Świat roślinny w okresie kredowym znacznie postąpił; w dolnej połowie osadów kredowych napotykamy wprawdzie też same jeszcze typy, co w warstwach jurajskich: paprocie, sagowcowe, szyszkowe, ale w górnej natomiast kredzie występują już w znacznej ilości pierwsze drzewa liściaste, napotykamy zwiastunów naszego klonu, naszej olchy, dębu, figowca, topoli, naszego drzewa orzechowego i wawrzynowego, oraz wielu innych gatunków drzew, a widok lasu z czasów kredowych uderzałby nas powabem świeżym tem bardziej, że także sosny, jałowce, palmy i nowe rodzaje paproci wzmagają wrażenie flory nowoczesnej. Postęp świata roślinnego tak jest znaczny, że już tu należałoby mieścić początek nowej ery geologicznej, gdyby przy podziale chronologicznym nie wspierano się raczej na świecie zwierzęcym, który dłużej swój obcy charakter zachował. Otwornice występują w ilości niezmiernej i budują w wielu miejscach potężne pokłady wapieni; gąbki, jeżowce i właściwe muszle mają doniosłe znaczenie. Balemnity i amonity ukazują się jeszcze bardzo licznie, ale bynajmniej już nie dosięgają rozwoju tak bogatego, jak w okresie jurajskim, i wymierają w ciągu perjodu kredowego. Także i gady obfitością gatunków i osobników ustępują rozwojowi w czasach jurajskich, jednakże bytuje jeszcze szereg olbrzymich i nader



Krajobraz ze środkowego okresu trzeciorzędowego (mioceniecznego).

Malował W. Kranz według wskazówek profesora Potonié.

charakterystycznych jaszczurów (jak olbrzymi iguanodon i potężny mosasaurus z rzędu dynozaurów), ptaków i pierwszych przedstawicieli ryb kościstych. W formacji kredowej rozróżniają się zwykle dwa główne oddziały, kreda spodnia i wierzchnia, z których każda rozpada się znowu na pewną liczbę poddziałów dalszych. Do kredy dolnej należą: 1) piętro neokomskie czyli hils, oraz wealdeńskie, mające nazwę od lesistych okręgów Anglji (wealds), i 2) piętro piaskowca zielonego, gault albo albian, do kredy zaś górnej: 1) piętro cenomańskie (margle kredowe, opoka), 2) turońskie i 3) senońskie.

Z okresem kredowym zamyka się średniowiecze dziejów ziemi; świat zwierzęcy i roślinny zatrzymał w ciągu tych czasów pewien charakter właściwy, który mniej wprawdzie nam się obcym ukazuje, aniżeli charakter fauny i flory paleozoicznej, jednakowoż uderza nas jeszcze pewną odrębnością, zwłaszcza przez wygórowanie amonitów i belemnitów, oraz panowanie olbrzymich jaszczurów różnej postaci. Wszystko to zmienia się z początkiem nowożytnych czasów geologicznych, z brzaskiem okresu cenozoicznego.

D. Grupa cenozoiczna obejmuje formacje trzeciorzędowe i czwartorzędowe, czyli pokłady, w których życie roślinne i zwierzęce wytwarza już formy nowoczesne, mające charakter tworów dzisiejszych. Początek ery cenozoicznej, okres trzeciorzędowy, sprowadził głębokie przeobrażenie stosunków na powierzchni całej ziemi. Teraz dopiero, w skutek licznych w różnych stronach podniesień i obniżeń gruntu, wytworzyły się w najistotniejszych zarysach obecne formy lądów. Najwyższe szczyty i najznaczniejsze góry naszej bryły ziemskiej powstały w ciągu okresu trzeciorzędowego; coraz bardziej układał się klimat ziemski według stref i wyniesień, aż rozwinęły się obecnie panujące, wybitne sprzeczności klimatyczne. W miejsce wygasłych lub na ubocze silnie usuniętych mezozoicznych form zwierzęcych i roślinnych wystąpiły typy nowe; palmy, drzewa liściaste i zwierzęta ssące zyskały rozwój wspaniały, a gdy rozpatrujemy odtworzony krajobraz z okresu trzeciorzędowego, przy powierzchownym przeglądzie wydawać się nam niemal może, że jesteśmy do czasów obecnych przeniesieni, w okolicach zaś zwrotnikowych moglibyśmy odszukać wiele rysów pokrewnych, zwłaszcza co się tyczy świata roślinnego, ale i świat zwierzęcy przedstawia obfite formy do dzisiejszych podobne; paszący się przodek naszego konia albo igrający tapir wyglądają tak prawie, jakbyśmy do czynienia mieli z żyjącymi teraz ich potomkami, chociaż znowu dinotherium, osobliwy zwierz gruboskórny, żywioł obcy do krajobrazu wprowadza (ob. dodatek). W ogólności, przy rozpatrywaniu ściślejszem poznajemy, że w okresie trzeciorzędowym jest jeszcze wiele rodzajów i gatunków różnych od dzisiejszych, ale z biegiem czasu coraz silniejsze następuje zbliżenie do stosunków nowoczesnych. Według stopnia tego zbliżenia rozróżniają się cztery działy główne: 1) eocen, okres, w którym napotykają się pierwsze dopiero zapowiedzie życia nowoczesnego, następnie 2) oligocen, który również słabą jeszcze z niem łączność ujawnia, gdy 3) w miocenie napotykamy już 10—40

odsetek żyjących jeszcze gatunków mięczaków, a 4) w pliocenie nawet 40—90 odsetek. Coraz też bardziej ustępują właściwe formy przestarzałe, a obraz ogólny zyskuje charakter czasów teraźniejszych. Ponieważ wszakże w okresie trzeciorzędowym odstępstwa klimatyczne na ziemi bardzo już wybitne były, pojmujemy przeto, że w różnych okolicach obserwować można bardzo znaczną rozmaitość w faunie i florze, a ztąd z trudem nieraz przychodziło wykazać jednorodność znacznie między sobą oddalonych osadów.

Najmłodsza formacja geologiczna, czwartorzędowa, porządkuje się zwykle na dwa poddziały, diluvium czyli napływy i alluvium, napływy nowsze czyli dopływy. W okresie dyluwialnym czyli pleistocenicznym klimat ziemi tak bardzo się oziębił, że wielka część Europy i Ameryki północnej pogrzebana była pod grubą powłoką lodową, w okolicach nawet zwrotnikowych granica śnieżna i lodniki schodziły znaczniej niżej, aniżeli obecnie, a podobnież i na lądzie południowym nastąpiło silne zlodowacenie. Potężne pokłady lodu rozchodziły się we wszystkich kierunkach ze środkowych obszarów Skandynawji, zapełniały morze Baltyckie i Północne, sunęły przez Danję i Holandję aż do ujść dzisiejszych Tamizy i Renu, z drugiej strony przez nizinę północno-niemiecką dosięgały Harzu, gór Kruszczowych i Sudetów, a również cała Polska i przeważna część Rosji europejskiej lodowcami pokryte były. Grubość tych pokładów lodowych w wielu miejscach dochodzić mogła 1—2 kilometrów. Olbrzymie lodniki zbiegały z Alp na równiny, gdzie żerował mamut i renifer, a rosła brzoza karłowata i wierzba podbiegunowa. Nawet średniej wysokości góry Europy środkowej pokryte były lodnikami, aż klimat złagodniał, a pola dawniej lodem zaległe ukazały się teraz zasypane rumowiskami skalnemi lodników, piaskiem ich plamisk, gliną ich moren dennych *). Woda i wiatry poczęły miotać tym

*) Znaczne obniżenie temperatury w okresie dyluwialnym uderza nas jako nagła przerwa w statecznej dotąd ciągłości rozwoju ziemi, z przyczyn wszakże, które spowodowały tak wzmożone rozprzestrzenienie się lodu, sprawy zdać sobie nie umiemy dokładnie. Czy było to zjawisko wyjątkowe tylko, jednorazowe, jakby przypadkowe, czy też jest to raczej objaw perjodyczny, powtarzający się w pewnych odstępach czasu; czy działały tu wpływy ziemskie jedynie, czy raczej przyczyny szukać należy w słońcu lub też w położeniu ziemi względem niego, tego nie wiemy stanowczo. Ci, co szukali ziemskich jedynie źródeł okresu lodowego, odwoływali się do przypuszczalnie znaczniejszej wysokości gór w owej epoce (Charpentier), do większej obfitości pary wodnej w powietrzu, do odmiennego niż obecnie rozkładu mórz i lądów (Lyell), do innego kierunku prądu zatokowego czyli golfstromu, który teraz wpływ tak dobroczynny na klimat Europy wywiera. Wszystkie te jednak poglądy nie dają się dostatecznie uzasadnić, a jeżeli zważymy, że objawy oziębienia klimatu w okresie dyluwialnym nie ograniczają się do naszej tylko części świata, ale ślady ich nastręczają się na całej ziemi, wydaje się rzeczą bardziej prawdopodobną, że działały tu przyczyny ogólniejsze. Przyjmowano więc, że w pewnej epoce nastąpiło obniżenie promieniowania słonecznego, może wskutek obfitego rozwoju plam na powierzchni słońca, ale jest to domysł dowolny zupełnie, któremu brak jakiegokolwiek poparcia. Daleko lepiej natomiast uzasadniona jest inna teorja, która odwołuje się do wielkich okresów astronomicznych, wskazana najpierw przez J. Herschla w roku 1830, a następnie rozwinięta i udoskonalona przez Adhémara, Crolla i Pencka.

Okresy, o których tu mowa, tyczą się zmienności mimośrodu drogi ziemskiej, oraz obiegu punktu jej przysłonecznego i odsłonecznego. W punkcie przysłonecznym swej drogi, czyli po prostu najbliżej słońca, znajduje się obecnie ziemia w tym czasię, gdy na półkuli



Krajobraz z okresu lodowego.

Malował W. Kranz.

materjałem, usypały z nich osady i wytworzyły les *). Ale jeszcze po raz drugi i trzeci, a według Pencka nawet po raz czwarty, przeciągnęła fala

---

północnej panuje zima, a na południowej lato; po tej zaś części swej drogi, która przypada bliżej słońca, ziemia bieży prędzej, aniżeli po części od słońca bardziej oddalonej; wypada ztąd zatem, że półrocze zimowe dla półkuli północnej trwa nieco krócej, aniżeli letnie, gdy dla półkuli południowej stosunek jest wręcz przeciwny. Korzystne to wszakże położenie półkuli północnej nie jest niezmienne, punkt bowiem przysłoneczny przesuwa się po ekliptyce i na jej obieżenie potrzebuje około 21 000 lat; po upływie zatem połowy tego okresu, za lat 10 500, półkula południowa doznawać będzie przyjaźniejszych warunków klimatycznych, a po dalszych 10 500 latach korzyść ta przejdzie znów na rzecz półkuli północnej.

Sama nadto postać drogi ziemskiej ulega również pewnemu przeinaczeniu w biegu długich okresów, staje się silniej wydłużoną lub też bardziej kołową; obecnie jest elipsą niewiele tylko od okresu koła odstępującą i w ciągu jakich 24 000 lat zbliżać się będzie jeszcze więcej do postaci kołowej, poczem znów zmiana dokonywać się będzie w kierunku przeciwnym. Ponieważ słońce mieści się w jednem z ognisk elipsy, odległość tedy punktu przysłonecznego i odsłonecznego drogi ziemskiej od słońca nie jest stateczna; gdy obecnie na półkuli północnej jest półrocze letnie o 6 dni dłuższe, aniżeli zimowe, a na półkuli południowej o tyleż dni krótsze, zachodzić mogą przypadki, gdy różnica ta aż 36 dni dosięga. W epokach zatem tak wielkiej eliptyczności drogi ziemskiej pomiędzy półkulą północną a południową występują różnice klimatyczne daleko wybitniejsze, aniżeli je dostrzegamy obecnie przy kołowej prawie postaci drogi ziemskiej. Półkula, na której tak długie zimy panują, przedstawia warunki sprzyjające rozwojowi lodników tak dalece, że wytwarzać tam mogą istny okres lodowy. Po następnym przebiegu tego długiego okresu podobne warunki powtarzają się dla półkuli drugiej.

Według tej zatem teorji astronomicznej okres lodowy nie obejmował naraz całej ziemi, ale przypadał naprzemian na półkuli północnej i południowej, nie był zjawiskiem przypadkowem, jednokrotnem, ale każda półkula przechodzić już musiała cały szereg podobnych okresów lodowych. Dostrzeżono też rzeczywiście pewne ślady takich objawów już w najdawniejszych formacjach skorupy ziemskiej,chociaż dowody te nie mogą być oczywiście dosyć przekonywające.

W ten sposób znajdujemy wyjaśnienie perjodycznych zmian klimatu, nie idzie jednak za tem, by każdy powrót okresu zim długotrwałych sprowadzać miał niezbędnie tak potężny rozwój lodów, do tego bowiem potrzeba odpowiedniego zbiegu różnych czynników meteorologicznych i orograficznych, jak to miało miejsce podczas okresu dyluwialnego. Jakkolwiek przyczyna powtarza się perjodycznie, mówi Penck, to jednakże objawy okresu lodowego niekoniecznie w statecznych odstępach czasu ujawniać się muszą.

Nie możemy wreszcie pominąć najnowszej teorji okresu lodowego, którą podróżnicy P. i F. Sarasin wysnuli (1902) z objawów spowodowanych przez wybuch wulkanu Krakatau. Widzieliśmy, że wybuch ten wywołał obłoki, które długo osłabiały i przytłumiały działanie promieni słonecznych, wyrzucone zaś przez wulkan i rozproszone cząstki pyłu sprzyjały rozwijaniu się chmur i obfitym opadom. Skoro zaś już krótkotrwały wybuch jednego tylko wulkanu sprowadzić mógł tak wyraźne zakłócenia warunków meteorologicznych w ciągu lat kilku, to zapewne długa działalność wulkaniczna w czasach plioceńskich i pleistoceńskich, o której świadczą liczne dostrzeżenia geologiczne, wywołać musiała objawy podobne w mierze daleko znaczniejszej. Liczne owych czasów wulkany otaczały zapewne ziemię powłoką niesłychanej ilości materjałów wybuchowych. popiołu, pary wodnej i gazów, a idące za tem obniżenie temperatury średniej oraz wzmożenie się wilgotności i opadów wystarczyć może do wyjaśnienia silnego rozwoju lodników i ich rozpostarcia się w dolinach. Ślady ogólnego zlodowacenia ziemi napotkano także i w formacji permskiej, ale wykryto, tam również ślady rozległych trzęsień i potężnych wybuchów wulkanicznych, obie więc te kategorje objawów wspierają się nawzajem i upoważniają do wniosku ogólnego, że okresom ogniowym ziemi towarzyszą okresy lodowe, jako następstwa ich konieczne.

Widzimy z tego, że w kwestji okresu lodowego raczej na nadmiar, aniżeli na brak wyjaśnień uskarżać się możemy, teorji wszakże stanowczej i bezspornej dotąd nie posiadamy.

*) Les (l ö s s) jestto glina żółta, wyróżniająca się znaczną zawartością wapna i silną

silnego zimna po ziemi i wywołała objawy nowego okresu lodowego, aż wreszcie klimat łagodniejszy znowu prawa swe odzyskał, czem rozpoczął się najnowszy perjod geologiczny, okres aluwialny, w którym teraz żyjemy i w którym jeszcze tylko wygładzenia przez lodniki spowodowane oraz głazy narzutowe, zarówno jak charakter pewnych okolic, zdradzających typ krajobrazu morenowego, przypominają dawną olbrzymią powłokę lodową, Człowiek był już świadkiem okresu lodowego, a wraz z nim, jak to wiemy ze szczątków znalezionych w jaskiniach, żyły liczne, wymarłe już teraz zwierzęta ssące, jak niedźwiedź jaskiniowy i lew jaskiniowy, jeleń olbrzymi i hiena jaskiniowa, mamut i nosorożec sierścią wełnistą pokryty; łoś także i tur zamieszkiwały w znacznej ilości Europę środkową, gdy w Ameryce południowej przebywały olbrzymie leniwce i pancerniki, w Nowej Zelandji ptaki ogromne. Kultura człowieka stała wtedy jeszcze na stopniu dosyć niskim,—były to czasy starszego okresu kamiennego.

Wszystko, co po okresie dyluwialnym jeszcze do osadów skalnych przybyło, zalicza się do utworów aluwialnych, do napływów nowszych czyli dopływów, jakie i dziś także w oczach naszych powstają pod wpływem wody i lodu, wiatru i życia organicznego, siły ciężkości i działalności wulkanicznej. W porównaniu z minionemi perjodami geologicznemi był okres aluwialny znikomej zaledwie krótkotrwałości, utwory jego są nader nieznaczne w stosunku do tego, co zbudowały epoki poprzednie,—a jednak, jakżeż niezmiernie długim i doniosłym wydaje się nam ten okres dyluwialny, skoro bierzemy pod uwagę rozwój olbrzymi, jaki w ciągu tej krótkiej doby przebiegła kultura ludzka we wszystkich swych różnokształtnych objawach, powolnemi, zmudnemi walkami i trudami. Gdy wszakże z drugiej strony zważymy, że w ciągu tych wielu tysiącoleci działalności ludzkiej obraz świata zwierzęcego i roślinnego w podrzędnych jedynie zmienił się rysach, a obok tego uprzytomnimy sobie potężne przeobrażenia całego świata organicznego w biegu różnych okresów geologicznych, to budzi się w nas przeczucie czasu niewypodzianie długiego, jaki upłynąć musiał od chwili pierwszych zaczątków życia na ziemi, a wtedy z podziwem też wspominamy wielkich mężów, którzy nas nauczyli tłomaczyć hieroglificzne pismo niepozornych skamieniałości, a ztąd odczytywać cudowne dzieje naszej bryły ziemskiej.

---

dziurkowatością; często występują w nim skupienia marglu kształtów dziwacznych (lalki kamienne), kości zwierząt ssących i muszle mięczaków lądowych. Do utworzenia się pokładów lesu, w wielu okolicach ziemi bardzo rozprzestrzenionych, przyczyniły się wiatry i woda deszczowa, a w znacznej też mierze i życie roślinne, jestto zatem utwór, który się przeważnie pod wpływem czynników atmosferycznych rozwinął. Proponowano dla lesu nazwę polską żółtoziemu, podobnie jak mówimy czarnoziem, wyraz ten jednak nie zdołał się dotąd przyjąć.

Przyp. tłom.



Dolina Bergell w Graubünden. Według fotografji Rydzewskiego.

IV. Działalność geologiczna wody i wiatru.

Gdy siły wulkaniczne i górotwórcze zmierzają głównie do wytwarzania nierówności na powierzchni ziemi, to natomiast czynność wody i wiatru skierowana jest do ciągłego przeciwdziałania tej pracy, rozbija, co tamte zbudowały, unosi rozluźniony materjał powierzchi ziemi i w innych odkłada go miejscach. Rozpatrując objawy te dokładnie, znajdujemy, że obok innych okoliczności podrzędnych trzy przedewszystkiem sprowadzają je czynniki: najpierw ciepło słoneczne, które masy wody i powietrza w ruch wprawia, nadając im ztąd zdolność do wykonywania działań najrozmaitszych; dalej siła ciężkości, która wobec danych warunków budowy gór i ustroju powierzchni ziemi kierunek wytyczny ruchu wskazuje, a wreszcie obrót ziemi, który wywiera wpływ przeważny na bieg wielkich prądów wody i powietrza w kierunku poziomym. Trwało to długo, zanim rozpoznano należycie trzy te naczelne przyczyny działalności geologicznej oceanu wodnego i powietrznego, a zwłaszcza niedawno dopiero zdołano jasno zrozumieć obieg kołowy wody i powietrza; dla tego też z zajęciem śledzić można drogi, na których badacze różnych czasów starali się zadanie to rozwiązać.



Dolina Nilu podczas jednego z corocznych wylewów.

Według reprodukcji starej mozajki w „Encyklopedji" Diderota z 1771 r.

A Świątynia, w której znajduje się cesarz rzymski Hadrjan ze swym orszakiem. B Mieszkanie kapłanów tej świątyni. C Świątynia ze statuą Anubisa. D Dom mieszkalny. E Uroczystość egipcka, przy której miszkańcy siedzą pod sklepieniem łukowem, zdobnem w owoce. F Chata. G Egipcjanie w barce. H, I Konie nilowe. K Kapłani pobliskiej świątyni. L Świątynia. M Dom z wieżami. N „Zamek Egiptu".—Górna część obrazu przedstawia Etjopów, którzy podczas wylewu zobowiązani byli do polowania.

Starożytność.

Szczególne były poglądy dawnych Greków i Rzymian na obieg wody. Stare wierzenia ludowe wyprowadzały wszystką wodę ziemi z oceanu (okeanos), który jako rzeka całą ziemię opływał; też same poglądy wyrażali i poeci najdawniejsi, Homer, Hezjod, Eschylos.

Geograf joński Anaksymander natomiast i jego następcy, którzy wyobrażali sobie ziemię zalaną pierwotnie ogromną powłoką wody, pojmowali morze, jako pozostałość słoną po ulotnieniu wód morza pierwotnego; zamiast rzeki oceanicznej wyobrażeń dawniejszych granicę lądu zamieszkałego miało teraz tworzyć skrajne morze. W istocie rzeczy zresztą przechowały się tu pojęcia dawne, wszystkie bowiem źródła z morza brać miały początek; według tego zatem nietylko wszystkie rzeki uchodziły do morza, ale także i wypływały z niego, zawartość zaś swą soli tracić miały w drodze przez wnętrze ziemi.

Arystoteles stanął na gruncie obserwacji bezpośredniej, gdy zagłębienia powierzchni ziemi uznał za miejsce wszystkiej wody. Morze pozostawać ma pod wpływem słońca w ciągłem ulatnianiu; podobnież, jak niknie szybko drobna ilość wody, po płaskiej powierzchni rozlana, tak też skutkiem ulatniania wielkie ilości wody przechodzą w postaci pary do powietrza; tworzą tam chmury i jako opad wracają znów na ziemię, zkąd następnie parują, albo, jakby przez gąbki, pochłaniane zostają przez góry i w ich wnętrzu skupiają się w źródła. (W ten sposób tedy wyprowadzał Arystoteles wszystkie źródła z wody atmosferycznej, gdy według Platona mniejsze tylko źródła pochodziły z deszczów, pozostała zaś woda bieżąca dobywać się miała z rzek podziemnych). Woda źródeł zmierza do nizin, tworzy tam strumienie i potoki, które zlewają się w wielkie rzeki, uchodzące do morza.

Że woda sama przez się w stanie czystym nie posiada ani smaku, ani woni, ani barwy, było to u starożytnych rzeczą powszechnie uznaną; przez zetknięcie dopiero z roślinami i materjałami ziemnemi, albo też z innych przyczyn zewnętrznych, rozwijać się miały własności, nadające wodzie cechy wyróżniające, a między niemi także i rozmaity ciężar właściwy, o którym zresztą nader przesadne miano wyobrażenia. Woda sama przez się miała być zimna, i to tem zimniejsza, im z większych głębi ziemskich pochodziła. Za przyczynę źródeł gorących przyjmowano zwykle zetknięcie z ogniem podziemnym; niektórzy pisarze sądzili wszakże, że woda rozgrzewała się przez ciśnienie w wązkich żyłach ziemi, a inni znów powoływali działania chemiczne,—zetknięcie wody z wapnem, siarką, ałunem lub saletrą. Zawartość mineralną wielu źródeł znano dobrze, zarówno jak zdolność niektórych źródeł i rzek powlekania przedmiotów skorupą kamienistą. W ogólności, gdy rozpatrujemy mniemania Greków i Rzymian o obiegu wody, uznać musimy, że obok wielu wyobrażeń fantastycznych utrwalił się już pod wpływem Arystotelesa pogląd dokładny. I o tem także dobrze wiedzieli starożytni, że woda morska dla zawartości soli jest gatunkowo cięższa aniżeli słodka, a stąd wnosili słusznie, że łatwiej dźwigać musi ciała pływające. Arystoteles mówi nawet, że woda morza Azowskiego w ciągu

50 lat przez wysłodzenie utraciła dużo ze swej siły dźwigającej; daje to dowód, jak nizko oceniał obszar czasów geologicznych.

Głębokość morza starano się oznaczyć przez pomiary choćby dla potrzeb żeglugi, dla tego też wiedział już Arystoteles, że morze Azowskie najpłytsze jest ze wszystkich mórz znanych, że morze Czarne, z wyjątkiem pewnego miejsca niezgłębionego, płytsze jest aniżeli morze Egejskie, i że części zachodnie morza Śródziemnego odznaczają się głębiami jeszcze potężniejszemi.

Fale rozbiegające się po morzu uważał Arystystoteles jako samoistne jego ruchy, wywoływane przez właściwe mu wydymania i cofania; Seneka natomiast, w drugiej księdze swych rozważań przyrodniczych, zupełnie słusznie do wiatrów wyłącznie je sprowadzał.

Dla wytłomaczenia prądów morskich przyjmował Arystoteles, że różne części morza posiadają poziom rozmaity, woda więc spływać musiała z części wyższych do niższych. Wiry wreszcie morskie ztąd według Arystotelesa brały początek, że z wielkich pieczar ziemskich jedna lub druga nagle się otwierała.

W obec stosunkowo rozległej i dokładnej znajomości morza u starożytnych, jest rzeczą uderzającą, że słabą zaledwie uwagę zwracali na jego pracę geologiczną, zmierzającą do przeobrażania lądu. Wiedzieli wprawdzie, że dno morskie pokrywają warstwy mułu, a nawet z naciskiem twierdzili, że wielkie rzeki przenoszą daleko do morza znaczne ilości takiego mułu i tam je osadzają; nie myśleli wszakże o wyprowadzaniu ztąd dalszego wniosku, że przez ciągłe powtarzanie się tego przebiegu tworzyć się muszą potężne pokłady, które przy podniesieniu się dna morskiego lub przy ustąpieniu morza mogłyby nastręczać materjał pierwotny gór i w ogólności skorupy ziemskiej. Wiedzieli wprawdzie, że działalność morza nieraz ląd pochłania, mieli wszakże na względzie raczej gwałtowne jego wdzieranie się i groźne wylewy, aniżeli ciągłą pracę bijących fal, które na spadzistych wybrzeżach kamień od kamienia i skałę od skały odrywają.

Z drugiej jednak strony wiedzieli również, że morze jest też przysporzycielem lądu; zapewne, zysk ten lądu wyobrażali sobie najczęściej w sposób bierny, sądzili bowiem, że wskutek coraz dalej postępującego ulatniania morze coraz bardziej cofać się musiało, ale znali także powolną i cichą, ziemiotwórczą pracę morza, przez którą w różnych miejscach wzmaga się statecznie piasczysty lub mulisty pas wybrzeża.

Dobre wiadomości posiadali starożytni o tworzeniu się lądów napływowych; pojmowali to dokładnie, że rzeki unoszą ze sobą muł i żwir, a przez ich opad łożyska swoje mogą po części zapełniać i przeobrażać je w równiny więcej lub mniej szerokie; wiedzieli także, że obszar lądu, przez napływy utworzonego, stopniowo coraz się dalej w morze wdziera, powodując tem tworzenie się delt. W poglądach tych wszakże nie zajęli zupełnie nowożytnego naszego stanowiska, nie umieli bowiem oceniać należycie czasu, jako czynnika geologicznego, byli pod tym względem w wysokim stopniu

krótkowidzami; osady, które do utworzenia swego wymagały niezmiernego przeciągu czasu, powstawać miały według ich wyobrażenia już w ciągu kilku zaledwie tysiącoleci, a ztąd przeceniać musieli niesłychanie doniosłość oddzielnych procesów geologicznych. Poznajemy to wyraźnie z podanego przez Herodota opisu utworzenia się napływów i delty Nilu, ale zarazem przekonywamy się ztąd, że najdawniejsze badania geologiczne, jakie wykazać można, przez Egipcjan dokonane zostały. Herodot tak mianowicie mówi w drugiej księdze swoich dziejów (4 i nast.): „Pierwszym królem Egiptu z rodu ludzkiego miał być Min. Za czasów jego cały jeszcze Egipt, aż do obwodu Tebańskiego, wodą był pokryty, a nad wodą nie sterczało żadne zgoła miejsce całego kraju, przypadającego teraz poniżej jeziora Meris, do którego od morza w górę rzeki trzeba przez siedem dni jechać. Co o kraju swoim mówili, przekonałem się, że jest uzasadnione. Każdy bowiem, co go widzi, jeżeli tylko rozsądnie patrzeć umie, musi odrazu poznać, że cały ten Egipt, dokąd Helenowie żeglugę prowadzą, jest dla Egipcjan krajem zyskanym i pochodzi z daru rzeki; jeszcze i poza jeziorem o trzy dni podróży toż samo o kraju powiedzieć można. Z naturą bowiem kraju egipskiego tak się rzeczy mają: Po pierwsze, gdy dopiero zbliżasz się do przystani i jeszcze o cały dzień żeglugi od lądu jesteś oddalony, i zarzucasz ołowiankę, to wydobędziesz muł, chociaż znajdujesz się w miejscu, gdzie głębokość dochodzi do jedenastu sążni. Ta więc już okoliczność wskazuje, że namulenie kraju aż tak daleko zewnątrz niego się rozpościera. Aż do Heliopolis w kraju środkowym jest Egipt płaski, a przytem szeroki, obfity w wodę i mulisty. Od Heliopolis zaś dalej w górę jest Egipt wązki. O przeważnej części tego kraju twierdzili kapłani, że to jest przyrost przez Egipcjan zyskany. Wszystek bowiem kraj pomiędzy przytoczonemi poprzednio górami powyżej Memfisu, jak to poznałem dokładnie, był niegdyś zatoką morską. Jeżeli zaś przypuścimy, że Nil zwróciłby swe wody do zatoki Arabskiej, cóżby mogło przeszkodzić, by zatoka ta przez taką rzekę mułem całkowicie zapełnioną została w ciągu 20 000 lat? A nawet, sądzę, zamulenie mogłoby się już w ciągu 10 000 lat dokonać. Dla tego też wierzę chętnie tym, którzy toż samo o Egipcie twierdzą, i przyznaję im słuszność według własnego rozumienia, odkąd widziałem, że Egipt dalej wybiega, aniżeli kraj pograniczny, że na górach znajdują się muszle, a na ziemi tworzy się skorupa solna, która nawet piramidy nagryza, że ze wszystkich gór Egiptu jedynie tylko góry wyżej Memfisu piaskiem są pokryte, a nadto kraj cały nie jest podobny ani do sąsiedniej ziemi Arabskiej, ani Libijskiej, ani też Syryjskiej, ale posiada grunt czarny i kruchy, jest to bowiem właściwie tylko muł i bagno, które rzeka z Etjopji doprowadziła. Kapłani wszakże odwoływali się wobec mnie do innego jeszcze świadectwa o pochodzeniu kraju; przytaczali mianowicie, że za czasów króla Merisa rzeka zalewać mogła kraj poniżej Memfisu już w tym razie, gdy wznosiła się na ośm łokci tylko, a jednak od śmierci Merisa nie upłynęło jeszcze ani 900 lat do czasu, gdy mnie to kapłani opowiadali. Obecnie zaś rzeka wznosić się musi przy-

najmniej na 15 do 16 łokci, by mogła rozpostrzeć się po kraju". Z jasnego tego i prostego opisu poznajemy, że już kapłani egipscy posiadali słuszne zupełnie wyobrażenie o lądotwórczej pracy wód bieżących i o naturze kraju napływowego, z drugiej jednak strony widzimy ztąd także, jak znacznie przeceniali szybkość przyrostu napływów. Przyjmowali przecież, że od czasów króla Mina (około 3200 r. przed Chr.) aż do połowy V wieku przed Chr. cały kraj aluwialny Egiptu, od Teb w dół rzeki (a zatem przeszło 1000 kilometrów według przedstawienia Herodota) przez Nil naniesiony został, i że od czasów króla Merisa aż do bytności Herodota w Egipcie (około 450 r.), w ciągu zaledwie 900 lat, ziemia napływowa Nilu przyrosła o 7—8 łokci grubości. Takie niepojmowanie okresów czasu, niezbędnych do utworzenia nowych lądów przez napływy rzeczne, przeszło od Egipcjan i do przyrodników greckich; odnajdujemy je też w poglądzie Herodota, że morze Czerwone mogłoby już w ciągu 10 000 lat zapełnić się działaniem Nilu.

Arystoteles powtórzył wywody Herodota o wytworzeniu się napływów Nilu i jego delty, a do tego dodał jeszcze, że Egipt ze swem otoczeniem stanowić musiał niegdyś łączne morze i stopniowo uległ osuszeniu. Na zachód Egiptu znajdująca się Libja z oazą Amona leżeć miała niżej, aniżeli wybrzeże; morze tameczne zamienić się miało na odcięte jezioro śródlądowe, a potem strawione zostało zupełnie. Morze Azowskie (Maeotis) miało również zmierzać do rychłego wypełnienia i do zamiany na ląd przez opady mułu rzeki Tanais (Donu). Według Arystotelesa tedy i morze zmieniać miało swoje zarysy; gdzie niegdyś morze istniało, znajdujemy następnie ląd, a podobnież morze obejmuje z czasem znowu ląd w swe posiadanie, tem bardziej, gdy z innych miejsc usuwane jest przez napływy. Morze Czarne zostaje zagrodzone przez bezustanne osady wielkich rzek, a to sprowadza ciągły odpływ tego morza przez Bosfor i Hellespont (cieśninę Dardanelską) do morza Śródziemnego.

Straton z Lampsaku (zm. 240 przed Chr.) i Eratostenes przyjęli tę naukę Arystotelesa i w niektórych ustępach rozwinęli ją dalej; zwrócili uwagę na cofanie się morza Czarnego, oraz na gromadzenie się osadów przed ujściem Dunaju i doszli do wniosku, że silny dopływ wody z licznych rzek przepełnia morze Czarne, a ogromne opady mułu podwyższyły dno jego, aż przełom przez Bosfor i Hellespont sprowadził wodom ujście konieczne. Również i morze Śródziemne tenże sam los oczekiwał; pierwotnie miało być od zachodu zamknięte, zalewało Egipt dolny oraz części Libji i pozostawało w łączności z zatoką Arabską (morzem Czerwonem); następnie jednak rozpadł się pas skalisty, który łączył krańce zachodnie Europy i Afryki, a Egipt dolny, Libja i cieśnina Suezka stały się lądem. Lud grecki wierzył wprawdzie, że Herkules rozbił połączenie między Europą a Afryką, Pomponjusz Mela wszakże, geograf rzymski z Tigantery w Hiszpanji, który około 40 lub 44 r. po Chr. rys geografji napisał, był zdania, że to ocean wdarł się zzewnątrz przez cieśninę Gibraltarską i wtedy dopiero kotlinę morza Śródziemnego wodą zapełnił.

Gdy Arystoteles uwagę swą zwracał przedewszystkiem na cichą i powolną działalność lądotwórczą rzek, to w poglądach takiego Stratona, Eratostenesa i Pomponjusza Meli wybija się pojęcie gwałtownych katastrof, które naraz sprowadzać miały doniosłe zmiany w obliczu ziemi, a pojęcie takie, rozmaicie przekształcane, wynurzało się potem wielokrotnie i przez długie stulecia utrzymało panowanie swe w obozie geologów.

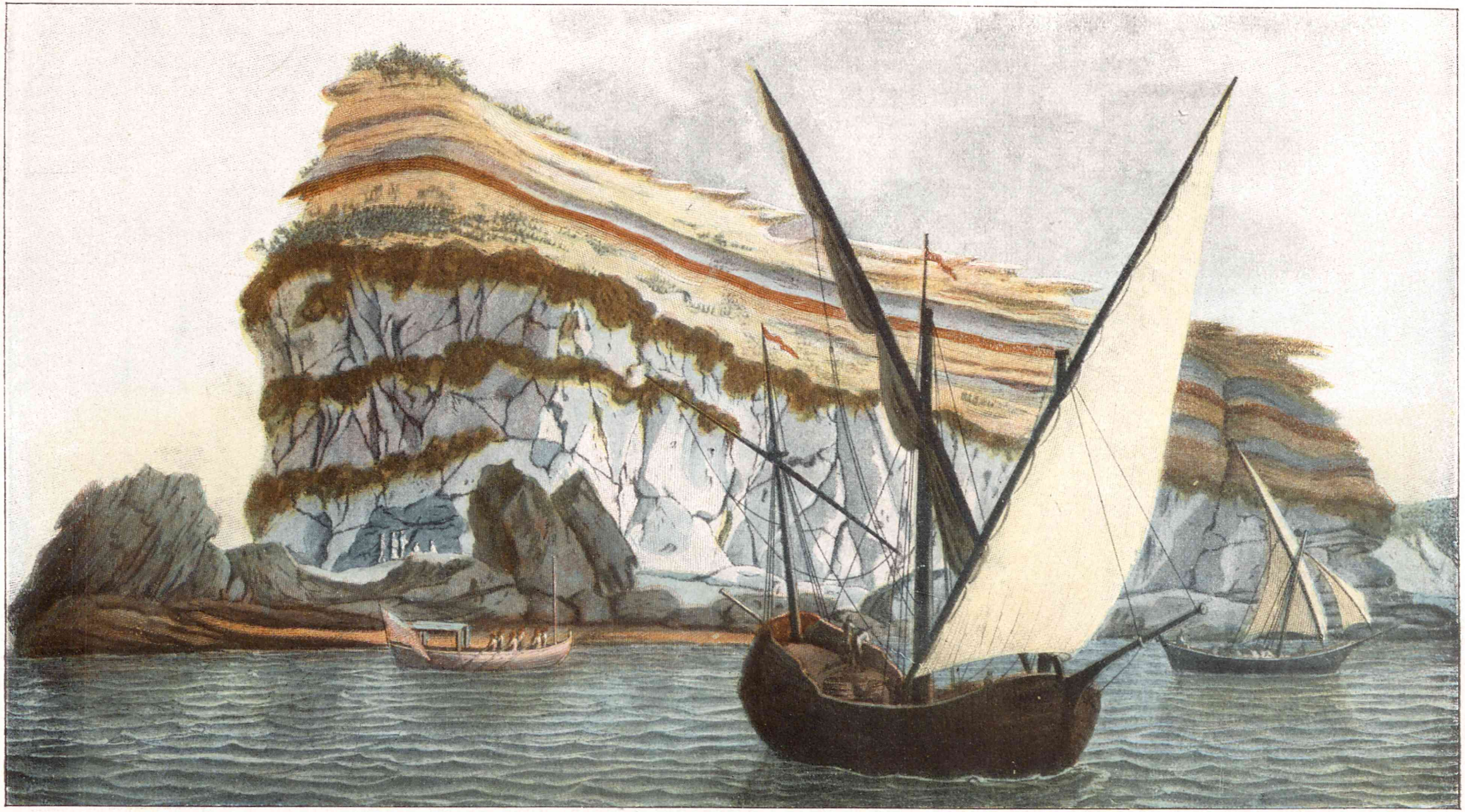
Grecy wiedzieli nietylko, że rzeki i strumienie unoszą ze sobą wielkie ilości żwiru, piasku i mułu, a przez ich osad tworzą nowiny czyli lądy nowe, ale rozumieli także, zkąd się materjał ten czerpie, że to mianowicie woda deszczowa spłókuje z gór ziemię i kamyki, sprowadzając je do rzek i strumieni.

Na nieszczęście z dobrej tej obserwacji, podobnie jak i z wielu innych bystrych dostrzeżeń, nie wyprowadzili wniosku, że takie zmywanie i uprowadzanie gruntu oraz drobnych okruchów skalnych wywiera wreszcie wpływ potężny na wszystkie formy powierzchni ziemi, a drogą tą mogliby wyjaśnić niejeden objaw, który następnie przez stulecia jeszcze szydził z bystrości badaczy. Owidjusz tylko w jednym, jedynym wierszu swoich Metamorfoz (XV) wskazał różnorodność działań wody bieżącej: „Co niegdyś równiną było, odpływ wody zrobił doliną, a góry przez spłókanie stały się równinami“, ale rzeczy tej dalej nie rozwinął.

Pomimo to przyznać musimy, że Grecy i Rzymianie o geologicznej działalności wody bieżącej bardzo dobre posiadali wyobrażenia. Zgoła natomiast niedostateczna była wiedza ich o znaczeniu geologicznem wody w stanie zakrzepłym, śniegu i lodu. Oczywiście zresztą, w klimacie umiarkowanym krajów nadśródziemnomorskich śnieg i lód nie mogły w obrębie myśli mieszkańców tamecznych ani w części osiągnąć znaczenia tak doniosłego, jak w krajach bardziej północnych, dla tego też łatwo to pojmujemy, że Grecy i Rzymianie na rzecz tę szczególnej uwagi nie zwrócili.

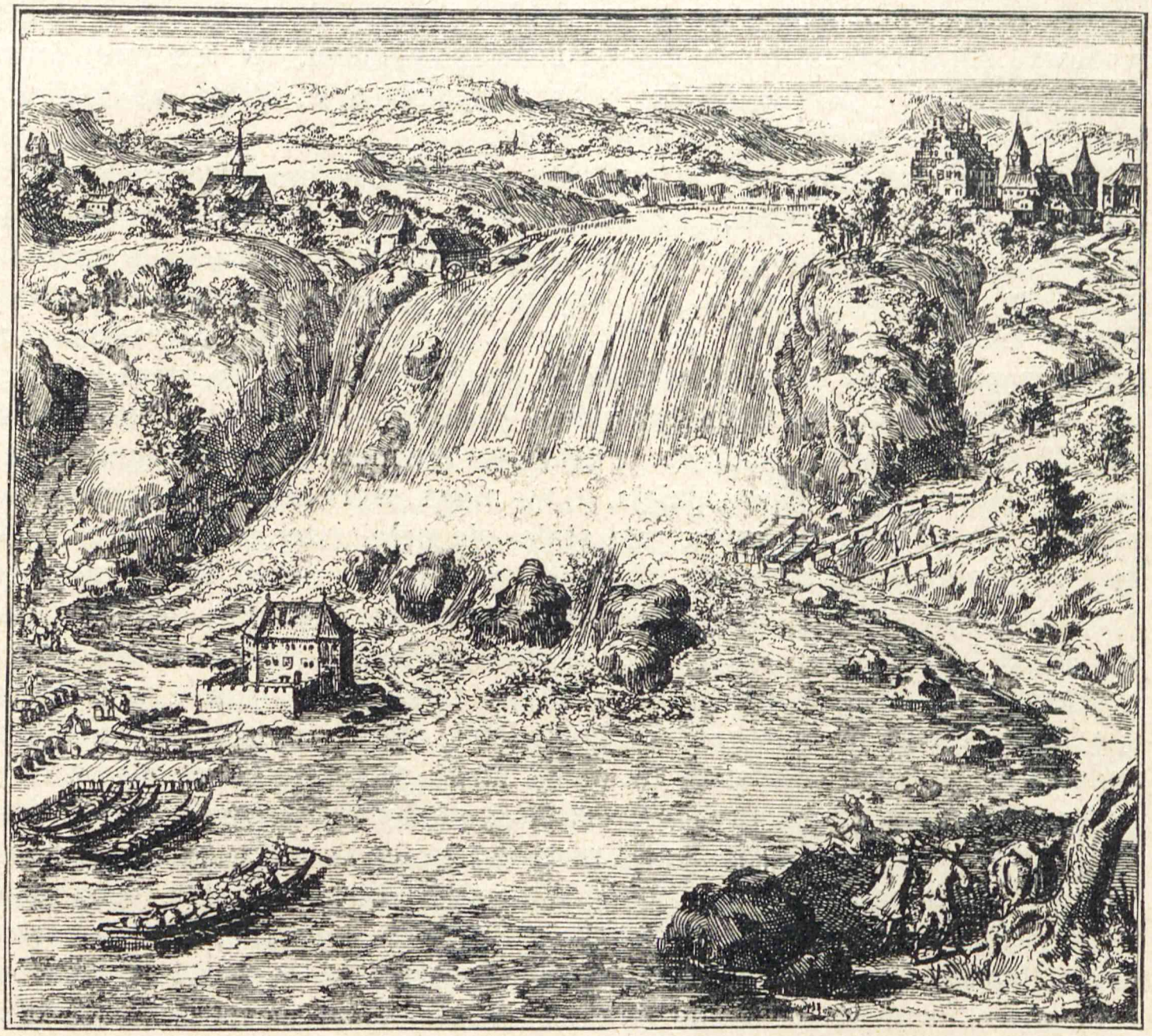
Anaksymenes i Pozeidonios uważali śnieg za deszcz zmarznięty. Według Platona śnieg miał powstawać w powietrzu, a szron na ziemi, gdy wydzielały się zawarte w wodzie cząstki powietrza i ognia; gdy wydzielanie to zachodziło szybko, tworzyć się miał w powietrzu grad, a na ziemi lód. Arystoteles uważał szron za zmarznięte pary, śnieg za zmarzniętą chmurę. Seneka zaś w przechowanych ułamkach czwartej księgi rozważań przyrodniczych (rozdział IV) mówi: „W zimie jest powietrze zagęszczone i nie może się dla tego w wodę zamieniać, ale staje się śniegiem, który naturą swą jest do niego bardziej wtedy zbliżony“.

Dobrze też, oczywiście, wiedzieli starożytni, że na wielu pasmach i szczytach górskich śnieg wieczny spoczywa, Herodot jednak jak najżywiej zaprzecza, by śnieg znajdować się mógł na wysokich górach Afryki; w późniejszych czasach uważano to również za rzecz niemożebną i Ptolemeusz dopiero wspomina o śniegiem pokrytych górach w Etjopji. O lodnikach pisarze greccy nic donieść nie umieją, Strabo wspomina tylko ubocznie o lawinach w czwartej księdze swego opisu ziemi.



Przylądek Miseno pod Neapolem z warstwami martwiey (tufu) na podwalinie trachitowej.

Według dzieła „Campi Phlegraei" z r. 1776.



Wodospad Renu pod Szafuzą w końcu XVII wieku.
Według Herbiniusa (Amsterdam, 1678).

Przy słabej znajomości śniegu i lodu, jaką Grecy i Rzymianie posiadali, pojmujemy łatwo, że nie dostrzegli wpływu ich na ukształtowanie powierzchni ziemi. Ale i o znaczeniu geologicznem wiatru nie mieli jasnego pojęcia. Wiedzieli wprawdzie, że wiatr unosi często w górę lekkie przedmioty, jak pył, piasek i popiół, i daleko je przerzuca, ale nie poznali, że drobne napozór działania prądów powietrznych, gromadząc się w ciągu długiego czasu, wytwarzać wreszcie mogą znaczne pokłady.

Że przy wybuchach wulkanicznych wiatry wywierać mogą wpływ istotny na rozprzestrzenianie się sypkich popiołów wulkanicznych i okruchów żuzli, o tem wiedzieli starożytni niewątpliwie, a wielki wybuch Wezuwjusza 79 r. po Chr. mógł im to dobitnie przed oczy sławić; widzieliśmy też, że Plinjusz młodszy o rzeczy tej pisze, ale inni ówcześni pisarze milczą o niej zupełnie w pismach, które do nas doszły.

Uczeni chrześcijańscy wczesnego średniowiecza wyobrażenia swe o wodzie, o jej zbiorowiskach i jej biegu na ziemi budowali znowu na

Wieki średnie.

wyrzeczeniach biblji, przy skąpstwie jednak zdań takich niejednokrotnie sięgać musieli do nauk pisarzy greckich i rzymskich, o ile nie woleli powodować się własną swą wyobraźnią i zastanowieniem. W ten sposób rozwinęły się liczne i bardzo między sobą odrębne teorje, które ze zmiennem szczęściem całe średniowiecze przetrwały.

Nie zadawalniano się w ogólności sprowadzeniem głównych rzek do czterech prądów rajskich, a tem samem pośrednio do jednego źródła w Edenie, ale wierzono raczej, że wszystkie wody bieżące, wszelka wilgoć ziemi, a nawet i ocean, ze wspólnego źródła pierwotnego pochodzą. Często nawet ocean sam poczytywany był za źródło pierwotne i wyprowadzano z niego początek wszelkich prądów wodnych, do czego budowano we wnętrzu ziemi rozgałęziony system kanałów i pieczar, w których gromadzić się miała woda źródlana. Pogląd ten również znajdował oparcie w piśmie świętem, które (Kaznodzieja, 1, 7) mówi wyraźnie: „Wszystkie wody zbiegają do morza, ale morze nie staje się pełniejszem; w miejscu, dokąd spływają, odpływają znowu“. Chociaż tedy tym wierszem biblji zaznaczone było istnienie obiegu wody, to brakło wszakże w piśmie świętem wskazówek, w jaki sposób obieg ten wyobrażać sobie należało, dla tego też egzegeci sami podjąć musieli wyjaśnienie takiego krążenia i w różny sposób usiłowali to przeprowadzić. Poglądowi starożytnych, że woda jezior podziemnych zasila wszystkie na ziemi rzeki, zaprzeczył Grzegorz z Nyssy, jeziora te bowiem musiałyby się wyczerpać, gdyby żadnego nie miały dopływu. Wyjaśnienie wszakże, jakie podał rzeczony ojciec kościoła, jest dla nowoczesnego poczucia naszego przynajmniej również trudno zrozumiałe, jak i hypoteza odparta; Grzegorz wyobrażał sobie mianowicie, że ziemia i woda posiadać muszą łączność wewnętrzną, że woda zawarta jest w ziemi, ale zarówno i ziemia w wodzie; podobnie jak Arystoteles przyjmował, że wilgotność i zimno właściwe są wodzie, suchość zaś i zimno ziemi *); sądził, że wnętrze ziemi staje się tem zimniejsze, im bardziej jest od jej powierzchni oddalone, i że ztąd ziemia coraz sposobniejszą się staje do przeobrażania w wodę; wydawało mu się to tem słuszniejsze, gdy dostrzegł, że przy kopaniu studni napotykamy napierw ziemię mulistą, a wreszcie w głębokości znaczniejszej wodę zupełnie czystą, która nader wązkiemi żyłkami przez skałę przecieka. Samego przebiegu tej przemiany nie opisał nam Grzegorz bynajmniej, ale położył tylko nacisk na to, że przytem zimno główną rolę odgrywa. Wilgoć zostaje wtedy ziemi przez ciepło słoneczne usunięta, częścią w postaci gęstych par widocznych, częścią zaś w lotnych wyziewach, dostrzeganych do-

*) Pogląd ten wiąże się z nauką Arystotelesa o żywiołach. Poszukując zasad rzeczy zmysłowych, napotykamy tylko cztery antytezy pierwotne, dające się wyróżnić czuciem: ciepło i zimno, suchość i wilgotność; są to elementarne własności materji. Ponieważ zaś sprzeczności stanowcze łączyć się ze sobą nie mogą, kombinacje przeto tych własności wytwarzać mogą cztery tylko substancje elementarne czyli żywioły: gorący i suchy ogień, gorące i wilgotne powietrze, zimną i wilgotną wodę, oraz zimną i suchą ziemię.

Przyp. tłom.

piero, gdy przez utkanie stają się chmurami, które ze swej strony znowu deszcz wylewają.

Najbardziej rozpowszechnione było w każdym razie wyobrażenie, że ciepło słoneczne powoduje ulatnianie wody morskiej i że z chmur znowu opada woda, która wilgoci ziemię i w nią przesiąka. Aby wszakże wyjaśnić, jak ze słonej wody morskiej powstawać może słodka woda deszczowa, przyjmowano, że uchodzą jedynie lżejsze, czyściejsze części składowe wody morskiej, cięższe zaś części suche pozostają. Jak pogląd ten widocznie przejęty jest od Arystotelesa, tak w ogolności często powodowali się ojcowie kościoła pojęciami starożytnych.

Ze świadomym natomiast zamiarem oparli się uczeni arabscy w swych badaniach przyrodniczych na Arystotelesie i przyswoili sobie jego zapatrywania, a w szczególności tyczy się to i kwestji obiegu wody. Szranki Arystotelesa przekroczył wszakże istotnie znany z licznych podróży Mazudi (zm. 956), który nietylko przyjął swego mistrza tłomaczenie ulatniania się wody z morza, ale nadto uzasadnił je doświadczalnie, odparował bowiem roztwór soli w kolbie destylacyjnej i wykazał, że się przytem skrapla woda słodka. Porównał też trafnie obieg wody do koła wodnego, które wodę z rzeki podnosi, polom ją doprowadza i znowu rzekom zwraca. Zawartość soli w morzu pochodzi według jego zdania z rzek, które w biegu swoim rozpuszczają sole i ziemie i do morza je unoszą.

Kazwini (w końcu XIII w.) twierdził, że para wodna powietrza skraplać się musi w deszcz na wysokich górach; wiedział też, że potoki zwolna ścierają góry i gruzy uprowadzają do morza, muł zaś rozpościera się na dnie morskiem i twardnieje. W nauce o wyziewach suchych i wilgotnych łączy się Kazwini ściśle z poglądami Arystotelesa: „Oba te rodzaje par tworzą nad powierzchnią ziemi chmury, wiatr, deszcz, śnieg i inne podobne zjawiska, we wnętrzu zaś ziemi trzęsienia, źródła, miny“. Al Beruni, który znał dobrze utwory napływowe Eufratu i Tygrysu, jak i Gangesu, dostrzegł już, że rzeki w górnym swym biegu unoszą wielkie kamienie stoczone, dalej ku dołowi żwir drobniejszy, a w pobliżu morza już piasek tylko.

W późniejszem średniowieczu chrześcijańskiem, w okresie scholastyków, panowały o obiegu wody również pojęcia rozmaite, jak i za czasu ojców kościoła, co do jednego wszakże punktu porozumiano się zupełnie, a mianowicie, że morze jest źródłem wszelkiej na ziemi wilgoci.

Najbardziej rozpowszechniony był pogląd, że ciepło słoneczne powoduje ulatnianie wody z morza i innych jej zbiorowisk, opadająca zaś z powietrza woda deszczowa przenika do ziemi i tam się gromadzi, by w źródłach znowu się na powierzchnię wydobyć. Albert Wielki, Wilhelm z Conches (wiek XII) i inni wyobrażali sobie natomiast, że woda przesiąkająca przedziera się w wązkich żyłkach do głębi i tam zbiera w olbrzymich pieczarach, zkąd znów rozdziela się w górę ku źródłom. Gdy różni scholastycy o przyczynach takiego podnoszenia się wody ku źródłom żadnych nie snuli domysłów, przytoczył Wilhelm z Conches, że woda musi ku górze płynąć,

gdyż z powodu gęstości ziemi nie może się dalej ku dołowi przedostać. Albert Wielki mniemał wszakże, że para wodna, która się wytwarza u pułapów sklepień podziemnych, ciepłem swem pociąga wodę, która wreszcie znajduje ujście i wypływać zaczyna. Według innych znów pieczary, w których się wody zbierają, przypadać miały nie niżej od źródeł, wypływ zatem rozumiał się bez trudności. W razie, gdy wody unoszonemi przez się częściami stałemi zatykają kanały do źródeł wiodące, albo je przez zasypanie nieprzebytemi czynią, źródła odpowiednie muszą oczywiście wysychać, woda ich wszakże wydobywać się może w innych miejscach.

Często też w późniejszem średniowieczu rozbierano pytanie o powstawaniu źródeł gorących, chociaż istotnie nowych i donioślejszych poglądów osiągnąć nie zdołano. Już to wyprowadzono ciepło wody z ognia podziemnego, jak czyniło wielu pisarzy starożytnych, już mniemano, że woda w podziemnej swej wędrówce rozgrzewa się w wązkich rurach przez ciśnienie i stłoczenie, gdy znów według innych miała być para przyczyną rozgrzewania, albo też ciepło słoneczne gromadzić się miało i przechowywać w tych miejscach ziemi, które posiadają powierzchnię zbitą, a ciepło to przejmowała płynąca tamtędy woda. Albert Wielki wszakże poglądowi temu zaprzecza, w takim bowiem razie źródła byłyby wprawdzie w lecie ciepłe, ale w zimie musiałyby być zimne, co nie odpowiada rzeczywistości. Albert odpiera także twierdzenie Demokryta, że ogrzanie pochodzi od wapna palonego, tworzącego się przez własny ogień ziemi, lub przez przedostające się ciepło słoneczne, ponieważ to źródło ciepła musiałoby się po pewnym czasie wyczerpać. Zapomina wszakże przytem, że tenże sam zarzut możnaby uczynić i własnej jego teorji, według której woda miała być ogrzewana przez palące się, we wnętrzu ziemi zawarte pokłady siarki.

Czasy nowożytne.

W pierwszych stuleciach historycznego okresu nowożytnego poglądy średniowieczne w dziedzinie geologji tak powszechnie jeszcze panowały i tak silny wpływ wywierały, że, ściśle biorąc, początek czasów nowych w zakresie znajomości skorupy ziemskiej przenieść należy dopiero do w. XVII lub XVIII. Uporządkowane, systematycznie ułożone badanie przyjęło się wreszcie w końcu wieku XVIII, ale rozwinęło się wtedy tak silnie i tak szeroko, że rychło nastąpił rozdział na liczne gałęzie oddzielne. Zgodnie z tem traktować będziemy w dalszym ciągu osobno badania nad działalnością geologiczną wody i powietrza, by rozwój kwestji oddzielnych łatwiej dał się śledzić w łączności.

Obieg wody.

W żadnej dziedzinie badań geologicznych poglądy średniowieczne nie zdołały się tak długo utrzymać, jak w kwestji krążenia wody. Aż do wieku XVII nikt prawie nie odważył się w czemkolwiek uwłoczyć poglądom przez przeszłość przekazanym, które Atanazy Kicher zestawił jasno i w sposób fantastyczny dalej rozwinął, a licznemi rysunkami swemi zrozumienie ich ułatwił współczesnym sobie i potomnym.

Woda pozostaje w ustawicznem krążeniu, a to zarówno w samem morzu, jak i we wnętrzu ziemi. Prądy morskie, które Kircher starał się wi-

docznie przedstawić na swej fizycznej karcie ziemi (str. 194—195), mają w okolicach zwrotnikowych kierunek wschodnio-zachodni, dla tego mianowicie, że słońce przesuwa się od wschodu ku zachodowi, a promieniami swemi w strefie gorącej wiele wody pochłania; by więc wodę tak ulotnioną zastąpić, musi woda z innych miejsc napływać, a jak woda idzie za kulą gorącą, którą poruszamy w pobliżu powierzchni naczynia wodą napełnionego, tak też woda morska dąży za słońcem i tworzy tem prąd wschodnio-zachodni. Ponieważ wszakże utrata wody jest znaczna, to inne znów ilości wody napływać muszą z szerokości większych ku mniejszym, zkąd powstają prądy kompensacyjne z okolic biegunowych ku równikowi.

Ale prócz tego obiegu wody w morzu istnieje według Atanazego Kirchera jeszcze obieg drugi, który prowadzi przez wnętrze ziemi; woda morska u bieguna północnego zapada do ogromnej przepaści, wędruje następnie po drogach nieznanych przez wnętrze ziemi, przyczem w tym przebiegu nieczystości jej zostają przez ogień podziemny wygotowane, a wreszcie przy biegunie południowym znowu wydostaje się na zewnątrz (str. 196—197).

W podobny zaś sposób, jak oba morza biegunowe pozostawać miały między sobą w połączeniu podziemnem, tak też przyjmował Kircher związek między licznemi morzami i jeziorami; sądził tedy między innemi, że morze Czarne połączone jest przewodami podziemnemi z Kaspijskiem, a to znów podobnież z zatoką Perską; morze Czerwone również posiadać miało z jednej strony połączenie podziemne z morzem Śródziemnem, z drugiej z morzem Martwem. Kanał podziemny ciągnąć się miał porzez Sycylję, inny przez Skandynawję, a wreszcie nawet jeziora wyżyny meksykańskiej posiadać miały połączenie podziemne z zatoką Meksykańską. Ponieważ uczeni średniowieczni całe wnętrze ziemi wyobrażali sobie przejęte pieczarami, kanałami i żyłami, związki takie znacznie oddalonych między sobą kotlin wodnych nie wydawały się zgoła cudowne, a Atanazy Kircher daje nam nawet na rysunku swoim przecięcia ziemi obraz tego, jak należy mniej więcej wyobrażać sobie rozkład oddzielnych pieczar. Obok pieczar wypełnionych ogniem (pyrophylacia) odrysowane są pieczary wypełnione wodą (hydrophylacia), kanałami podziemnemi (hydragogi) połączone między sobą i z morzem. Aby zaś w przestrzeniach tych z jednej strony nie psuła się woda, a z drugiej ogień nie wyszedł, przyjmowano jeszcze nadto pieczary wypełnione powietrzem (aerophylacia), które miały połączenie zarówno z obszarami wodnemi, jak i z ogniowemi.

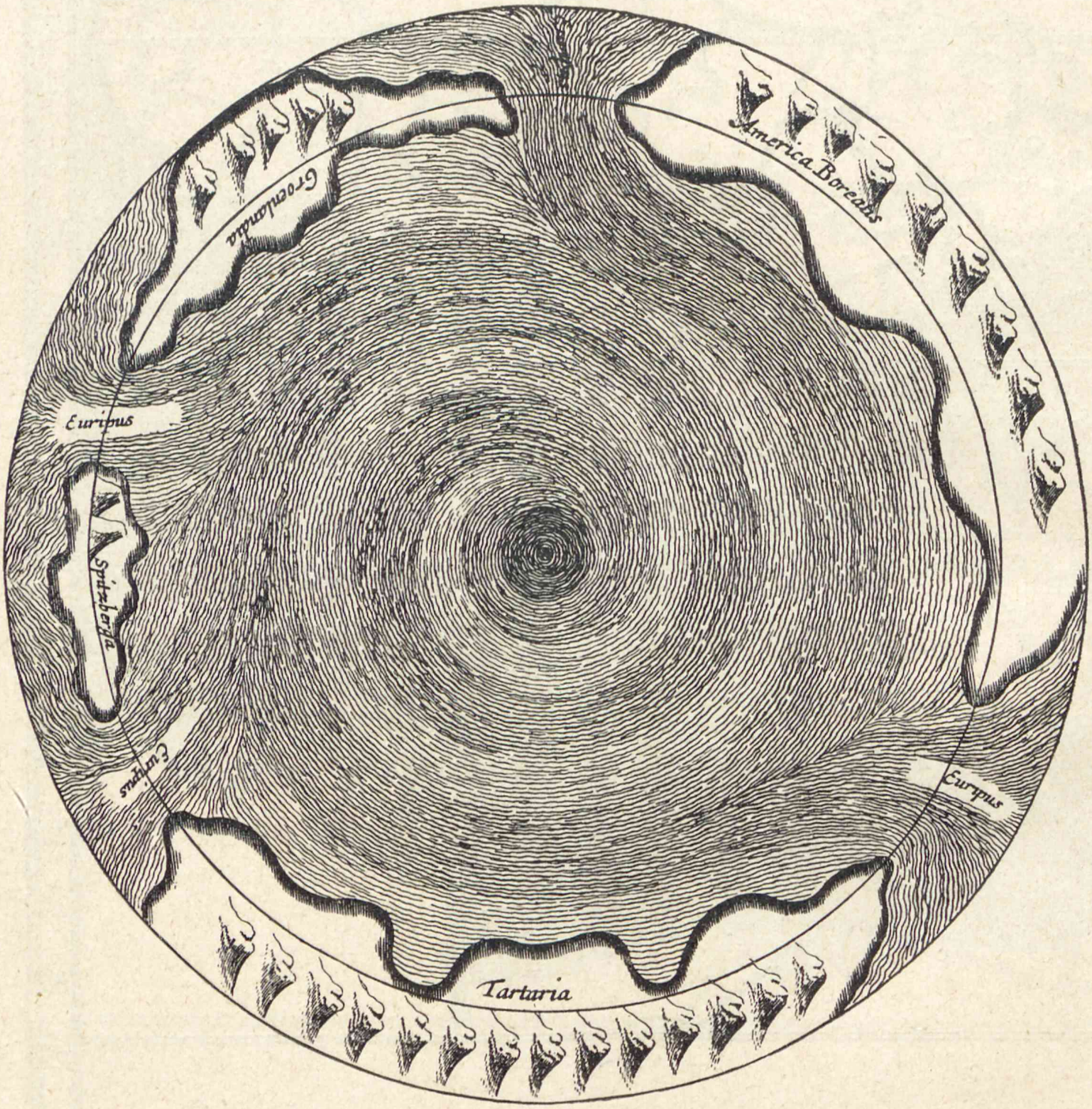
Co do powstawania jezior, podał Atanazy Kircher także tłomaczenie arystotelesowe w formie zmienionej; deszcze i woda z topienia śniegu powstająca mogły wprawdzie tworzyć źródła, ale czasowo tylko płynące, bynajmniej nie trwałe, źródła zaś powstawać mogły także przez podziemną destylację wody i następne jej skraplanie; tłomaczenie jednak, jakie Kircher przytacza, opiera się oczywiście znowu na jego teorji ognisk, obszarów wodnych i kanałów, odstępuje tedy dosyć znacznie od nauki Arystotelesa. Najogólniejszą przyczynę powstawania źródeł znajduje Kircher w hydrophy-



Karta fizyczna ziemi Atanazego Kirchera ze wskazaniem prądów morskich i obszarów wulkanicznych.

Według „Mundus subterraneus" z 1665 r.

lacjach, które znajdować się mają w łonie gór, a nie są zapełniane ani przez skraplanie się pary, ani przez deszcze i topienie się śniegu, ale wodę swą przewodami podziemnemi z morza otrzymują. Ponieważ zaś wielkie zbiorniki wody często są wysoko ponad morzem położone, woda morska w ten tylko sposób do nich dostawać się może, że przez przemoc przepływów i odpływów morza oraz wiatrów, jak w pompie, wciąż dalej jest

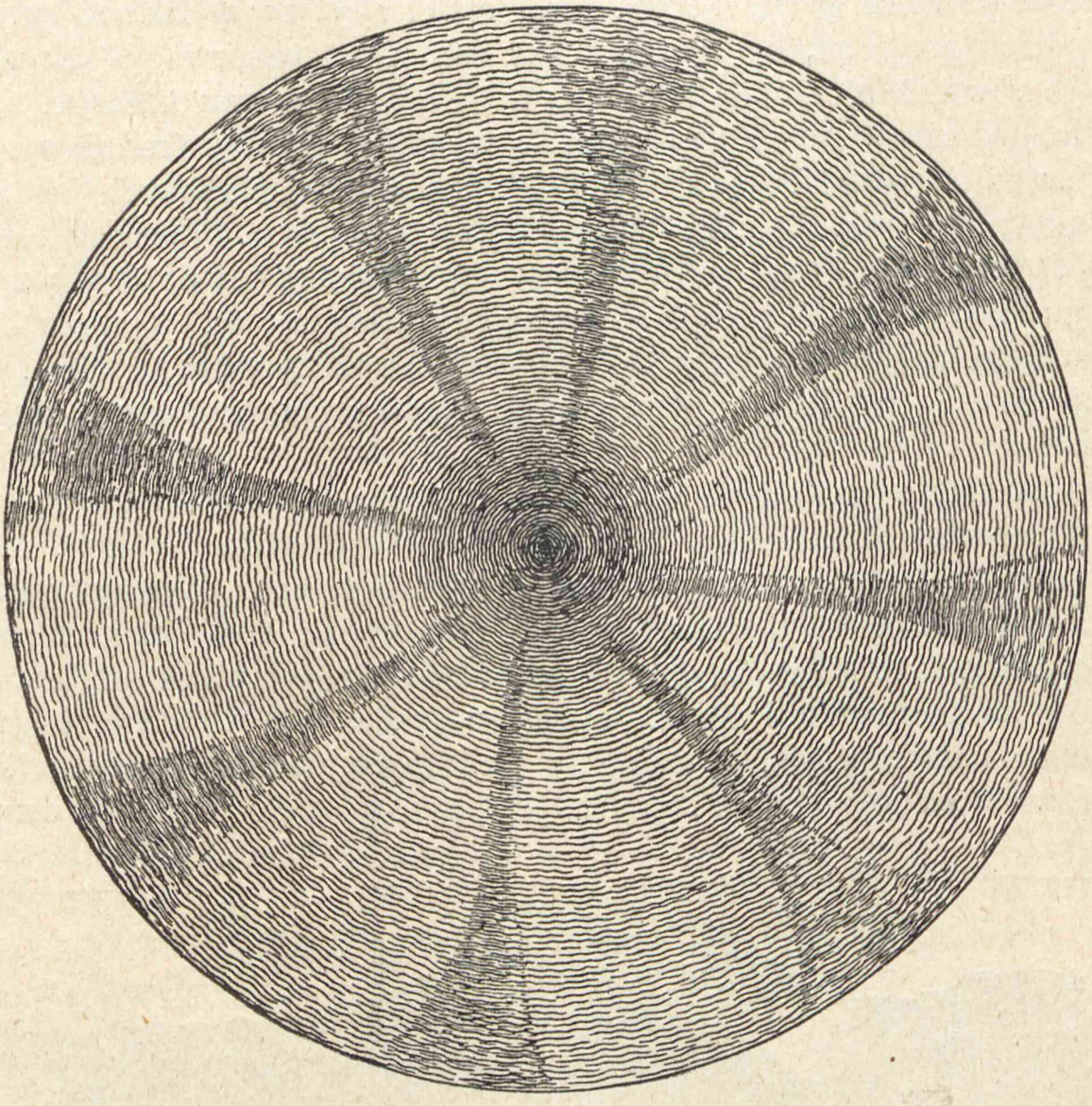


Prądy morskie przy biegunie północnym.
Według Atanazego Kirchera (1665).

tłoczona. Z wielkich zbiorników podziemnych rozchodzi się następnie woda dalej do oddzielnych źródeł i rzek. Cały ten obieg wody z morza do zbiorników (hydrophylacia), ztąd do źródeł, a wreszcie w biegu nadziemnym powrotnie do morza, starał się Kircher uwidocznić rysunkiem szematycznym. Z wysoko położonego zbiornika wyniosłej góry odpływać też może woda kanałami podziemnemi do zbiornika sąsiednich wyniosłości

niższych; napełnia go wtedy i pomaga do zasilania rzek należących do tego zbiornika. Mineralne i inne części składowe źródeł tłomaczą się według Kirchera łatwo tem, że wody w przebiegu przez drogi podziemne pozostawały w zetknięciu z odpowiedniemi substancjami, a podobnież łatwo dawały się wyjaśnić źródła ciepłe i stopień ich temperatury położeniem podziemnych obszarów wodnych i ognistych.

W podobny sposób, jak Atanazy Kircher, przedstawiają obieg wody różni pisarze późniejsi, jak np. Jan Herbinius w swoich „Rozprawach



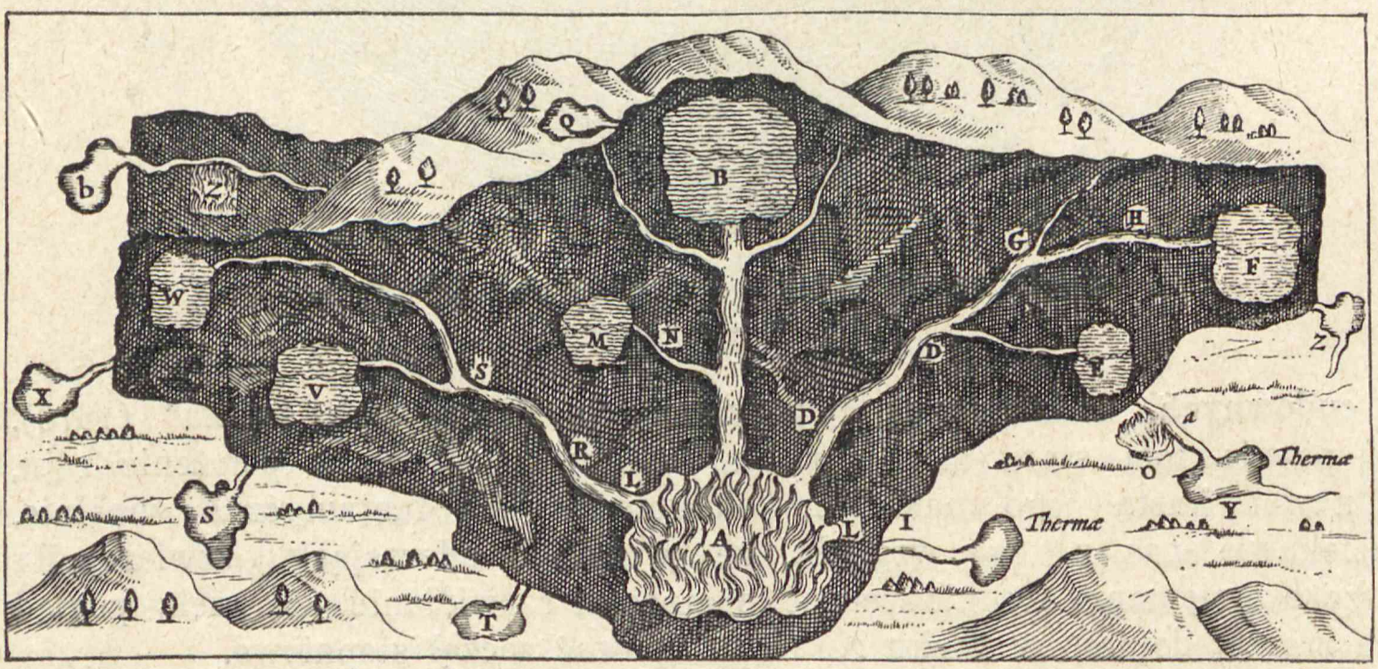
Prądy morskie przy biegunie południowym.
Według Atanazego Kirchera (1665).

o cudownych, nadziemnych i podziemnych kataraktach świata“ (1678). W pismie tem stara się też autor oznaczyć prawdziwe położenie raju, a nawet kartę jego nakreślił. Jakkolwiek jest fantastyczna zupełnie, zaciekawia nas z tego względu, że w sposób uderzający odzwierciedla jeszcze mniemania średniowieczne o częstem rozwidlaniu się rzek; pogląd ten zresztą dopiero w wieku XVIII ustępować zaczął stopniowo.

Chociaż wyobrażenia Kirchera o obiegu wody znajdowały stronników aż do wieku XVIII, chociaż nawet w wieku XIX usiłowano pojęcia arystote-

lesowe o powstawaniu źródeł na nowo odrodzić w formie zmienionej, to jednak już za życia Kirchera teorjom tym grób wykopano, gdy w 1678 roku fizyk francuski Mariotte wykazał, że przesiąkająca w ziemię woda zbierać się musi na pokładach nieprzemakalnych i po nich spływa w dół, dopóki nie występuje jako źródło na powierzchni ziemi. Tenże sam pogląd wyraził już wprawdzie na długo przedtem (1580) słynny garncarz Bernard Palissy, słowa jego wszakże przebrzmiały niesłyszane, ponieważ najpierw w owym czasie rozpościeranie się wiadomości naukowych nie dokonywało się łatwo, a powtóre głowy uczone owej epoki zbyt zagwożdżone były przesądami odziedziczonemi, by mogły uznać doniosłość obserwacji tak prostej. I Mariotte również nierychło zdołał zjednać zdaniu swemu uznanie, a Leibniz musiał jeszcze w swej Protogei silnie wystąpić przeciw średniowiecznym teorjom źródeł i dowodzić, że ciężkość naturalna wód płynących jest jedyną siłą poruszającą, która przy tworzeniu źródeł występuje. Według tego źródła sprowadzane być mogą jedynie do wody deszczowej i do wody z topienia śniegu pochodzącej, jako do przyczyny zasadniczej. Leibniz i na to zwrócił uwagę, że źródło nigdy nie powstaje na szczycie góry, ale „wilgoć otrzymuje zawsze z miejsca jeszcze wyższego i nadmiar wody z niego odprowadza“.

Obecna nasza znajomość obiegu wody zyskała uzasadnienie zwłaszcza przez wyborne badania Karola Gustawa Bischofa (1792—1870) i G. A. Daubrée'go (1814—1897) nad krążeniem jej podziemnem. Wiemy teraz, że wszystka woda źródlana pochodzi w ostatnim rzędzie z deszczu, śniegu lub innych opadów, i że woda ta dostaje się do atmosfery przez ulatnianie ze zbiorników na powierzchni ziemi, a wraz z prądami powietrznemi przenosi się w różnych kierunkach. Opadający na ziemię deszcz i woda ze stopienia opadów zmarzłych (śniegu, gradu, krupek) odpływa po części bezpośre-



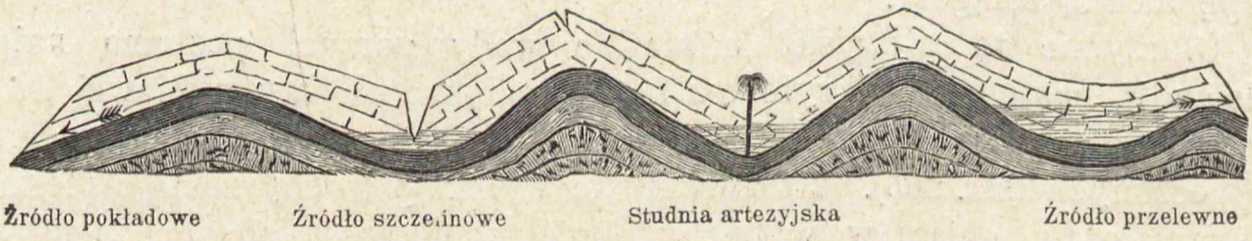
Powstawanie źródeł gorących.

Według Atanazego Kirchera (1665).

A Ognisko podziemne. B Podziemny zbiornik wody.

dnio po powierzchni, częścią zaś przesiąka w głąb i przejmuje skały wilgocią górską, wodą w stanie niewymownego rozdrobnienia. Obok wszakże tej wody krążącej w najwęższych szczelinach włoskowatych, znajduje się też woda w rozpadlinach skał zbitych, albo zapełnia odstępy skał luźnych i sypkich (woda gruntowa, denna). Jeżeli skała jest dziurkowata, jak gruz, żwir, piasek, lapilli, piaskowiec i t. p., albo jeżeli jest wprawdzie zbita, ale rozpadlinami przejęta, jak wapień lub dolomit, to wdzierająca się woda przesiąka przez nie w głąb; gdy wszakże napotyka skały zgoła lub trudno tylko przemakalne, jak skały iłowe (gliniaste), łupki krystaliczne lub zbite skały wybuchowe, to zbiera się na nich i zależnie od warunków pochylenia warstwy nieprzepuszczalnej tworzy jezioro lub ku dołowi zbiegający prąd wody gruntowej, a gdzie woda ta na jaw się wydobywa, rodzi się źródło. W krainach płaskich powstawać mogą źródła, gdy poziom wody gruntowej przypada wyżej, aniżeli przytrafiające się zaklęśnięcia gruntu, przeważnie jednak wydobywają się źródła na zboczach dolin, gdy mianowicie dolina przerzyna nieprzemakalny pokład poziomy lub ku niej pochylony („źródło pokładowe“). Jeżeli wszakże pokład nieprzemakalny ma powierzchnię nieckowatą, poziom wody gruntowej podnosi się tak długo, aż dosięgnie miejsca najniższego na brzegu pokładu, gdzie teraz wypływa i tworzy „źródło przelewne“. Wreszcie, „źródło szczelinowe“ powstaje, gdy w obrębie zagłębienia nieckowatego przerwa tworząca dolinę dosięga wody gruntowej.

Inaczej wszakże układają się stosunki, gdy warstwa przemakalna przebiega nieckowato między dwiema warstwami nieprzemakalnemi, wtedy bowiem woda zbiera się w warstwie przemakalnej i podnosi się jednostajnie w obu ramionach zagłębia, aż wypływać zaczyna w miejscu, gdzie warstwa jest przerwą przecięta; powstaje wtedy „wzbijające się źródło“. Gdzie zaś przy nieckowatem przebiegu pokładów wodą napełniona warstwa przemakalna ciągnie się pod zagłębieniem powierzchni, tam przy odpowiednich warunkach zewnętrznych i przy dostatecznie wysokiem ciśnieniu wody zamkniętej można przez wywiercenie otworu świdrowego aż do warstwy przemakalnej wywołać wzbijające się źródło sztuczne, czyli studnię artezyjską, tak nazwaną ztąd, że pierwszy podobny wytrysk w Europie zaprowadzony został w hrabstwie Artois w XII w.



Przykłady szematyczne powstawania źródeł.

Jakkolwiek treściwe jest to wyjaśnienie początku źródeł, wystarcza jednak do wykazania, jak doniosłe znaczenie mają badania geologiczne przebiegu i natury pokładów dla nader ważnej praktycznie sprawy wierce-

nia studzien i poszukiwania wody, a zaprowadzenie studzien artezyjskich zwłaszcza w oazach Sahary, w Algierji i w kolonjach australijskich na rozkwit tych okolic w uderzający sposób wpłynęło. Ilość wody doprowadzanej przez źródła zależy w nader znacznej mierze od rozległości obszaru, zkąd dopływ ma miejsce, oraz od warunków klimatycznych podczas różnych pór roku. Im większy jest obszar dopływu, im dłuższy jest przebieg podziemny, tem jednostajniejsza jest w ogólności wypływająca ilość wody; ale gdy obszar dopływu jest mały, źródło wysycha w bezdżdżystych porach roku.

Temparatura źródła zależy głównie od temperatury pokładów skalnych, które woda przepływa, jakoteż od temperatury pierwotnych wód przesiąkających; woda pochodząca ze stopienia śniegu i lodu tworzy źródła zimne, jeżeli nie przenika do znaczniejszych głębi ziemi; wody, które przez czas długi bawiły w znacznych głębokościach i ztamtąd szybko dostały się na powierzchnię, ukazują się jako źródła ciepłe, ale źródła ciepłe powstają też często w okolicach wulkanicznych i nie są tam wskazówką pochodzenia wody ze znacznej głębokości, ciepła bowiem skała wulkaniczna sprowadzić może również rozgrzanie wody.

Woda źródlana zawiera zwykle mineralne części składowe, rozpuszczone w ilości mniejszej lub większej, a zwłaszcza źródła gór wapiennych wyróżniają się często znaczną zawartością części mineralnych (węglanu wapna). Przy silnem ulatnianiu, po części też przy współdziałaniu wodorostów, wydziela się zawartość mineralna, a niektóre źródła i strumienie gór wapiennych wydzielają tyle węglanu wapna, że wprowadzane do nich przedmioty w krótkim czasie powlekają jakby skorupą i mogą tworzyć dosyć potężne osady tufu czyli martwicy wapiennej (trawertynu). Według różnego rodzaju składowych części, stałych lub lotnych, mają źródła rozmaite nazwy: szczawy (zawierające kwas węglany), wody żelazne (zawierające kwas węglany i węglan tlenku żelaza), wody gorzkie (zawierające siarczan sody i siarczan magnezji), solanki (zawierające sól kuchenną) i t. d. Niektóre źródła gorące zawierają także kwas krzemny w wyraźnej ilości i przy oziębianiu osadzają go jako martwicę krzemionkową. W najwyższej mierze ma to miejsce w gejzerach, owych osobliwych źródłach perjodycznych, które występują jedynie w obszarach wulkanicznych i oddawna najżywszą uwagę ludzką ściągały.

Olbrzymie te wytryski naturalne wody gorącej poznano najpierw w Islandji, następnie odkryto też liczne podobne objawy w Nowej Zelandji (str. 203), a później jeszcze najrozleglejsze w Parku Yellowstone w Stanach Zjednoczonych (str. 205). Ktokolwiek je widzi, porwany zostaje pięknością i wspaniałością objawów wybuchu, które w niewielu słowach trudno zapewne dadzą się opisać. Wielki gejzer w Islandji, najczęściej przytaczane źródło tego rodzaju, przedstawia ścięty stożek wybuchowy, popielasto-szary, którego powierzchnia okazuje pochylenie 7 do 10 stopni. Stożek zajęty jest płytką miednicą o srednicy 17 metrów, a ze środka jej schodzi do głębokości 23,5 metra rura pionowa o średnicy około $3^1/_2$ metra. W warun-

Wytryski gejzerów.

Do najbardziej zdumiewających objawów ziemskiej naszej przyrody należą słynne wytryski perjodyczne wody gorącej, występujące zwłaszcza w Islandji, Nowej Zelandji, oraz w Parku Yellowstone w Ameryce północnej, a zwane gejzerami od dwóch największych tego rodzaju źródeł w Islandji.

Wytryski te następują po sobie w krótszych lub dłuższych odstępach czasu, śród świstu i szumu wyrywającej się pary, przy ciągłym huku grzmotów podziemnych. Najczęściej wodne te słupy wznoszą się z miednicy czyli zagłębienia na górnej powierzchni stożka ściętego, usypanego przez osady, które składa sama woda gejzerów, zawierająca znaczną obfitość części mineralnych.

Niektóre gejzery uderzają swą potęgą,— szeroki słup ich wody wzbija się do wysokości przechodzącej 30 metrów; wraz z wodą wybiegają w powietrze wielkie nieraz kamienie, a łoskot rozlega się po całej okolicy. Najwybitniejszą cechą gejzerów jest ich perjodyczność; niektóre wybuchają co kilka dni, inne co kilka godzin; drobny gejzer w Parku Yellowstone, zwany „człowiekiem pięciominutowym“, wyrzuca z niezmienną punktualnością słup wody co 5 minut.

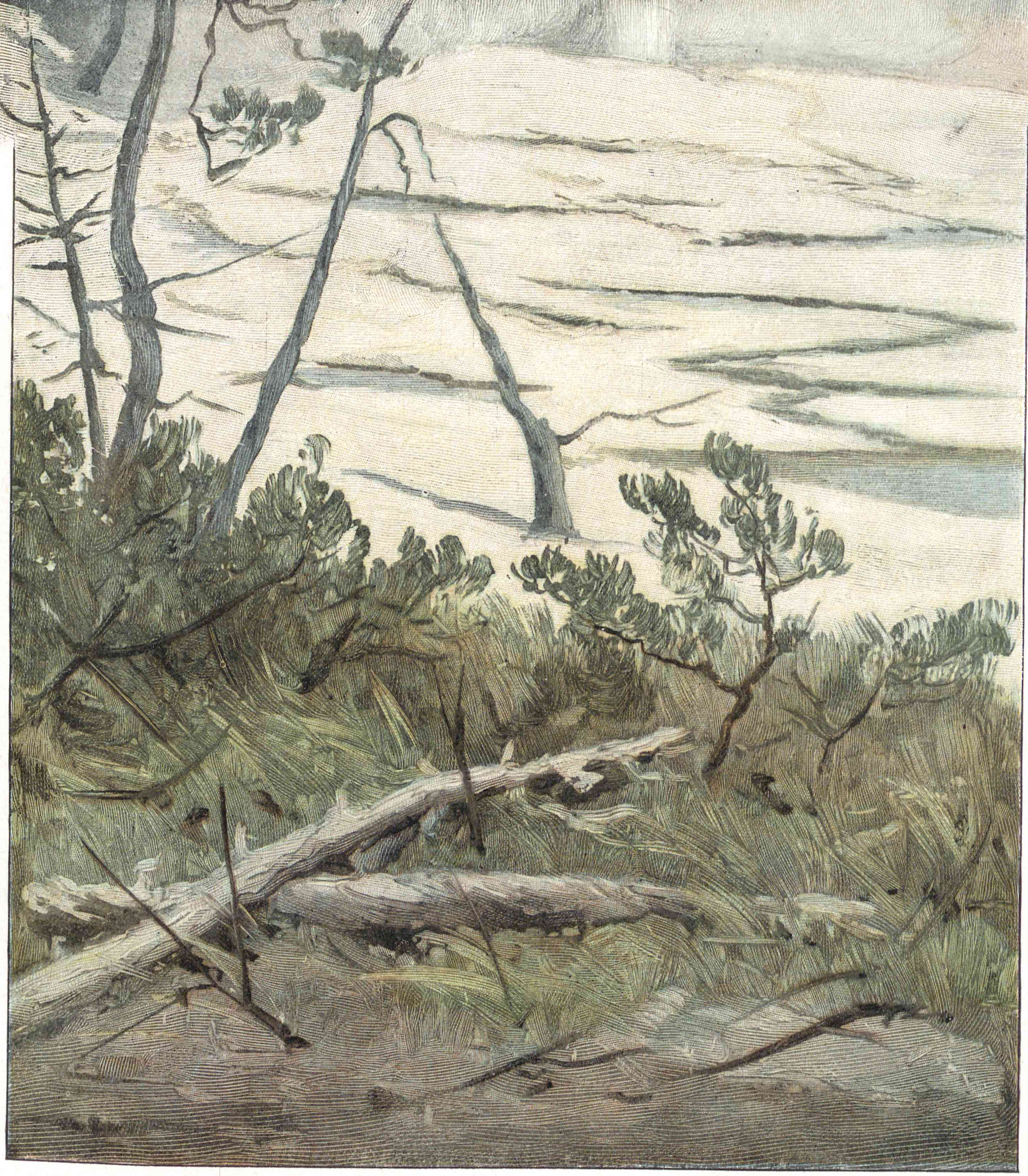
Dokładny opis tych objawów przytoczony jest w tekście (str. 200 — 204), tu podamy ich wyjaśnienie, które długo fizykom i geologom nastręczało znaczne trudności; teraz umiemy zdać sobie sprawę z ogólnego przynajmniej charakteru zjawiska.

Od powierzchni wspomnianego wyżej stożka nasypowego schodzi w głąb ziemi kanał naturalny, w postaci rury, która wypełniona jest wodą gorącą, ogrzaną przez ciepło wewnętrzne ziemi; wysoka zatem temperatura wody wiąże się z objawami wulkanicznemi.

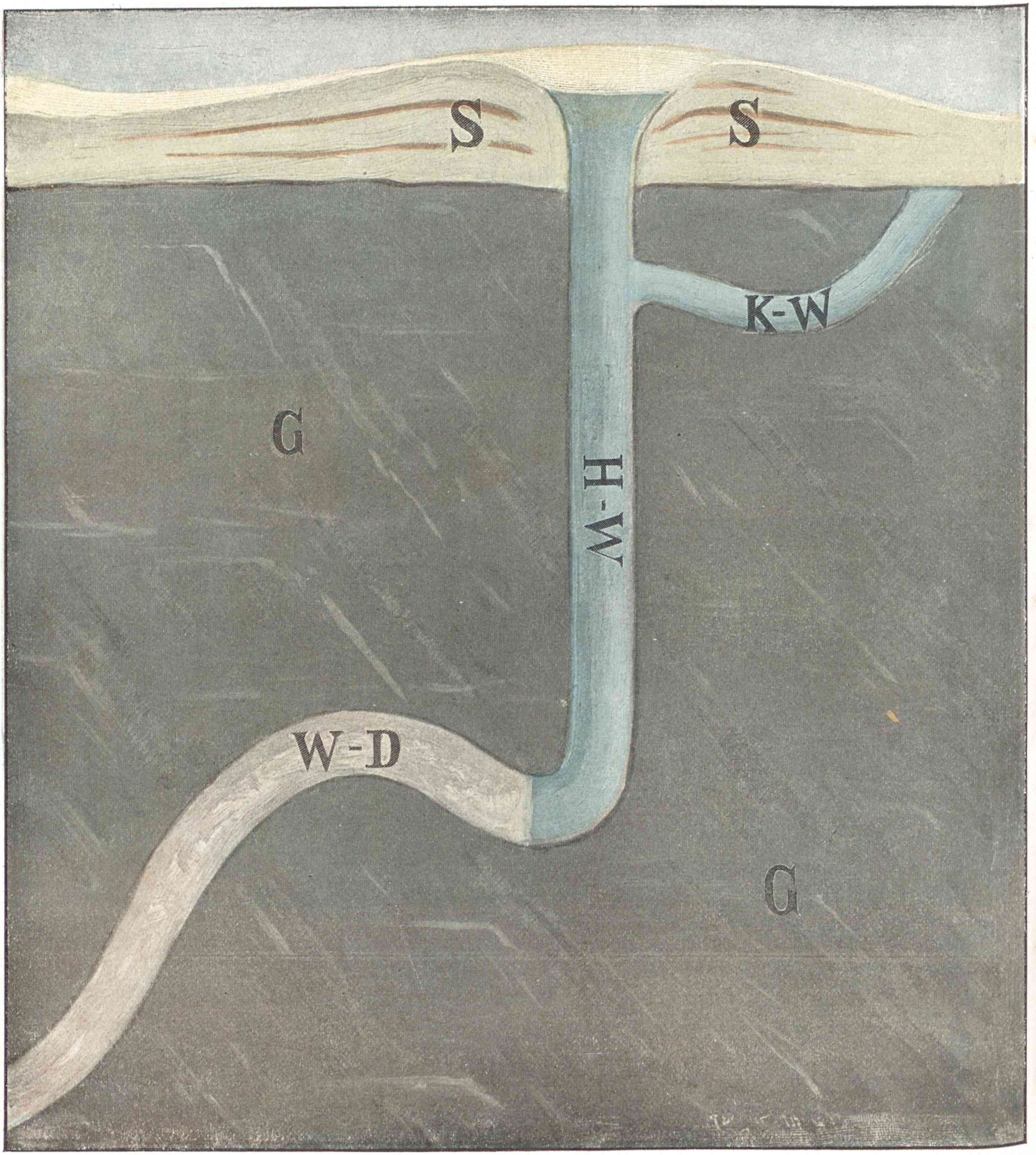
Jak wiadomo, punkt wrzenia wody, t. j. temperatura, przy której gwałtownie w parę przechodzi, zależy od ciśnienia, jakiemu woda jest poddana. W warunkach normalnych, w nizinach, ściślej mówiąc na poziomie morza, woda wre przy 100° C.; na wysokich górach, gdzie ciśnienie atmosferyczne jest słabsze, temperatura wrzenia wody obniża się znacznie, na szczycie Montblanc np, woda gotuje się już przy 85° C.; w głębokich szybach natomiast wrzenie rozpoczyna się dopiero w temperaturze przechodzącej 100° C., tam bowiem silniejsze ciśnienie atmosferyczne powstrzymuje rozwój pary. Toż samo dzieje się w gejzerach. Woda w głębi ma temperaturę znacznie wyższą nad 100° C., utrzymuje się jednak w stanie ciekłym, zostaje bowiem pod ciśnieniem słupa wody, wznoszącego się w rurze, która z głębi aż do powierzchni stożka nasypowego sięga.

Zwolna jednak ciśnienie to słabnie, woda bowiem w rurze gejzeru stopniowo się ogrzewa, staje się lżejszą, wznosi w górę i na powierzchnię stożka wypływa. Woda więc w głębi, oswobodzona od nadmiernego ciśnienia, a ogrzana znacznie ponad normalny punkt wrzenia, zaczyna wrzeć gwałtownie i wywiązuje parę, która swobodnie uchodzić nie może, drogę bowiem zamyka słup wody w kanale zawarty. Gdy jednak przebieg ten dalej się ciągnie, a z rury coraz większa wydobywa się ilość wody, ciśnienie słabnie tak dalece, że coraz obficiej wywiązująca się para prężnością swoją ciśnienie to pokonywa wreszcie i wytrąca słup wody, który jej ujście tamował. Pod naciskiem z dołu słup ten wody wzbija się wysoko w górę i tworzy właściwy objaw gejzerów; rura zostaje opróżnioną, ale przez czas pewien tylko, zwolna bowiem spływa do niej woda z miednicy, a cała ta gra na nowo się rozpoczyna i w tenże sam sposób powtarza.

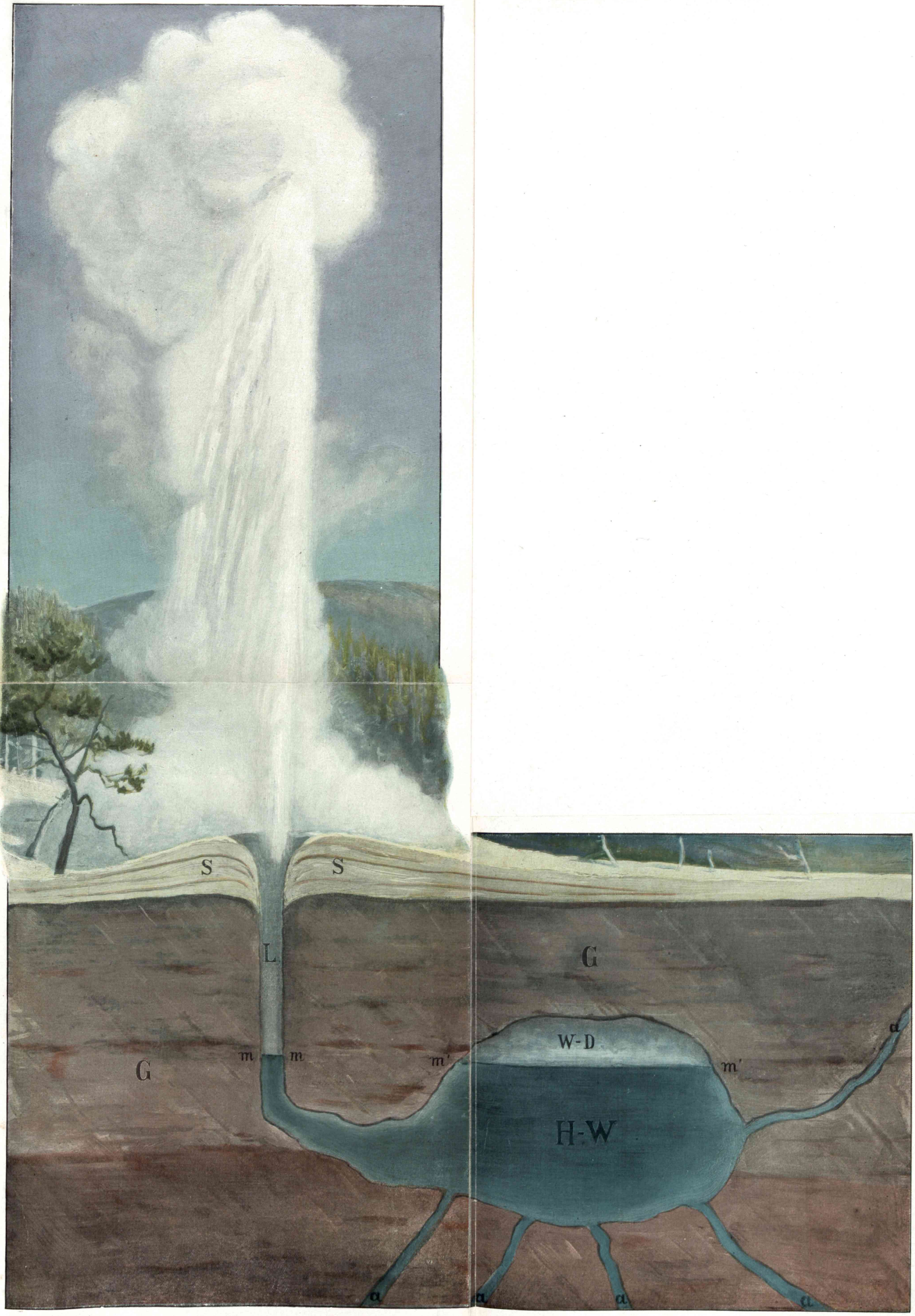
Jestto zasada ogólna; w szczegółach różne teorje gejzerów odstępować mogą między sobą stosownie do tego, jak tłomaczą wywiązywanie się pary w podziemnym zbiorniku wody. Różne te poglądy uzmysłowione są na rysunku naszym.



Gejzer w stanie wybuchu.

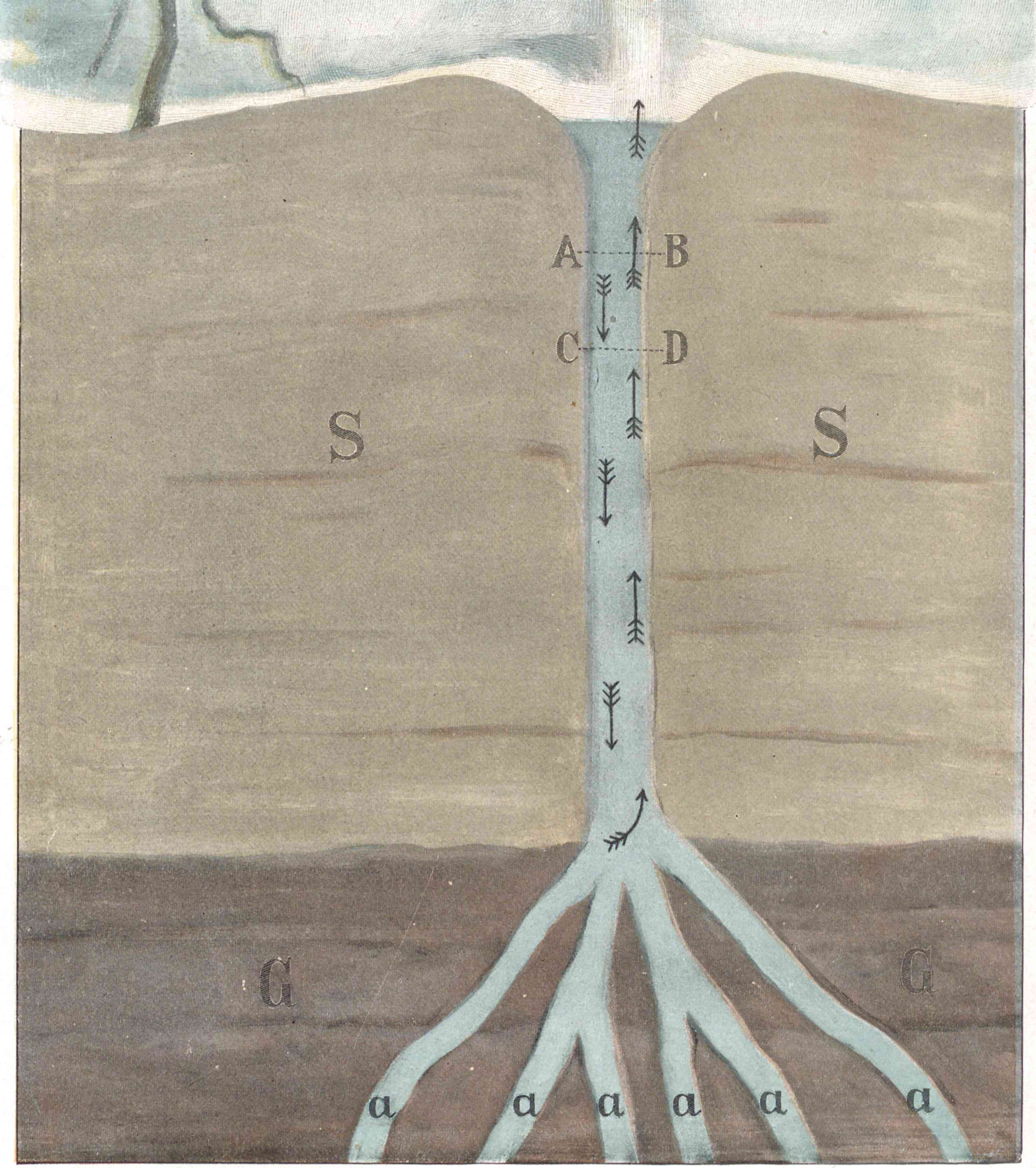


Według **Langa** rozwój pary ma miejsce w rurze zagiętej W—D, a ujście jej tamuje woda w rurze H—W, dopóki skutkiem wzrastającej prężności gwałtownie sobie drogi nie utoruje. Przez rurę boczną K—W napływa następnie znowu woda zimna, która się zwolna ogrzewa i wreszcie przez nowy wybuch pary usuniętą zostaje.
S — warstwy krzemionkowe, G — pokłady skaliste.



Najdawniejsza **teorja Mackenzi'ego** przyjmowała, że jama podziemna, wypełniona w części wodą gorącą (H—W), w części zaś powietrzem i parą wodną (W—D), pozostaje w połączeniu z powierzchnią ziemi przez rurę gejzeru (L); przez rury *a* dopływa woda gorąca, która coraz większy ucisk wywiera na parę, a gdy wreszcie woda dosięga pewnego poziomu (*m'm'*), prężność pary skupionej wyrzuca jej część przeważną.

S — warstwy krzemionkowe, G — pokłady skaliste.



Bunsen przekonał się, że temperatura wody w rurze gejzeru niewiele tylko niższa jest od punktu wrzenia, odpowiadającego panującemu w każdej chwili ciśnieniu (punkt wrzenia podnosi się i obniża wraz z ciśnieniem na wodę wywieranem). Gdy więc warstwa wody CD wznosi się tylko do AB, a tem samem znajduje się pod ciśnieniem mniejszem, woda natychmiast uledz musi wrzeniu; to podnoszenie się zaś wody następuje skutkiem ogrzania z dołu. Ruch ku dołowi wody oziębionej przeciwdziała ruchowi ku górze wody gorącej; najpierw następują drobne wybuchy częściowe, a nakoniec gwałtowne wrzenie całego słupa wody, co stanowi wybuch główny.

S — warstwy krzemionkowe, G — pokłady skaliste, *a* — rury dopływu.



Wodospad Newady w dolinie Yosemite (Kalifornja).
Według fotografji dr. M. W. Meyera.

kach zwykłych miednica wypełniona jest czystą wodą zielonawą, która na powierzchni posiada temperaturę 82 stopni Celsiusa i trzema małemi ściekami odpływa ku wschodowi. Po krótszym lub dłuższym przeciągu czasu słyszeć się daje grzmot podziemny, powierzchnia wody nabrzmiewa w sklepienie wypukłe, wznoszą się wielkie pęcherze pary i rozpryskują się na

powierzchni, rozrzucając przy tem wodę na kilka metrów w górę; gęsta, biała para napełnia wtedy przestrzeń, a skoro ją wiatr uprowadza, wszystko znów spokojnem się wydaje. Są to wybuchy zwykłe, powtarzające się w odstępach $^1/_2$ do 1 godziny; widowisko to trwa dzień lub dłużej, poczem nowa następuje faza. „Grzmot silniejszy rozlega się z głębi, woda wydyma się w miednicy, wyrzuca wysokie bałwany i wiruje dokoła; w środku wydzierają się potężne pęcherze pary, a po kilku chwilach strzela w powietrze promień wody, rozbity w pył drobny oślepiającej białości; zaledwie dosięgnął wysokości 80 do 100 stóp, a oddzielne perły jego nie opadają jeszcze, gdy za pierwszym następuje promień drugi i trzeci, wyżej się jeszcze wzbijający. Promienie większe i mniejsze rozpościerają się teraz we wszystkich kierunkach, niektóre tryskają na boki, opisując krótsze łuki, ale inne strzelają pionowo w górę z szumem syczącym, jak race ogni sztucznych; niezmierne obłoki pary piętrzą się jedne nad drugiemi, zasłaniając częściowo snop wody; jedno jeszcze tylko uderzenie, jeden huk przytłumiony w głębi, po którym następuje ostro zakończony promień, wszystkie inne wysokością przechodzący, nieraz w towarzystwie kamieni, a całe zjawisko po kilkuminutowem zaledwie trwaniu zapada, jakby fantazyjne marzenie senne przy brzasku jutrzenki. Zanim jeszcze gęsta para rozwiewa się w powietrzu i wrząca woda spływa po bokach stożka, miednica poprzednio całkowicie wodą zapełniona jest już sucha i pokryta popielatemi perłami martwicy, a w rurze w głąb schodzącej oczom obserwatora ukazuje się na dwa prawie metry poniżej brzegu woda cicha i spokojna, jak w każdej innej studni“. Chociaż żywy ten opis, który skreślił Sartorius von Waltershausen, nie zdoła odtworzyć całej okazałości zjawiska, daje przynajmniej wyobrażenie wspaniałego obrazu zdumiewającego tego fenomenu. Uderzającej też piękności są utwory martwicy krzemionkowej, które rozpostarły się w pobliżu wielkiego gejzera i sąsiednich źródeł wrzących, otaczając wytworne kotliny wodne. Preyer i Zirkel opisują je wymownemi słowy: „W odległości około 150 kroków od wielkiego gejzera znajduje się kilka rozległych stawów, których piękność zaledwie da się opisać. Zarysy są nieregularne, staw każdy posiada około 15 do 20 stóp szerokości, a 30 stóp głębokości, wypełniony jest aż do brzegu spokojną zupełnie, prawie wrzącą wodą, jasną jak kryształ i tak przejrzystą, że widzieć można aż do dna. Baseny osobne rozdzielone są między sobą przegrodami wązkiemi, utworzonemi podobnie jak i ściany przednie z martwicy krzemionkowej; białe zęby i ostrza, które w formach fantastycznych ściany tych grot zdobią utkaniem jak paprocie subtelnem, przezierają w cudownej okazałości przez wodę barwy seledonowo-zielonej lub ametystowo-błękitnej.

„Woda wszystkich tych studzien wrzących osadza w postaci martwicy krzemionkę, którą pod znacznem ciśnieniem i w wysokiej temperaturze rozpuściła z brył skalnych. W okolicy ich na znacznej przestrzeni powierzchnia składa się z grubej skorupy takich osadów, z których też zbudowane są kotliny i rury źródeł. Niezliczone odciski traw i gałęzi, drobnych



Gejzer Waimangu w Nowej Zelandji.

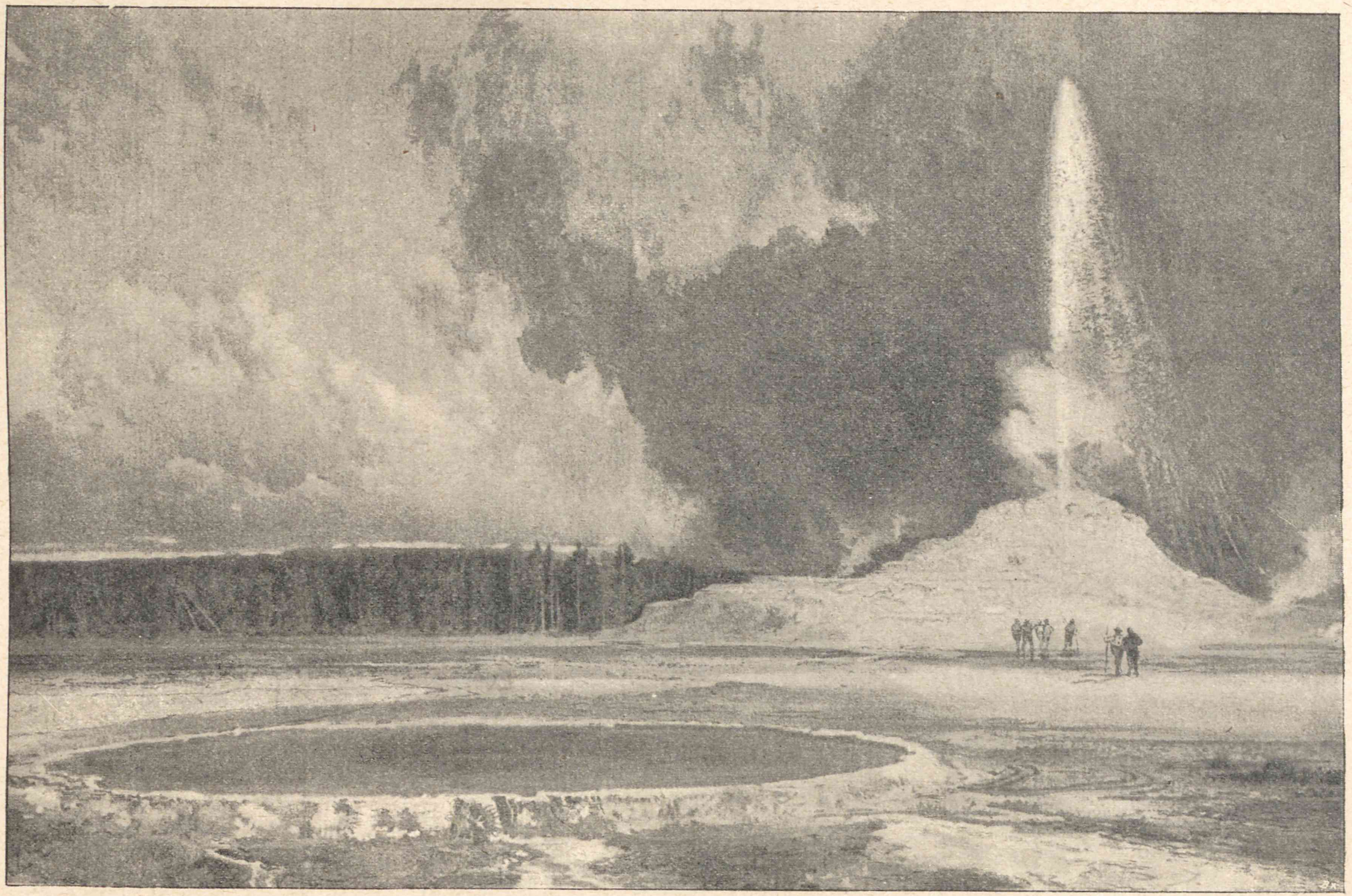
Według otografji.

krzewów pełzających, a nawet kwiatów, niezwykłej piękności, znajdują się w tufach zawarte; całe bryły torfu przeobrażone są w martwicę krzemionkową, a gałązki grubości palca w ciemno-brunatne drzewo skamieniałe". Nie mniej wytwornej piękności są tarasy krzemionkowe i miednice Nowej Zelandji oraz Parku Yellowstone w Ameryce północnej.

Odrębnego zupełnie rodzaju źródła stanowią wulkany błotne czyli wytryski muliste, występujące bądź w obszarach wulkanicznych, bądź też zdala od nich, a cechujące się wyrzucaniem mułu i gazów. Znaczna ich liczba przedstawia jedynie perjodyczne źródła gorące, które w skutek zawartości siarkowodoru lub innych gazów rozkładają i rozpuszczają skały przylegające, wytwarzając ztąd muł gliniasty rozmaitego zabarwienia; wyrywające się pęcherze gazowe nadają cieczy tak zamulonej pozór wody wrzącej, jakkolwiek temperatura jej w istocie przypada znacznie niżej od punktu wrzenia. Jeżeli muł jest trudno płynny, ciągliwy, jak w pewnym wulkanie błotnym w Ahuachapan w rzeczypospolitej Salvador, potrzeba pewnej przemocy wybuchowej, by gazom wolną drogę utorować; ogromne przeto pęcherze gazu w nieregularnych, kilkosekundowych odstępach czasu przełamują i zrzucają gwałtownie z góry muł ciągliwy, przyczem śród ciągłego szumu i wrzenia daje się słyszeć trzask przytłumiony. W innych razach jest muł mniej ciągliwy, wtedy spływa stosunkowo spokojnie i dokoła miejsca wybuchu buduje stożek, którego stoki tem bardziej rozpościerają się płasko, im płynniejszy jest wydobywający się muł; przy znacznej płynności istotny stożek mułu się nie tworzy, a tem samem odpada zupełnie podobieństwo zewnętrzne do wulkanu. Często też występują źródła błotniste w kotlinie mniej lub więcej zagłębionej, posiadające odpływ podziemny; dla tego wylew zewnętrzy wcale tam nie zachodzi, lub rzadko tylko ma miejsce.

W bardzo wielu źródłach błotnistych są gazy działające pochodzenia wulkanicznego, w niektórych jednak razach przez rozkład substancji organicznych powstają źródła, które muł wyrzucają z głębi, a wydobywający się z nich gaz błotny niekiedy się zapala; przykład takich wytrysków dają tak zwane „mudlumps" w delcie Missisipi.

Część przeważna źródeł błotnistych pozostaje w ciągłej, stałej działalności, której natężenie w każdym razie wzrasta znacznie w porach dżdżystych; niektóre znów inne wzmagają się w pewnych odstępach czasu do znacznego wysiłku i wyprowadzają wtedy naraz na powierzchnię ziemi wielkie ilości gazów i mułu; tak np. solica (salsa) w Sassuolo pod Modeną w roku 1835 wyrzuciła prąd mułu na 1 kilometr długości i około $1^1/_2$ miljona metrów sześciennych objętości. Najwspanialej jednak całe to zjawisko występuje w obszarze naftowym nad morzem Kaspijskiem, gdzie Osman—Dagh, między Baku a ujściem Kury, dosięgnął wysokości 300 metrów. Podczas okresów pauzy wyziewa ten wulkan błotnisty jedynie węglowodory lotne, ale przy wybuchach wylewają się potężne prądy mułu, a niekiedy zapalają się przytem wytryskające gazy i budzą w ten sposób wrażenie niemal wybuchów wulkanicznych.



Gejzer w Parku-Yellowstone (Ameryka płn.).

Według obrazu Tomasza Morana (Taber Prang Art Company, Spriengfield, Mass.).

Należało się nam zająć nieco obszerniej źródłami, ponieważ właściwie należą jeszcze do dziedziny skorupy ziemskiej, dalszy jednak ciąg obiegu wody możemy tu przytoczyć tem treściwiej, że w ogólności znany jest powszechnie, zwłaszcza, o ile się tyczy krążenia nadziemnego. Im dalej wdzierali się podróżnicy w czasach nowszych we wnętrze lądów, im dokładniej poznawano biegi rzek i ich rozgałęzienia aż do ich źródeł, tem bardziej ustępowały z kart przyjmowane niegdyś powszechnie rozwidlania i łączenia się rzek, a bardzo tylko nieznaczna ich liczba zyskała potwierdzenie, jak bifurkacja rzeki Orinoko, która część wód swoich przez Casiquiare wysyła do Rio Negro, dopływu Amazonki, a ztąd tworzy połączenie między dwoma wielkiemi systematami rzecznemi Ameryki południowej. W górach wapiennych zachodzą również podziemne mięszania się rzek; tak Dunaj w pobliżu Tuttlingen traci części swej wody w szczelinach skał, a Knop przez sztuczne zabarwienie wykazał, że woda ta zjawia się znowu w źródle rzeczki Aach, czem ustala się łączność między Dunajem a Renem. Częściej, aniżeli mięszanie się rzek, ma miejsce rozdział wody, czyli odwadnianie błot i jezior przez dwa systematy rzeczne, jak np. jeziora mazurskie w okręgu Gumbińskim Prus Wschodnich odpływają zarazem na północ do Pregli i na południe do Wisły.

Jak strumienie łączą się w rzeki, tak też różne rzeki łączą się często we wspólny system, który nazwę swą bierze od głównej żyły wodnej, czyli rzeki naczelnej. Budowa systematów rzecznych nader jest rozmaita; już to na prąd główny składają się po obu stronach rzeki boczne jednakiego rzędu (systemy rzeczne symetryczne, jak system Amazonki, Mołdawy, Dunaju dolnego), już to po jednej stronie prądu głównego znajduje się pasmo górskie, po drugiej równina, a wtedy rzeka główna najliczniejsze i najsilniejsze dopływy otrzymuje oczywiście od strony górskiej (systemy rzeczne jednostronne, jak systemy Jenisseju lub Tygrysu); w innych razach pewna liczba rzek jednakowo prawie wielkich tworzy dopiero wyraźnie rozpoznać się dający prąd główny, jak Paraguay i Paraná razem tworzą La Platę, Chixoy i Rio de la Pasion Usumacintę.

Przy ocenie znaczenia rzeki miarodajną nie jest jej długość, ale rozległość i obfitość deszczów jej dorzecza, a pośrednio i położenie wyniosłości górskich, one to bowiem dopiero oznaczają zakres dorzecza, a zarazem na rozkład deszczów wpływ stanowczy wywierają.

Gdy strumień lub rzeka napotyka zagłębienie powierzchni ziemi, wypełnia kotlinę i tworzy jezioro. Jezioro wszakże utworzyć się może również, gdy bieg rzeki zatamowany zostaje przeszkodą naturalną, prądem lawy, rumowiskami lodników lub nagromadzeniem osadów. Skoro wydrążenie zapełnione zostaje wodą rzeczną, w najniższem miejscu obwałowania następuje odpływ, a rzeka odtąd dalej drogą swą biegnie. Jeżeli wszakże objętość kotliny jest znaczna, a dopływ wody słaby, to ulatnianie wygórować może nad przyborem wody i powstaje ztąd obszar bezodpływowy. Do takich obszarów bezodpływowych niewielkiej rozległości należą liczne

jeziora wulkaniczne, oraz drobne jeziora, utworzone w załomach gór wapiennych, zasilane są bowiem zwykle jedynie przez nieznaczne strumienie, a niekiedy przez wodę deszczową tylko. Bezodpływowe natomiast obszary największej rozległości stanowią jeziora Aralskie i Kaspijskie. W okolicach w deszcze ubogich znaczne nawet rzeki kończą się w stosunkowo drobnych jeziorach, jak np. na wyżynie środkowo-azjatyckiej, a w rozległych obszarach bezdżdżystych brak zupełnie prawidłowego nadziemnego systemu rzecznego. Bezodpływowe obszary ziemi oceniać można prawie na $^1/_4$



Wulkany błotne w Turbaco.
Według rysunku Aleksandra Humboldta (1804).

powierzchni lądu stałego; w Australji zajmują nawet przeszło połowę, w Afryce i Azji prawie $^1/_3$ lądu,

Jak badania nowe wykazały nam w jeziorach utwory bardzo znikome, które w oczach naszych powstawać, ale zarazem i niknąć znowu mogą, tak też wielokrotnie można było wykryć przeinaczenia w biegu rzek, tam zwłaszcza, gdzie łożysko słabo jest pochylone, a otoczenie przypada w jednakiej wysokości z poziomem wody rzecznej, albo nawet niżej, jeżeli osady rzeki powodują ciągłe podnoszenie się dna. W takich razach jedynie kosztowne regulacje rzek i groble ocalić mogą pola otaczające od kapryśnych napadów rzeki, a w ostatnich czasach w różnych krajach wiele już pod tym względem zrobiono; nawet w Chinach pochopna do zmian Hoangho zmuszoną

została w 1889 roku do zajęcia na nowo opuszczonego przez nią w 1887 roku koryta.

Gdy rzeka uchodzi do morza, woda kończy swój obieg. Ale gdy Atanazy Kircher przypisał jej obieg drugi w obrębie oceanów za pośrednictwem prądów morskich, to nowsze badania oceanograficzne przyznały mu słuszność, chociaż początek najważniejszych, w kierunku wschodnio-zachodnim zwróconych prądów zyskał inne tłomaczenie, gdy pierwszy Zöppritz przyczynę ich wykazał w statecznych wiatrach pasatów.

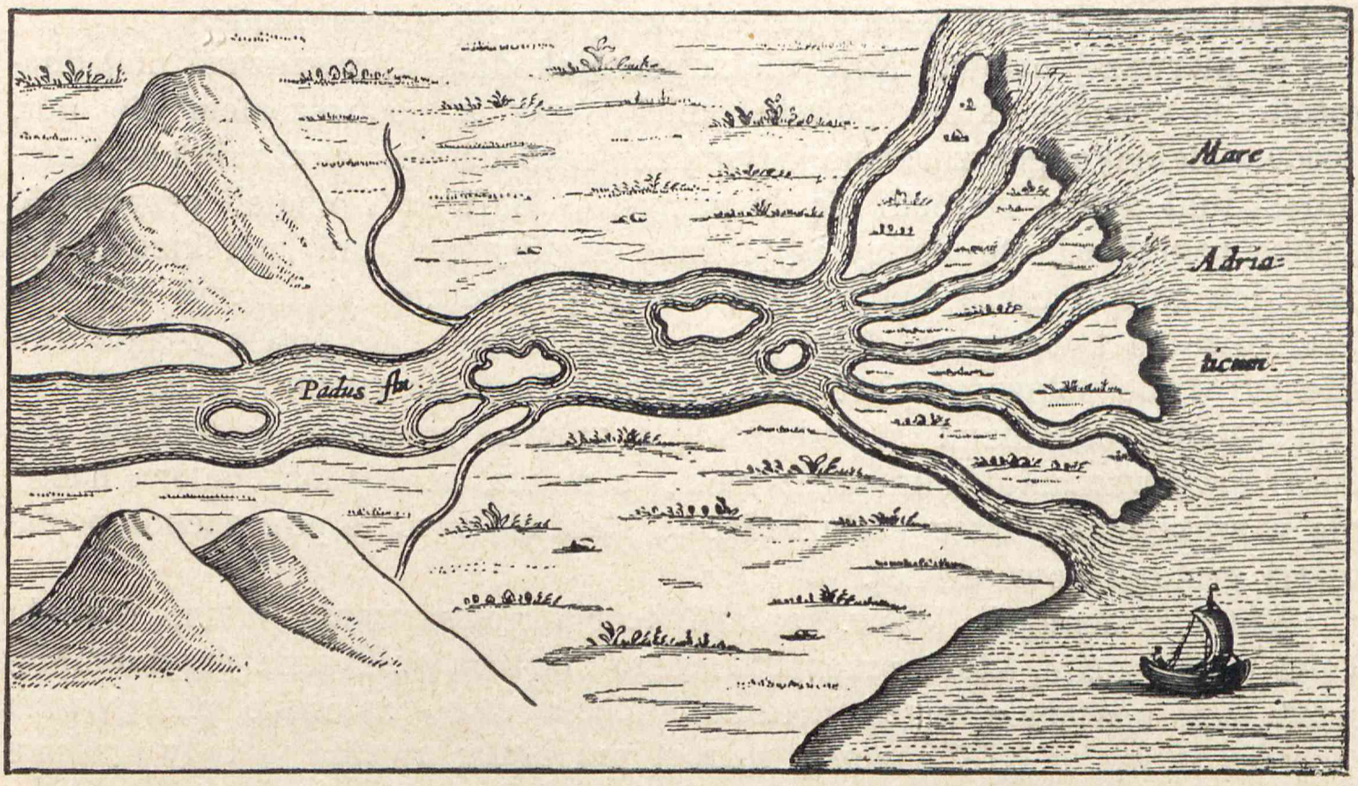
* * *

Działalność geologiczna wody bieżącej.

Już Grzegorz Agricola w początku czasów nowożytnych dosyć dobrze rozumiał działalność geologiczną wód bieżących, jak to widzieliśmy poprzednio w rezdziale o powstawaniu gór, a podobne myśli zajmują też późniejszych uczonych wieku XVI i XVII, chociaż najczęściej krótkiemi tylko słowy o tem wzmiankują, a wobec znaczenia wody bieżącej morzu zbyt wielką przyznają doniosłość.

Istotny postęp ujawnia dopiero Atanazego Kirchera „Mundus subterraneus“ (1664). Znajdujemy tu po raz pierwszy wzmiankę o wietrzeniu, chociaż krótką i ograniczoną do uwag ogólnikowych. Kircher wyobrażał sobie wietrzenie jako proces chemiczny, przyjmował bowiem, że do rosy zarówno, jak i do śniegu przymięszane są obce części składowe, które działanie to sprowadzają; miał już jednak na widoku po części i wietrzenie mechaniczne, gdy „mrozom długotrwałym“ pewien udział w „rozsadzaniu skalistego podkładu gór“ przypisywał. „Gdy wszakże śnieg już stopniał przez żar słońca, zabiera z sobą, wraz z deszczem na dół przez zaskrobanie drobny i gruby piasek i żwir, zmięszany z minerałami różnego rodzaju; materjał ten oddany zostaje rzekom, te zaś przez wylewy rozrzucają go po szeroko i daleko rozpostartych równinach, ponieważ mas takich przenosić nie mogą. Ztąd to pochodzi, że z gór, które początkowo żyzne były, przez abrazję (spłókanie) skib tłustych pozostaje jedynie substancja skalista, równiny zaś, pierwotnie bezpłodnością zdrętwiałe lub bagnami zapełnione, przez przybytek tłustego gościa pożądaną płodnością obdarzone zostają. Ponieważ wszakże nic na świecie nie trwa statecznie, to z biegiem czasu wyradzają się znowu w bezpłodność z utratą żyzności, gdyż skalisty rodzaj gór, rozpuszczony przez gryzący śnieg i zimno, pęka w skorupy, a rozpadając się na piasek i chudy żwir, ulega rozdrobnieniu. Ten tedy żwir i piasek pochwycony zostaje przez ulewy, dostaje się na równiny i tak pokrywa żyzny muł pól, że nie są już dalej do uprawy przydatne“. Nowe okresy żyzności, potem znów bezpłodności, mają w ten sposób w ustawicznej zmienności niwy nachodzić.

A. Kircher wypowiada to wyraźnie, że „przez potęgę wody odpływającej największe góry i lasy zostały zeskrobane i uprowadzone.“ Z drugiej jednak strony zauważył też, że owalna i soczewkowata postać stoczonego żwiru powstała przez tarcie. W podobny sposób przytacza, że piasek i żwir uprowadzony przez rzeki nietylko równiny zasypuje, nietylko zapełnia błota,



Tworzenie się delty przy ujściu rzeki Po do morza Adrjatyckiego.
Według Atanazego Kirchera (1665).

zagłębienia i doliny, ale podwyższa także łożyska rzek. Wzmiankuje również, że delty rzek budowane są wyłącznie z piasku i mułu, które rzeki same znoszą i odkładają.

Chociaż z wywodów Kirchera jasno się okazuje, że miał wzrok otwarty na działalność geologiczną wody bieżącej, to nie można wszakże stanowczo osądzić, czy na karb wody bieżącej kładł także i proces tworzenia się dolin, jak w swoim czasie Grzegorz Agricola. Młodszy współcześnik Kirchera, Bernard Varenius (1622—1650) rozpoznał wprawdzie dobrze, że rzeka przy wzmożonem prądowaniu może łożysko swe głębiej werznąć, wtedy zwłaszcza, gdy dno jest słabo oporne, nie posunął się wszakże tak daleko, by wpływowi wody bieżącej przypisać i tworzenie się dolin; przyznawał wprawdzie, że drobne wody rwące mogą same sobie łożysko żłobić, ale sądził, że prawdopodobnie „łożyska wszystkich rzek, które nie powstały wraz z ziemią, ręką ludzką wykonane zostały“.

Kwestja powstawania dolin nie była jeszcze zgoła rozjaśniona i w wieku XVIII; owszem, utworzenie się ich przypisywano głównie falom morskim, które z potężną siłą spieszyły ku dołowi, gdy ląd się wynurzał. Tak pojmował tę rzecz słynny zoolog i geolog francuski Buffon, podobnie jak G. A. Werner jeszcze w 1789 roku, chociaż ten ostatni przyznawał także i wodzie bieżącej zdolność wyżłabiania dolin. Natomiast już w 1746 roku Sulzer oświadczył się za wytwarzaniem dolin przez wodę bieżącą, 1774 Guettard, 1791 I. L. Heim i inni wygłaszali podobne myśli, 1795 rozwinął James Hutton zupełnie stanowczą teorję tworzenia się dolin przez działal-

ność wody bieżącej, a w początku wieku XIX (1802) Playfair w Anglji i Montlosier we Francji podali jasne dowody na jej uzasadnienie.

W pierwszej połowie XIX wieku początek dolin sprowadzano niejednokrotnie do szczelin, które powstać miały wraz z podnoszeniem się gór, a wodom bieżącym przyznawano jedynie zdolność ich przeobrażania i kształtowania. Inni uczeni zwrócili się do pomysłów Buffona i chcieli przywrócić uznanie poglądowi, że doliny wypłókane zostały prądami morskiemi. Do liczby ich należał także Karol Leyll, który pierwotnie oświadczył się bezwarunkowo za tworzeniem dolin przez wodę bieżącą, ale potem zdanie swe zmienił. Około połowy dopiero XIX wieku I. D. Dana (1849) i Jerzy Greenwood (1857) badaniami swemi zdobyli znowu powszechne uznanie dla nauki o wytwarzaniu dolin przez rzeki, a nauka ta, wydoskonalona następnie w szczegółach przez wielu badaczy, stała się obecnie powszechną posiadłością geologji nowoczesnej.

Wietrzenie.

Mniej zmiennych losów, aniżeli teorja powstawania dolin, doznała nauka o wietrzeniu, która przez Atanazego Kirchera wskazana przynajmniej została, ale następnie przez półtora stulecia słabo zaledwie postępowała i dopiero w wieku XIX znaczny rozrost przybrała; uważać ją tedy słusznie należy za płód najnowszych dopiero czasów. Wietrzenie mechaniczne, które w istocie rzeczy sprowadza się do zmienności temperatury, ujawnia działalność swoję w dwu zwłaszcza obszarach: najpierw w wysokich górach i wszystkich innych dziedzinach ziemi, wystawionych na częste działanie mrozu, gdzie woda wdziera się w niezliczone szpary i szczeliny skał i ,tam marznie, a przy następującem wtedy rozszerzeniu rozrywa ich cząstki; powtóre zaś w suchych i ubogich w roślinność okolicach krajów gorących, gdzie za dnia skały na swej powierzchni silnemu ulegają rozgrzaniu od promieni słonecznych, a w nocy następuje znaczne ochłodzenie, zkąd taka sprzeczność temperatury wywołuje w skale napięcia, mogące prowadzić do rozbijania wielkich głazów i do odłupywania mniejszych okruchów śród dźwięczącego szmeru. To ostatnie spostrzeżenie, dokonane najpierw przez Livingstone'a w pustyni afrykańskiej, potwierdzone zostało następnie przez innych podróżników. O wietrzeniu chemicznem przez czas długi niewiele myślano, aż dopiero Karol Gustaw Bischof (1846) w sposób zupełnie ścisły przedstawił rozkład skał i minerałów, F. Senft wykazał doniosły udział wietrzania chemicznego w tworzeniu się gruntu, a F. Richthofen (1886) zwrócił uwagę na rozpostarcie geograficzne objawów wietrzenia.

Nauka nowoczesna geologicznej działalności wody.

Podobnie jak nauka o wietrzeniu, tak też płodem XIX wieku jest znajomość chemicznej, rozkładającej i rozpuszczającej działalności wody bieżącej, której początek swój zawdzięcza znaczna ilość utworów powierzchni ziemi, oraz większość pieczar istniejących. Dla tego wypada nam tu wyłożyć, treściwie, jak tę działalność geologiczną wody bieżącej obecnie pojmujemy.

Widzimy to nieraz, że mur, niegdyś świeży i mocny, z biegiem stuleci rozpada się, ulega zniszczeniu przez najrozmaitsze wpływy atmosfery, które z początku pozostają niedostrzeżone, ale z biegiem czasu następstwa swe



Dolina rzeki Colorado w Ameryce płn., jako przykład niweczącego działania wody bieżącej i wietrzenia.

Według fotografji M. Wheelera (1871).

potężnie wzmagają; według tego przyjąć też należy, że rozpadają się i skały naturalne, o ile na powierzchni ziemi wystawione są na bezpośrednie ataki atmosfery, a działanie to od czterech głównie zawisło czynników:

1. Chwiejność temperatury, która doniosłe skutki sprowadza zwłaszcza w bezdżdżystych okolicach cieplejszych obszarów ziemi, jak to już wyżej zaznaczono.

2. Mróz, powodujący marznięcie wody w rysach i szczelinach skał, przyczem przez właściwą wodzie rozszerzalność przy jej zamianie w lód rozwija się potężna siła rozsadzająca. Ten rodzaj wietrzenia mechanicznego wywiera działanie swe wszędzie, gdzie temperatura w pewnym czasie schodzi niżej zera, najsilniej wszakże ujawnia się tam, gdzie temperatura zimowa panuje trwale, a przytem zmiany jej przez czas długi obracają się w pobliżu punktu krzepnięcia wody, jak to ma miejsce w wysokich górach europejskich.

3. Następstwo kolejne wilgocenia i wysychania, co się ujawnia zwłaszcza w skałach wapiennych przez rozsypywanie w pył górnych ich części.

4. Deszcz, który w przebiegu przez atmosferę ładuje się tlenem i kwasem węglanym, a ztąd zyskuje skuteczną broń chemiczną do napastowania skał na powierzchnię ziemi wyzierających. Skały te zostają utlenione, albo też pod wpływem wody zawierającej kwas węglany całkowicie lub częściowo ulegają rozkładowi; ztąd wietrzeją i rozpadają się na powierzchni, rozluźnione ich cząstki zmywa deszcz lub wiatr porywa, zkąd znów świeże części skały są na wpływ atmosfery wystawiane.

Ponieważ dwa pierwsze z tych czynników wietrzenia ograniczają się do chwiejności temperatury, a trzeci do zupełnego rozwoju swej skuteczności wymaga udziału wiatru, który przyspiesza wysychanie, wpływ ich przeto ogranicza się tylko do wierzchnich części skał. Nie tak się wszakże dzieje z wietrzeniem chemicznem, woda bowiem deszczowa przez wązkie szczeliny włoskowate przedzierać się może głęboko do wnętrza skały, zanim jeszcze chemicznie skuteczne jej części składowe zużyte zostają, gdy tedy moc rozkładową jeszcze zachowuje. Przedzieraniu się wody deszczowej sprzyjają szczeliny i rozpadliny, których żadna skała nie jest zupełnie pozbawiona. Ztąd też pochodzi, co łatwo dostrzedz możemy na odłamie granitu, że u spodu twarda, zbita, krystaliczna skała zgoła jest nierozłożona, gdy w niewielkiej odległości od powierzchni rozszczepiona jest na liczne bryłki kątowate, które trwają jeszcze w pierwotnych swych położeniach, wyżej zaś wreszcie przeważna część skały zupełnie jest już zwietrzała i gdzieniegdzie tylko jeszcze zawiera okrągłe okruchy granitowe, które się oparły ze wszech stron wdzierającemu się wietrzeniu; wyżej dostrzegamy tylko piasek lub glinę piasczystą, jako pozostałość granitu zupełnie rozłożonego, a na powierzchni napotykamy nakoniec grunt rodzajny, który składowe swe części przeważnie zawdzięcza również rozpadowi swego podłoża, chociaż zyskuje domieszkę przez zniesione wiatrem ziarnka pyłu lub wodą spławione drobiny innych gruntów; do tego przybywają nadto wchodzące w skład ziemi



Sople lodowe na stokach gór.
według fotografji profesora K. Futterera z Karlsruhe.

rodzajnej części organiczne, od których w głównej mierze zależy jej żyzność, złożone z obumarłych szczątków roślinnych, oraz z wytworów działalności dżdżowników, owadów i innych zwierząt. Składowe te wszakże części

wzmagają ze swej strony siłę rozkładową przesiąkającej wody deszczowej, zaopatrują ją bowiem w kwasy organiczne i nadają jej nowy oręż napastniczy przeciw skałom niżej leżącym. Ponieważ zaś w dżdżystych obszarach zwrotnikowych świat roślinny najbujniej rozkwita, a przy natłoczonem życiu także i ilość obumierających części roślinnych jest tam najznaczniejsza, wpływ więc przesiąkającej wody deszczowej jest tam najsilniejszy, a ztąd też pochodzi, że rozkład skał w okolicach tych najgłębiej sięga; w Brazylji w niektórych miejscach skały ulegają rozkładowi w głębokości 120 metrów, gdy w naszych szerokościach umiarkowanych działanie to przerywa się już w głębi kilku metrów, albo kilku stóp zaledwie.

Przy takiem wyjaśnieniu tworzenia się gruntu staje się też wprost zrozumiałem, że natura skały przyległej ma wpływ jak największy na właściwości gruntu, karty zatem geologiczne, na których bezpośrednio odczytać można, jak rozpościerają się rozmaite skały, posiadają wielką doniosłość przy ocenie wartości gruntów. Zapewne, należy przytem brać pod uwagę i inne warunki fizyczne danej okolicy, gdyż jedynie w obszarach z bujnie rozwiniętą roślinnością grunt będzie mógł się utrzymać i na powierzchni pochylonej, gdy w innych razach woda szybko spłókuje materjał przez wietrzenie wytworzony, chwyta go i unosi wicher, albo też, własnemu ulegając ciężarowi, opada w głąb, skoro usuwa się podtrzymujące go podłoże. Tem samem jednak coraz nowa skała nierozłożona poddana zostaje wpływom wietrzenia, a gdy na gruncie równym raz utworzona powłoka zwietrzała tworzy zarazem powłokę ochronną przeciw wietrzeniu dalszemu, to w okolicach górzystych wietrzenie sięga wciąż coraz dalej w miarę, jak uprowadzony zostaje materjał oswobodzony; tą drogą wreszcie, skutkiem wietrzenia i idącego za niem obnażania (denudacji), wielkie góry i pasma górskie zostają z oblicza ziemi zmiecione i przeobrażają się w równiny lub w nieznaczne zaledwie wyniosłości. Główny wszakże udział w tych wielkich działaniach przypada czynnościom wody bieżącej.

Działalność geologiczna wody bieżącej.

Przedewszystkiem sama już woda deszczowa występuje jako środek przewozu, rzadko bowiem tylko jest grunt dak dalece płaski, by nie mogła na którąkolwiek odpływać stronę, przyczem unosi ze sobą drobne cząstki gruntu, chociaż zwykle na niewielką tylko przestrzeń; następują wszakże ulewy nowe, a wody ich podejmują transport przerwany i przekazują dalej materjał porwany strumykowi, który go niesie do rzeki, a drogą tą wreszcie do morza. Spłókiwanie takie jest w ogólności tem znaczniejsze, im spadzistsze są stoki i im ulewniejsze są deszcze. Pewne znaczenie ma także i wielkość kropel dżdżu, wielkie bowiem krople wywierają uderzenie silniejsze, o czem się łatwo przekonywamy przy deszczu nawalnym, gdy widzimy, jak cząstki gruntu, zwłaszcza gdy jest piasczysty, mocą uderzenia kropel rozrzucone, w górę i na dół przeskakują.

Znaczna siła spłókująca przypada też i wodzie ze stopienia lodu pochodzącej, zwłaszcza, gdy topienie zachodzi nagle, jak to się dzieje szczególniej w Alpach podczas fenu (föhn). Doniosłe znaczenie przy tem spłókiwaniu



Widok z obszaru źródeł rzeki Sakramento.

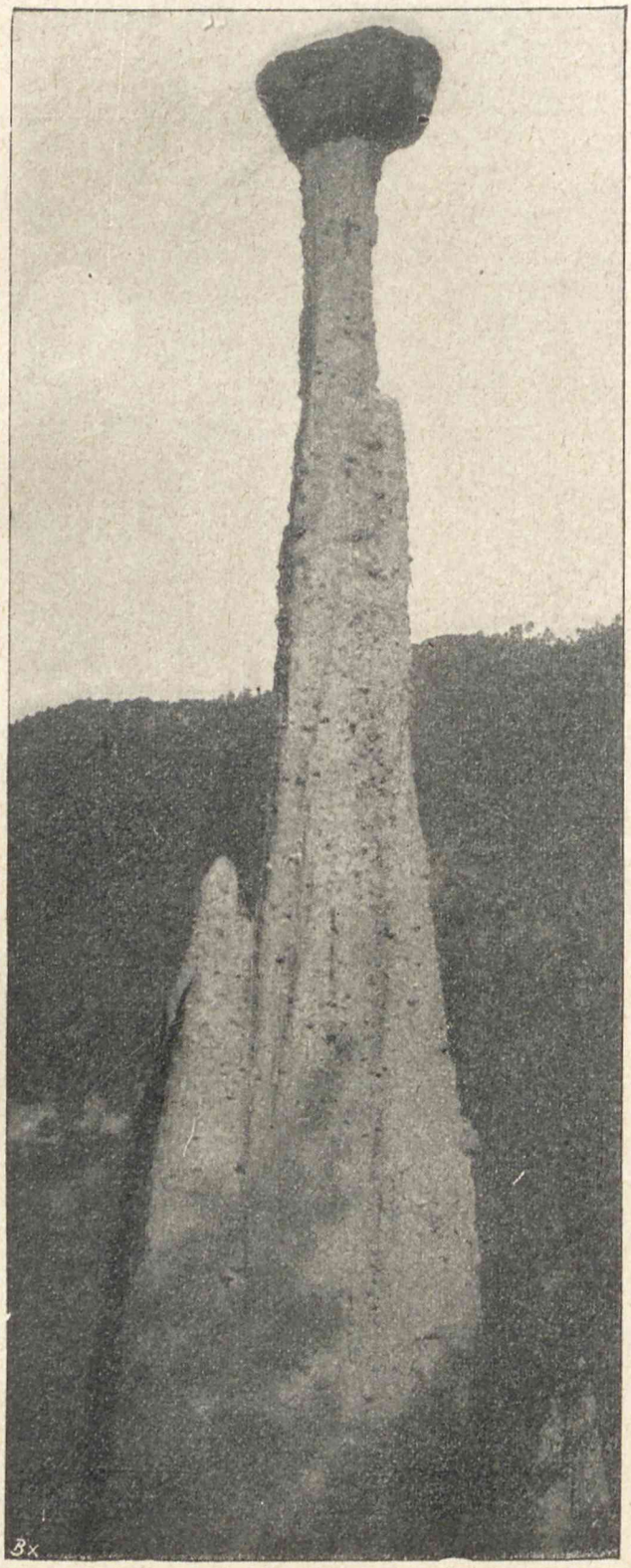
Według fotografji dr. M. W. Meyera.

ma też charakter skały przyległej; gdy jest bardzo przemakalna, jak żwir lub lapilli, przeważna część wody deszczowej przesiąka natychmiast, a spłókiwaniu pozostaje drobny tylko zakres; jeżeli skała przejęta jest szczelinami, jak wapień lub dolomit, to również woda po większej części zapada, a spłókiwanie powierzchniowe ulega zmniejszeniu. Ponieważ wszakże wapień i dolomit są to zarazem skały, które rozpuszczać się mogą w wodzie zawierającej kwas węglany, występują w nich przeto dwa właściwe objawy, raz krążenie podziemne wody, a powtóre następujące skutkiem rozpuszczania przeobrażenie skrajnych powierzchni skał wapiennych, pozbawionych roślinności; na podłożu pochyłem powstają skutkiem tego zwrócone ku dołowi i równoległe ścieki wody deszczowej, które przy pochyleniu słabem zagłębiają się silniej i nieregularnie, pozostawiając często między sobą ostre przegrody, żebrowate i grzebieniaste, które szczególniej pięknie rozwinięte są w Alpach wapiennych i Karście.

Skały miękie, jak gliny lub margle, ulegają spłókaniu w daleko silniejszej mierze, aniżeli wapienie lub tem bardziej kwarcyty; gdzie więc skały takie rozłożone są naprzemian jedne z drugiemi, skały twardsze występują na stokach gór, jakby żebra daleko się wysuwające, gdy oba rodzaje skał tworzą warstwy spadzisto wzniesione. Gdy wszakże położenie ich zbliża się do poziomego, powstają tarasowate zbocza górskie, gdyż skały miękie otrzymują stoki bardziej płaskie, aniżeli skały twarde, które przedstawiają się często jak urwiska spadziste między łagodnie pochylonemi tarasami marglu i gliny. Twarda warstwa skalna chroni przytem jak osłona swe podłoże od dalszego spłókania. Podobne wszakże znaczenie ochronne posiadać mogą i oddzielne większe głazy, które leżą rozproszone w sypkiej mięszaninie drobnych okruchów skalnych, co łatwo obserwować można na każdej warstwie piasku; po deszczu nawalnym znajdziemy zawsze pewną liczbę większych kamyków, osadzonych na drobnych trzonkach piaskowych, wokoło bowiem został piasek spłókany i tam tylko, gdzie kamyk chronił od tego swe podłoże, nie miało to miejsca. Na większą skalę utwory tego rodzaju przedstawiają tak zwane piramidy ziemne w osadach mułu utworzonych przez lodniki (w morenach) Alp w deszcze uboższych, jak na wyżynie Ritten pod Bozen (str. 217), gdy w okolicach bardziej dżdżystych podobne osady tak dalece mogą być przemoczone, że pęcznieją jak lepka miazga. Większe złoża gliny i mułu po ulewnym deszczu nieraz tak silnie zostają wodą przejęte, że po stoku pochyłym ześlizgują się lub spływają, jak to się wydarza w Alpach i innych górach.

Gdzie skała przy swem wietrzeniu pozostawia świeże głazy zaokrąglone, to po spłukaniu z pochyłości sypkiego materjału zwietrzałego pozostawać mogą na powierzchni jedynie te świeże głazy, które pokrywają rozległe przestrzenie, tworząc tak zwane morza skaliste.

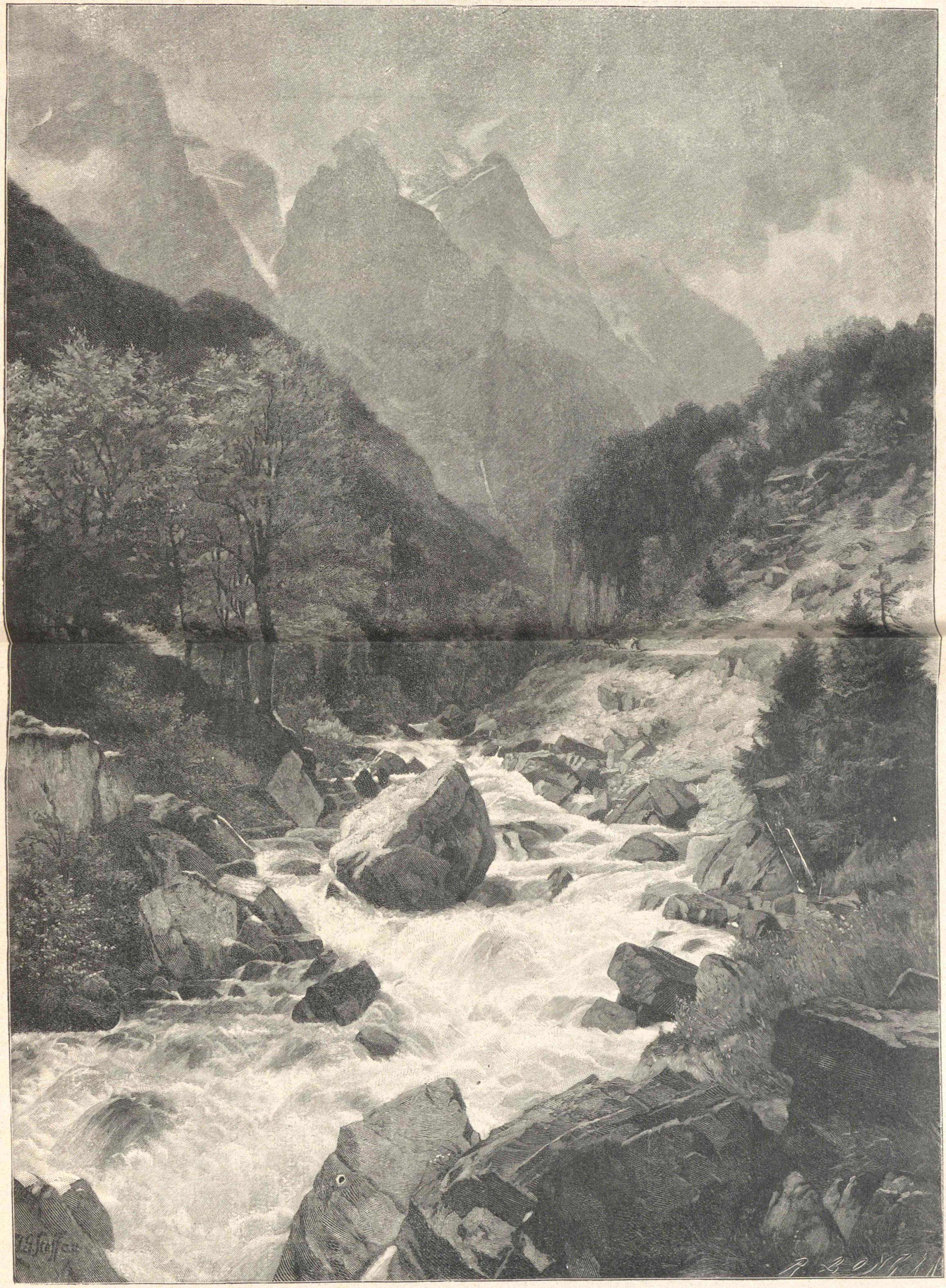
Materjał spłókany tworzy usypiska gruzu u stóp gór (piargi górali tatrzańskich), lub też, pochwycony przez bieżącą wodę strumieni i rzek, przeniesiony zostaje dalej. W ciągu tysiącoleci zmywanie takie wydaje





Piramidy ziemne pod Bozen w Tyrolu.
Według fotografji.

rezultaty olbrzymie i przyczynia się w znacznej części do znoszenia gór, zarazem wszakże w jednakim kierunku i z również wielkiem powodzeniem współdziała zapadanie urwisk. Odłamy skał, które się na stokach gór oswobodziły pod wpływem chwiejności temperatury lub mrozów, zapadają w głąb, bądź bezpośrednio po oswobodzeniu się, bądź później przy pomocy deszczu lub wiatru, które dopiero dają istotną do spadku podnietę. Często urwiska zapadają się to tu, to owdzie na uboczu góry, ale często też uprzywilejowane są pewne kierunki, pewne linje, po których kamienie najczęściej



Strumień lodnikowy u stóp góry Glärnisch w Alpach zachodnich.

Według obrazu I. G. Steffana.

zbiegają, a w takim razie u spodu tych linji usypują się zwykle stożki gruzu, o pochyleniu 15—40 stopni, które posuwają się coraz dalej w dolinie, dopóki płynąca w niej rzeka swemi wodami dalszego ich ruchu nie powstrzyma.

Gdy wszakże ten rodzaj urwisk z biegiem lat dopiero znaczne ilości kamieni ze stoków górskich do ich podnóża znosi, to w górach spadzistych nie rzadko też zachodzą katastrofy, zwały górskie, przy których naraz potężne masy brył skalnych na dół się dostają. Takie zwały powstają najczęściej na bardzo stromych stokach gór, których podnóża nieco podkopane zostały przez rzeki, fale morskie, wichry, lub ręką ludzką w kamieniołomach. Wzdłuż pewnej smugi, odpowiadającej zwykle powierzchni pokładu, kierunkowi łupliwości, lub innym szczelinom, oswobadza się część wiszaru górskiego od całości góry i podczas spadku druzgoce w odzielne rumowiska, które, jakby płynąc, staczają się w głębinę, gdzie długo jeszcze wyróżniają się jako usyp gruzu lub plątanina drobnych wzgórków i olbrzymich głazów. Powstawaniu zwałów górskich sprzyjają pokłady gliniaste, które od wody przesiąkającej zmiękły i stały się plastyczne, a ztąd utworzyły tor, po którym ześlizgiwać się mogą ponad niemi leżące masy skalne. Zwały górskie przytrafiały się często w Alpach i innych wysokich górach, sprowadzając nieraz ciężkie klęski na całe wsie, a wypadek taki w szwajcarskiej wiosce Elm w 1881 r. dotąd jest pamiętny. W dżdżystych okolicach stref zwrotnikowych zwłaszcza często ma miejsce ześlizgiwanie wielkich głazów górskich, co tam zastępuje pracę bardzo słabo rozwiniętego spłókiwania; bujna roślinność chroni tam w wysokim stopniu podłoże swe od zmywania przez wody deszczowe, nie może wszakże powstrzymać od przenikania w głąb znacznych ilości wody, która skałę głęboko rozkłada lub ją rozmiękcza, a tą drogą przygotowuje warunki dogodne do zsuwań, zachodzących też tam rzeczywiście bardzo często, zwłaszcza po silnych ulewach lub po trzęsieniach ziemi (ob. rys. str. 221). Zsuwanie odłamów górskich jest w wilgotnych okolicach stref zwrotnikowych zjawiskiem tak częstem, że nieraz ukształtowanie dolin od niego zawisło.

Inny zupełnie rodzaj zawałów stanowią częste w górach gipsowych i wapiennych zapadania pieczar podziemnych, ujawniające się na powierzchni zagłębieniami lejkowatemi. Przy rozległem rozprzestrzenieniu obszarów wapiennych utwory te stanowią ważny element w charakterze powierzchni ziemi. Przyczyna ich sprowadza się w ostatnim rzędzie do działania wody deszczowej, zawierającej kwas węglany, która posiada znaczną zdolność rozpuszczającą. Widzieliśmy już wyżej, jak osobliwe utwory sprowadza woda spłókująca na pochyłych powierzchniach wapieni; gdy wszakże w pewnych miejscach przenika woda deszczowa w głąb, to i tu rozpuszcza skały wapienne, wytwarzając zagłębienia okrągławe, postaci worów lub kominów (organy geologiczne), które następnie zwykle całkowicie lub częściowo wypełniają się szczątkami po zwietrzeniu pozostałemi. Nadto przesączająca się woda rozszerzać może wejście do rozpadlin także przez wietrzenie i rozpuszczanie,



Zsuwanie się ziemi w zwrotnikowej Ameryce środkowej.

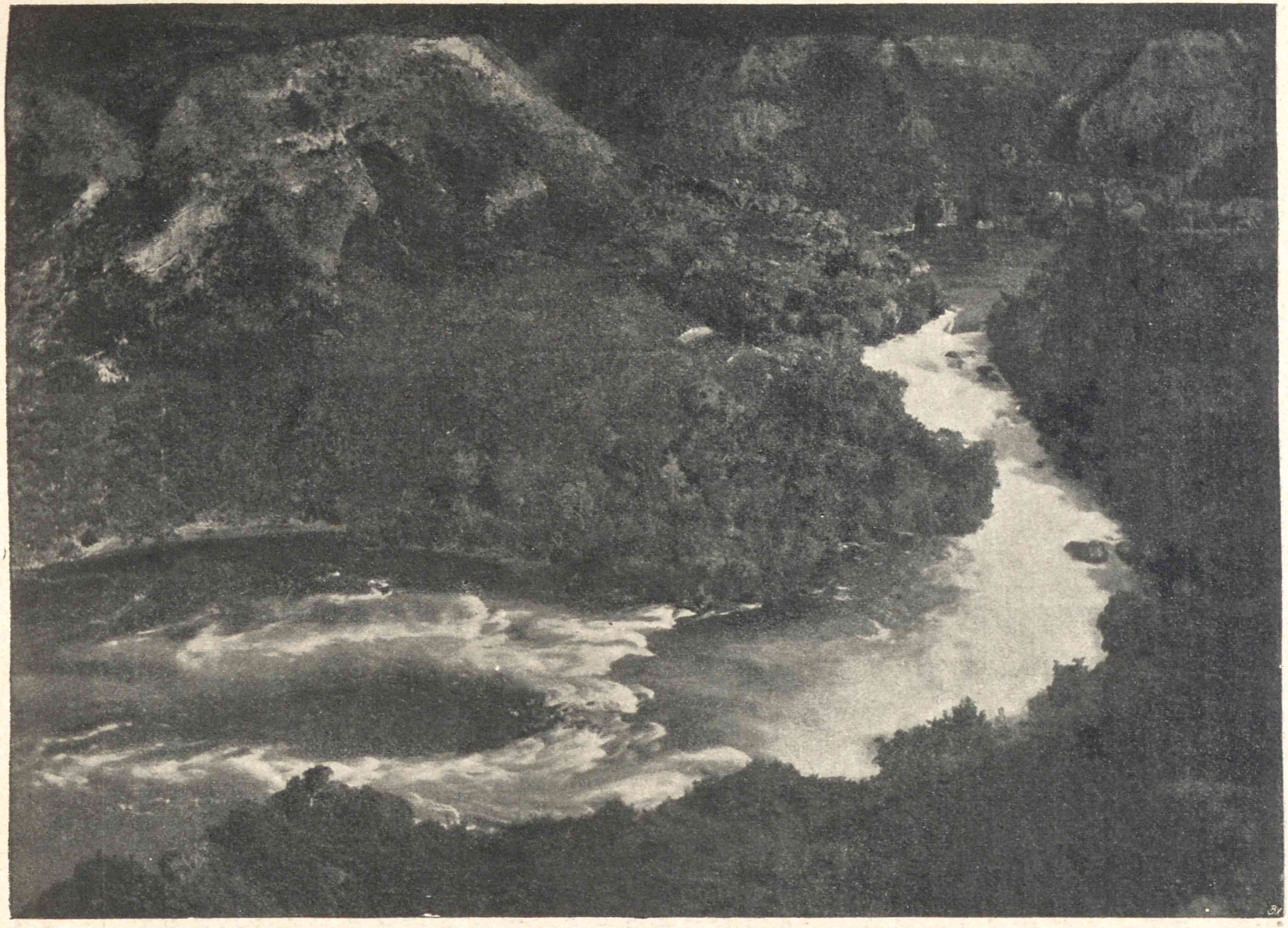
Według fotografji.

zkąd powstają na powierzchni ziemi zagłębienia lejkowate, które w Karście mają nazwę dolin, a posiadają zwykle 50 do 100 metrów średnicy przy głębokości 7 do 8 metrów. Inny rodzaj podobnych dolin powstaje przez zawalanie się pieczar, utworzonych wskutek rozpuszczania przez wodę krążącą w rozpadlinach skały. Doliny takie schodzą głębiej i mają ściany spadzistsze; często linijnem swem uporządkowaniem wskazują przebieg wód podziemnych, jak np. w różnych miejscach zwrotnikowej okolicy karstowej Alta Verapez w Gwatemali, a wtedy razem tworzą szczególną, jakby niezupełną dolinę, która wprawdzie ciągnie się w pewnym kierunku, ale bieg jej jest wciąż zakłócany przegrodami oddzielnych lejków. Niekiedy też w końcu takiego pasma zagłębień lejkowatych występuje na powierzchnię ziemi znaczna rzeka, która poprzednio miała bieg podziemny i może znowu przejdzie w podziemną, skoro na drodze stanie pasmo gór wapiennych.

Tak osobliwy bieg rzek ogranicza się jedynie do okolic wapiennych, albo, mówiąc ogólniej, do obszarów zajętych przez pokłady rozpuszczalne. Gdzie występują pokłady nierozpuszczalne, rzeki zachowują bieg wyłącznie nadziemny, który od źródeł aż do ujścia toczy się w ogólności ze spadkiem coraz łagodniejszym. Prosty ten przebieg linji spadku zakłócają najczęściej w różnych miejscach przeskoki, ale choćby nawet wygładzone zostały stopnie takie, które wyrażają się w wodospadach, progach i nagłych zmianach szybkości, to linja spadku nie pozostałaby trwale stateczną, w górnym bowiem biegu rzeka wciąż łożysko swe pogłębia, w biegu zaś dolnym z powodu tworzenia się delty zwolna je wydłuża i podnosi. Zmienność w biegu rzek ztąd nadto pochodzi, że łożysko swe często na boki przesuwają, tworzą pętlice, albo też idą za warstwami łatwiej erozji ulegającemi, a ztąd odchylenia doznają.

Szybkość pędu rzeki jest z powodu tarcia najznaczniejsza wpośrodku i słabnie zarówno w miarę zbliżania się do dna, jak i ku brzegom. Z drugiej jednak strony jest tem większa, im silniejszy jest spadek i im obfitsza jest ilość unoszonej wody. Podobnież siła uderzenia wody odpowiada jej szybkości. Woda bardzo powolnie płynąca poruszać jest w stanie muł tylko; poruszanie drobnego piasku wymaga szybkości przynajmniej 0,2 metra na sek., małe kamyki wielkości jaja gołębiego toczone są po gruncie przy szybkości 1,6 metra, przy szybkości 2 metrów woda przesuwa i kamienie większe. Naprzemian tworzą się po obu brzegach rzeki ławice żwiru, które zwolna w dół wędrują, a pomiędzy niemi wije się kręto prąd rzeki, jej koryto najgłębsze. Kamyki ulegają po drodze stoczeniu, zużywają się; im dalej wędrują, tem stają się mniejsze, aż wreszcie ścierają się zupełnie.

Żwir toczy się tylko po dnie łożyska, cząstki natomiast mułu płyną ku dołowi z wodą, gdy ta dosyć szybko bieży. Żwir i muł przenoszą się najobficiej podczas przyboru rzeki, pierwszy ztąd, że wtedy największa jest siła uderzenia wody, drugi zaś dla tego, że gwałtowne ulewy i podmywanie



Progi w potoku górskim.

Wedlug fotografji.

brzegów znaczną ilość cząstek do rzeki sprowadzają*). Ilość natomiast substancji rozpuszczonych od stanu wody nie zależy.

Transport tych rumowisk dokonywa się zawsze kosztem siły żywej wody. Gdy energja wody przewyższa nakład potrzebny na transport, nadmiar jej zużywa się na erozję, co znaczy, że porwany zostaje żwir dalszy, w łożysku rzeki złożony, albo też atakom wody ulegają ściany skaliste, śród których rzeka się toczy, a łożysko jej pogłębia się lub rozszerza. Obie te ostatnie czynności (korrazja) następować mogą bądź przez wpływy chemiczne, przez rozpuszczanie, jak to ma miejsce często w wapieniach, bądź przez mechaniczne ścieranie podłoża za pośrednictwem unoszonych rumowisk, które pracują skutecznie zwłaszcza w wirach i wiercić tam są w stanie wielkie wydrążenia okrągłe, w niektórych miejscach kotłami olbrzymów zwane. W ten też sposób pracą rzek wyrobione zostały zdumiewające wąwozy w ujściu dolin, klamy alpejskie, jak słynny klam Liechtenstein w Salzkammergut.

Gdy siła żywa wody nie jest już w stanie wlec dalej sprowadzonego żwiru, to nadmiar jego pozostaje, a łożysko rzeki podnosi się przez takie nagromadzenie, tworzą się ławice i kępy żwiru, które za najbliższym przyborem wody dawać mogą podnietę do wylewów, osadzających muł i kamyki stoczone na obszarach zalanych. Gdy erozja czynna jest głównie w górnym biegu rzeki, to gromadzenie takie dokonywa się szczególniej w biegu jej dolnym, w biegu zaś środkowym przy nizkim stanie wody ma miejsce gromadzenie, ale przy stanie jej wysokim erozja zyskuje przewagę.

Co jeszcze żwiru, piasku i mułu rzeka przy ujściu swojem do morza lub do kotliny jeziora znosi, to odkłada tam w postaci osadu, energja bowiem jej ruchu szybko tu słabnie. Najpierw opada żwir; piasek i muł przenoszą się nieco dalej, a gdzie zimna woda lodników uchodzi do cieplejszych jezior słodkowodnych, tam dla znaczniejszej swej ciężkości osuwa się na dno i utrzymuje tu sobie daleko jeszcze koryto otwarte. Woda wszakże rzeczna, wpływająca do morza, rozpościera się z powodu mniejszego swego ciężaru właściwego ponad wodą morską i opuszcza unoszony przez siebie materjał tam, gdzie ruch ustaje, a woda morska mięsza się z rzeczną. Osady rzeczne, które w wodzie stojącej złożone zostały i ponad jej poziom wystąpiły, nazywają się *delta*. Przez nowo nanoszone osady posuwają się delty coraz dalej naprzód; tak np. delta rzeki Po przybiera rocznie o 1,14 kilometra kwadratowego. Co tu wszakże wobec morza wydaje się zdobyczą lądu, zniesione zostało na koszt jego wysokości przez rzeki, jako wynik

---

*) Okazuje się to wyraźnie zwłaszcza podczas przyboru Wisły, gdy wezbrana gwałtownie unosi na swej powierzchni zwichrzone kłęby piany żółtobrunatnej, zabarwione mułem i piaskiem, przez bystry prąd wody z brzegów i dna porwanym. Piana wywiązuje się skutkiem tego, że woda wzburzona silnie przejmuje się powietrzem, a dla niezwykłej swej barwy wydaje się napozór zakrzepłą.

Przyp. tłom.



W dziedzinie wiecznego śniegu (góry Monte-Rosa).
Według fotografji Wiktora Sella w Bielli.

zjednoczonej działalności zmywania, zapadania i erozji. Starano się ogół corocznie do morza znoszonych substancji mineralnych rozłożyć ua wszystek ląd stały, by ztąd obliczyć, o ile w ogólności obniża się ląd przez pracę wody bieżącej, a tak się okazało, że przecięciowo w ciągu jakich 10 000 lat ląd traci jeden metr na swojej wysokości, przyczem oczywiście zawsze mieć należy na uwadze, że niszczenie lądu w obszarach górskich zachodzi daleko żywiej, aniżeli w krajach płaskich.

Przytoczoną tu wysokość denudacji powinniśmy oczywiście oceniać jedynie jako wartość zaledwie przybliżoną; dumą jednak może nas to przejmować, że bystrości ludzkiej powiodło się osiągnąć przynajmniej wyobrażenie, w ciągu jakich okresów czasu oblicze ziemi ulegać może pewnej zmianie, dającej się ująć liczebnie. Jednym może się ta liczba wydawać wielką, innym drobną; w każdym jednak razie otwiera nam ona widok rozległy na olbrzymie okresy, jakie przebiegła stopniowo nasza bryła ziemska w swoim rozwoju, na podstawie bowiem badań geologicznych wykazać możemy, że różne pasma gór Europy środkowej, skromne obecnie, niegdyś wzbijały się wyżej znacznie, potężne zapewne i dumne, jak Alpy dzisiejsze, które z kolei również w dalekiej przyszłości ze swej wyniosłości zstąpią. Chociaż miljony jeszcze lat upłynąć mają do chwili, gdy Alpy staną się górami miernej wysokości, to wszakże chwila ta ukazuje się nam już w oddaleniu, które ocenić się daje. Wobec objawów takich, na strumyk

szemrzący, który przed oczyma naszemi skrzętnie piasek na dół unosi, spoglądać musimy innym wzrokiem, aniżeli poprzednio, wykazuje nam bowiem, jak cicho i niepozornie pracuje przyroda środkami prostemi, jak wielkie rezultaty niemi osiąga i jak w biegu czasów kropla wody najpotężniejsze góry przezwycięża.

* * *

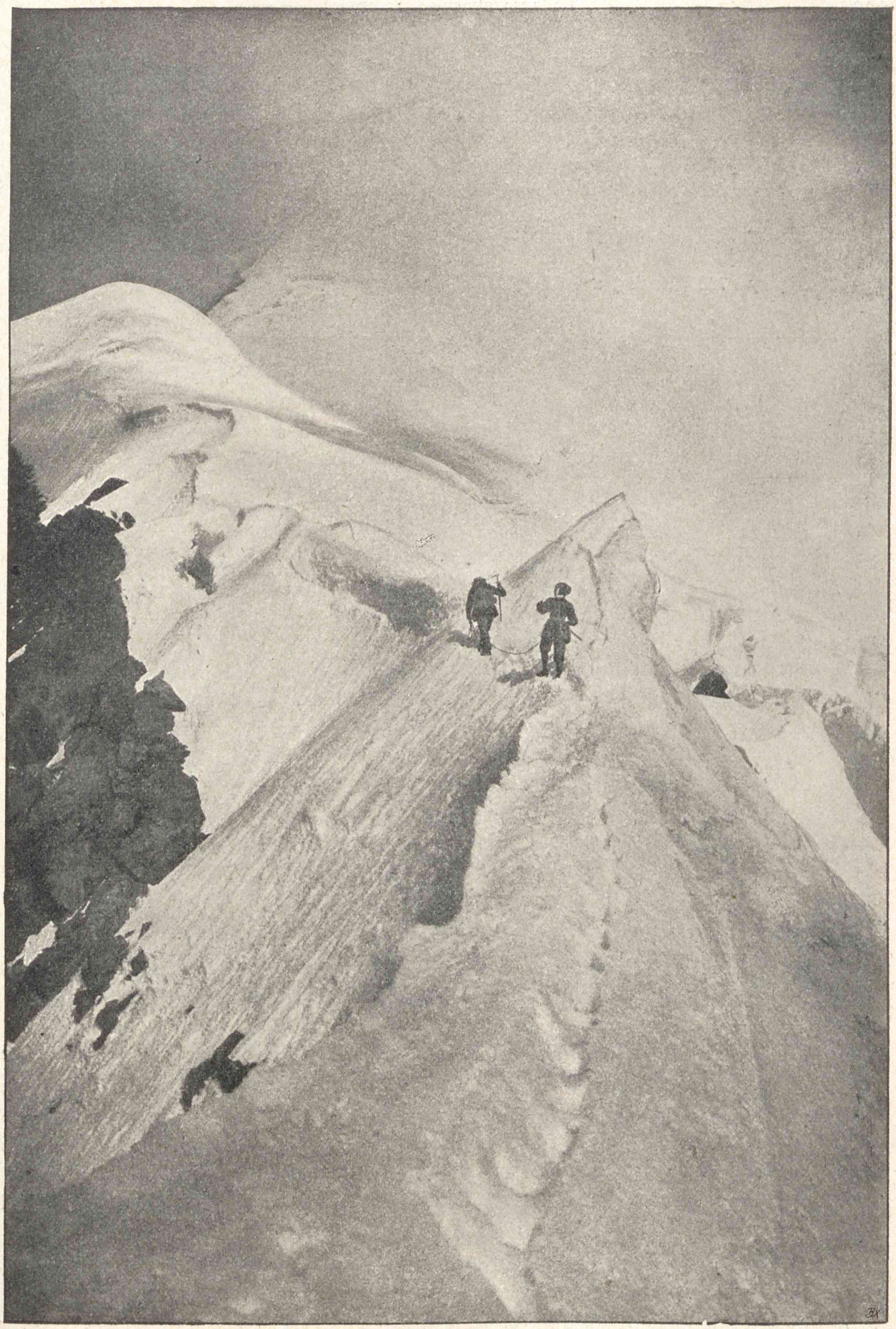
Działalność geologiczna wody zakrzepłej.

Śnieg i lód, dwie formy, w jakich woda zakrzepła występuje, znane były oczywiście Europejczykom od czasów najdawniejszych, w całej bowiem Europie, nawet na skrajnem jej południu, temperatura obniża się tak dalece, że niekiedy śnieg pada, albo drobne zbiorowiska wody pokrywają się powłoką lodową. O znaczeniu ich geologicznem nie myślano wszakże, a gdy próbowano zwrócić na to uwagę, zbijano się z tropu, jak Atanazy Kircher, który wyobrażał sobie śnieg przejęty cząstkami metalicznemi i mineralnemi, a ztąd przypisywał mu wpływ chemiczny na powierzchnię ziemi. Dosyć wcześnie natomiast, gdy wielkie odkrycia geograficzne naraz widnokrąg rozprzestrzeniły i gdy poznano góry śnieżne Ameryki zwrotnikowej, zrozumiano rzeczywistą przyczynę rozkładu śniegu. Już Pedro Martyr d'Anghuiera poznał (1510) zależność granicy śnieżnej od szerokości geograficznej, a Piotr Bouguer (1698—1758) podczas podróży swej do Peru (1735) zrobił pierwszą próbę oznaczenia tej granicy śnieżnej, t. j. linji, powyżej której śnieg już nie ginie, i sądził, że wykrył ją w wysokości, gdzie średnia temperatura roczna nie podnosi się ponad zero. Słynny badacz alpejski, Horacy Benedykt de Saussure (ur. 1740 w Genewie, zm. 1799), pierwszy mierzył bezpośrednio w licznych swych wycieczkach na góry istotną wysokość granicy wiecznego śniegu i przekonał się, że zdanie Bouguera nie może być słuszne, ważne też bowiem znaczenie ma tu natura gruntu, rozkład cienia i różne inne wpływy, ale dopiero Aleksander Humboldt podczas wielkiej swej podróży w obszarach zwrotnikowych Ameryki poznał, jak rozliczne są przyczyny, od których każdochwilowa granica śnieżna zawisła. Następnie kwestję tę dokładniej jeszcze zbadano, zebrano liczne dostrzeżenia ze wszystkich części świata, a ztąd się okazało, że granica śnieżna zależy nietylko od temperatury i wilgotności powietrza, ale wpływ przeważny ma tu obfitość opadów, oraz wystawienie gór na wiatry dżdżyste i na promienie słoneczne. Fryderyk Ratzel wreszcie w dziewiątem dziesięcioleciu wieku XIX obok granicy śnieżnej klimatycznej, obejmującej pas górski, gdzie powłoka śnieżna w lecie nie niknie, wyróżnił granicę śnieżną orograficzną, czyli linję, dokąd w wąwozach i dolinach zacienionych, przy sprzyjającem zatem ukształtowaniu powierzchni, zbiorowiska śniegu utrzymywać się mogą przez lata całe. W ogólności granica śnieżna, począwszy od równika, obniża się najpierw zwolna, a następnie dosyć szybko aż do krajów biegunowych, co okazuje się z następnego zestawienia, podanego przez A. Pencka, gdzie wysokości granicy śnieżnej w różnych szerokościach geograficznych wskazane są w metrach:



Lodnik Grindelwaldu na wyżynie Berneńskiej.

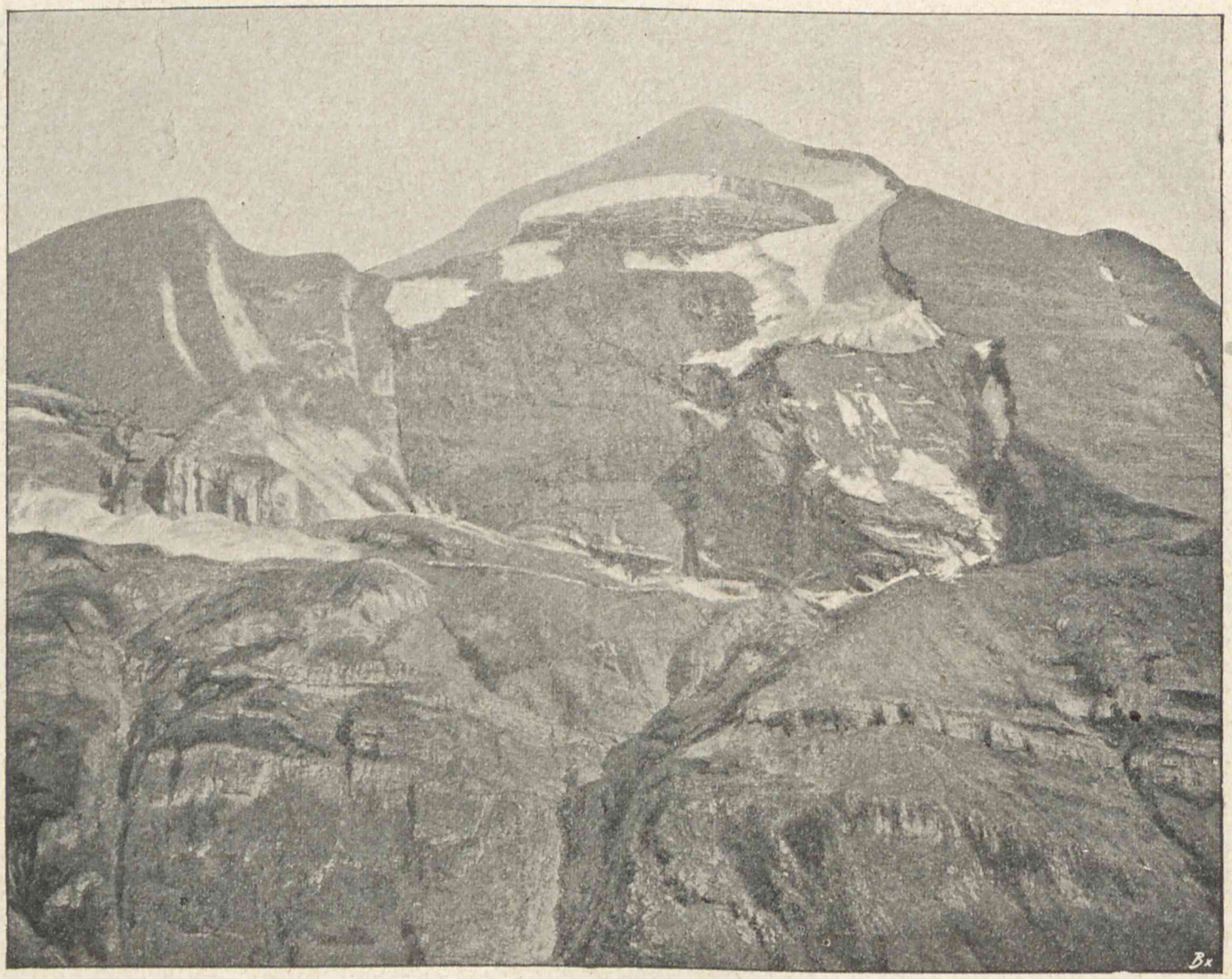
Według oryginalnej fotografji towarzystwa „Photoglob" w Zurichu.



Wydmy śnieżne w Alpach.

Według fotografji T. Wundta.

Szerok.	Półkula północna	Półkula południowa
0—10°	między 4200 a 4700 (Kolumbja)	między 4515 a 5050 (Ekwador)
10—20°	między 4280 a 4800 (Meksyk)	między 4760 a 5920 (Andy)
20—30°	między 3700 (Birma) a 5300 (Himalaje)	między 4500 a 6000 (Andy)
30—40°	między 2920 (Taurus) a 5910 (Karakorum)	między 1500 a 4480 (Andy)
40—50°	między 1590 (Ameryka płn.) a 3810 (Kaukaz)	między 300 (Kerguelen) a 2380 (Nowa Zelan.)
50—60°	między 1360 (Norwergja zach.) a 3230 (Syberja)	między 550 (Georgja płd.) a 2380 (Ziemia ognista)
60—70°	między 760 (Alaska) a 1630 (Norwegja wsch.)	



Miejsce odłamania się lawiny lodnikowej na szczycie góry Altels w Szwajcarji.
Według fotografji prof. E. Brucknera w Bernie.

Czy granica śnieżna schodzi gdziekolwiek na ziemi aż do poziomu morza, z pewnością nie rozstrzygnięto, jestto jednak prawdopodobne dla krajów biegunowych południowych. Znaczne różnice w wysokości granicy śnieżnej pod jednakową szerokością pochodzą ztąd, że granica ta obniża się tem bardziej, im okolica obfitsza jest w opady.

Jeżeli dotąd zajmowaliśmy się głównie obszarami wiecznego śniegu, ma to swój powód w tem, że perjodyczne opady śniegu podczas zimy w okolicach niżej położonych, albo lody rzeczne tych sanych dziedzin, posiadają słabą zaledwie doniosłość geologiczną i wyjątkowo tylko wywierają



Droga i kres wielkiej lawiny wiosennej w wąwozie Scaletta w Engadynie.
Według fotografji.

działanie potężniejsze, zwłaszcza skutkiem wylewów, powodowanych nagłem topieniem śniegu, lub zatamowaniem biegu rzeki przez krę po niej płynącą. W obszarach śniegu wiecznego dzieje się inaczej; śnieg i wytwarzające się z niego lodniki czyli gleczery stanowią tu trwałą część składową skorupy ziemskiej, przedstawiają poniekąd pewną skałę odrębną czyli formację geologiczną, w której nawet rozpoznać się daje istne uwarstwowanie, spowodowane kolejnemi opadami śniegu w różnych czasach; pokład ten śniegu, wciąż zasilany, musiałby z biegiem czasu dochodzić grubości niezmiernej, gdyby przyroda nie utworzyła dróg i środków, sprowadzających nadmiar śniegu do okolic cieplejszych, gdzie ulega stopieniu pod działaniem promieni słonecznych i temperatury powietrza. Obliczono, że w wyższych obszarach alpejskich spada rocznie 5 metrów śniegu, który wprawdzie przez stłoczenie i zlepienie skupia się do grubości I metra zaledwie, ale już w ciągu tylko ery chrześcjjańskiej Alpy musiałyby się ztąd o jakie 1600 metrów podwyższyć, gdyby nie zachodził wspomniany odpływ nadmiaru śnieżnego.

Trwałemu gromadzeniu się potężnych zbiorowisk śniegu opiera się przedewszystkiem sama natura powierzchni przeważnej części gór wysokich, z ich stokami spadzistemi i ostremi szczytami. Do tego przybywają wszakże i właściwości śniegu okolic najwyższych, śniegu górskiego; jest sypki, suchy, proszkowaty, i łatwo staje się igraszką wichrów, które porywają go wysoko w górę i wirujące jego obłoki przerzucają daleko poza grzbiety i szczyty górskie, zasypując nim potem zwolna doliny i wąwozy. Na bardziej płaskich polach śnieżnych powstają ztąd wydmy śnieżne, zupełnie jak w pustyniach wydmy piasczyste, przez wiatr usypane, a gdzie zbocza są strome, śnieg górski stacza się w głębinę długiemi bruzdami, obierając drogi najbardziej spadziste. Gdy śnieg pada w temperaturze bliskiej punktu krzepnięcia wody, nie jest już suchy i rozpylony; wtedy zawiesza się często poza ochronnemi krawędziami skał, i szczytami, osadzając na nich utwory osobliwe, wystające swobodnie w powietrze, a znane wędrowcom alpejskim; które prędzej lub później, w lesie zwłaszcza załamują się i sprowadzają znów pewne ilości śniegu do głębin.

Gdy przebieg taki przesuwania się śniegu ku dołowi zachodzi głównie między strefą górną a niżej położonemi obszarami śniegu wiecznego, to odpływ nadmiaru śniegu z tych ostatnich okolic do dziedzin w lecie od śniegu wolnych, do miejsc, gdzie topienie następuje, dokonywa się w dwojaki sposób,—bądź kastrafowami nagłemi, przez zsuwanie się, a dalej przez odpływ lub spadek wielkich mas śnieżnych czyli lawin, bądź też powolnie, przez stateczny, tajemniczy przepływ prądów lodowych czyli lodników.

Lawiny czyli lodozwały dobrze są znane mieszkańcom stromych i śnieżnych gór, są to tam bowiem zjawiska regularne, normalne, najczęściej temiż samemi przebiegające drogami i znoszące w doliny potężne ilości śniegu, których szczątki przez tygodnie i miesiące całe nieraz opierają się topieniu. Dla tego też przytaczane były i opisywane już w dawnych



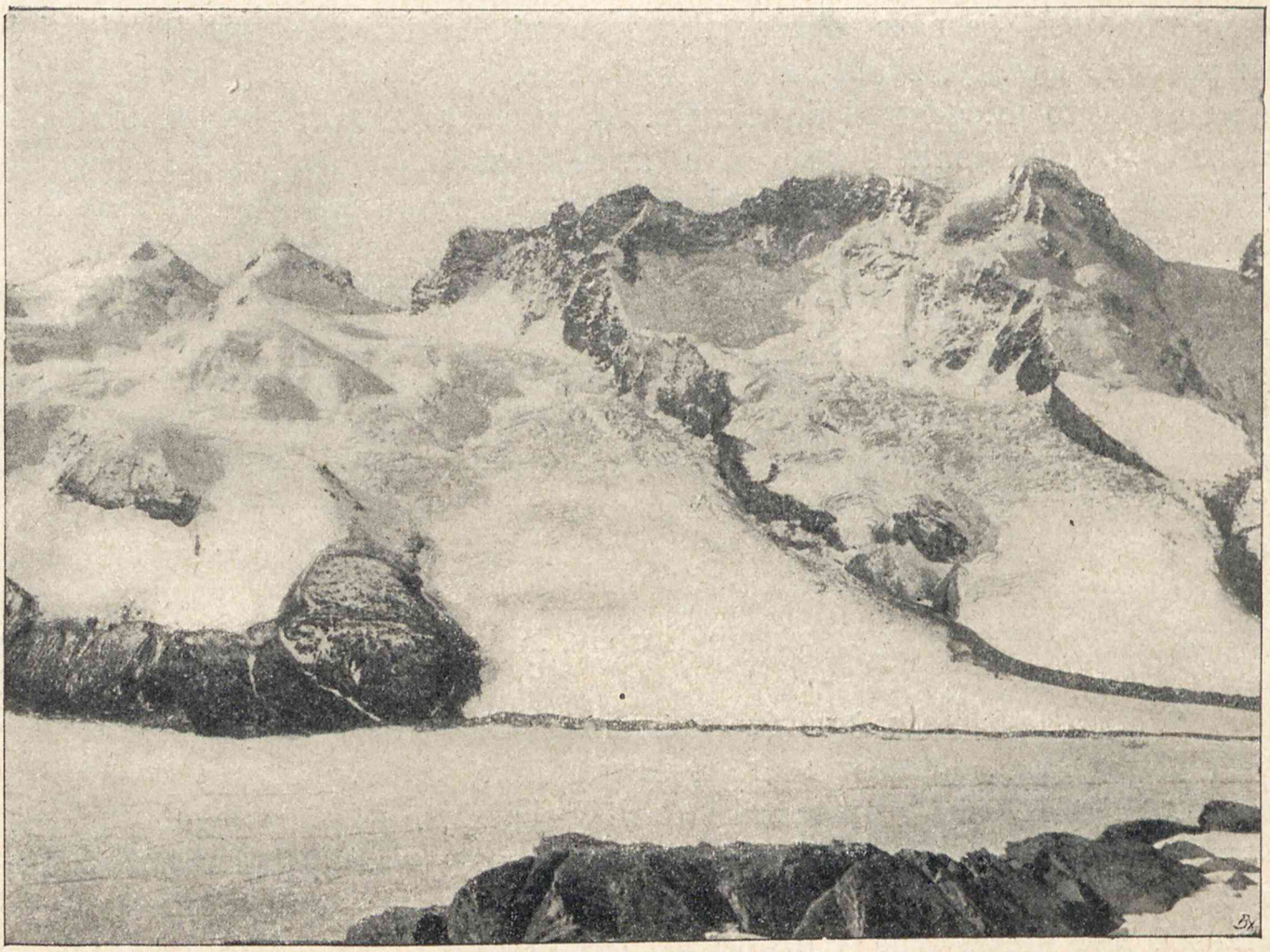
Zwaliska lawiny lodowej.
Według fotografji T. Wundta.

dziełach przyrodniczych, dodładniej jednak objawy ich i znaczenie geologiczne poznano dopiero w XIX wieku, do czego przyczyniły się badania Schlahintweita, I. Coaza i in, a zwłaszcza znakomitego geologa szwajcarskiego Alberta Heima (ur. w Zürichu 1849), któremu zawdzięczamy tak liczne obserwacje wszystkich objawów lodowych. Najczęściej występują w Alpach dwa rodzaje lawin:

1. Lawiny sypkie, nastręczające się zwykle w zimie, ograniczają się w cieplejszych porach roku do okolic wysokich. Powstają, gdy świeży, suchy śnieg przechodzi w ruch na podłożu pochylonem i zlodowaciałem, co często najsłabszą przyczyną wywołane być może; śnieg połyskujący ożywia się, rozpościera się w około, miota się w górę i jakby potok spływający z grzmotem w głąb opada, obłokiem pyłu śnieżnego otulony. U stóp pozostaje główne zbiorowisko śniegu sypkiego, aie wichura lawiną wzniecona pędzi ku przeciwległej ścianie doliny, gdzie jest w stanie drzewa i domy zwalać.

2. Lawiny ślizgające, które mają miejsce na wiosnę przy podnoszeniu się temperatury, podczas odwilży, najczęściej w ciągu godzin od 10 rano do 3 po południu, a przy silnym wietrze południowym także i w nocy. Lawiny takie, każdego prawie roku raz, rzadko dwa lub trzy razy, staczają się regularnie po utorowanych drogach, a na niskich krzewach i drzewach karłowatych bieg ich daje się łatwo i w lecie rozpoznać. Wielkie, przemoczone masy śniegu za najsłabszą podnietą zaczynają się staczać po podłożu oślizgłem od wody, z ich topienia powstającej, a utrzymując się wciąż w łącznem sknpieniu, toczą się i spadają w doliny. We wnętrzu takiej lawiny powstają ruchy wirowe, skąd wytwarzać się mogą nieprzeliczone kule śnieżne, o średnicy wynoszącej od kilku centymetrów do 1 lub 2 metrów. Skoro się lawina zatrzymuje, konglomerat wszystkich tych kul śnieżnych staje się natychmiast jednolitą bryłą lodową. „Ludzie, którzy z lawinami spadali, opowiadali zgodnie, że wewnątrz spadającej lawiny lub na niej poruszać mogli swobodnie swemi członkami, jak przy pływaniu, poczem, tuż przed zatrzymaniem się lawiny, następował głośny trzask i ogromne ciśnienie; doznawali wrażenia, jakby ulegali zmiażdżeniu. W chwili po zatrzymaniu się lawiny znajdowali się nieruchomo wtopieni w lód ze śniegu zbity. Dopiero, gdy własne jego ciepło stapia lód otaczający, może się człowiek tak uwięziony znowu poruszać, albo oswobodzić pochwyconą rękę lub nogę“ (Heim „Gletscherkunde“).

Po spadku lawiny pozostały u stóp góry lodozwał (stożek lawinowy) jest najczęściej na 5—20 metrów wysoki, przy kilkuset metrach długości i szerokości; objętość jego wynosi niekiedy kilka setek tysięcy metrów sześciennych. Podczas ześlizgująca się lawina w całym swym obszarze zgarnia śnieg aż do gruntu, porywa też nieraz odłamy kamieni, któremi zmiata gruz i twarde skały rysuje, u spodu zaś, po stopieniu pozostawia wszystkie zawartości obce, które w drodze swej zabrała; staje się w ten sposób środkiem przenoszenia geologicznego. Przy takiej ślizgającej się,



Lodniki Schwärzehorn i Breithorn widziane ze szczytu Gornerhorn (Wallis).
Według fotografji tow. „Photoglob“ w Zurichu.

lawinie jest uderzenie wiatru słabe, uderzenie natomiast śniegu potężne, gdy zaś lawina zbija się ze swej drogi, zrządza często znaczne szkody, a nieraz i groźne klęski sprowadza. Wiele też z takich lawin niebezpiecznych w Szwajcarji uczyniono nieszkodliwemi przez odpowiednio zbudowane ogrodzenia w wyżynach, gdzie się gromadzą śniegi. Jakkolwiek jednak szkody sprawiane przez lawiny są często bardzo znaczne, to jednak z drugiej strony pożytek ich jest daleko większy, powstrzymując bowiem obniżanie się granicy śnieżnej i lodników, przeciwdziałają skutecznie ogólnemu pogarszaniu się klimatu.

Lodniki czyli gleczery, istne prądy lodowe, które nadmiar śniegu do dolin sprowadzają, przenosząc zarazem nagromadzone na nich rumowiska skalne, przytoczył po raz pierwszy Sebastjan Münster w swej kosmografji (1564), naukowem jednak badaniem tego zjawiska zajął się dopiero Jan Jakób Scheuchzer (1705), który zwiedzał sam lodniki, opisał je dokładnie i starał się przyczynę ich ruchu rozpoznać; sądził, że woda przenika do szczelin gleczerów, tam marznie i ztąd całą masę naprzód posuwa. H. B. Saussure opisał starannie tworzenie się i skład moren, jako też szczególne, zaokrąglone na skałach garby, w których następnie poznano świadków ruchu lodnikowego. Ruch ten uważał Saussure jako ześlizgiwanie, działaniem ciężkości powodowane. Następnie, w roku 1821, wyraził inżynier

Venetz domysł, że poza obecnemi morenami lodników alpejskich istnieją też podobne utwory, zdala od nich rozłożone, które tedy dają dowód daleko znaczniejszego niegdyś zlodowacenia, a w roku 1834 rozwinął też same wnioski J. Charpentier, przyczem zwrócił zarazem uwagę na pospolite w kantonie Wallis ogładzenia skał, co również być musiało dziełem lodników. Kwestję silniejszego rozprzestrzenienia lodników w czasach ubiegłych, czyli kwestję „okresu lodowego“, z prawdziwym zapałem podjął genialny Jan Ludwik Agassiz (1807—73) i z kilku przyjaciołmi swymi badał w końcu czwartego dziesięciolecia XIX wieku lodniki w obszarach Mont-Blanc i Monte Rosa, w kantonie Wallis i na wyżynie berneńskiej, co opisał w wybornej książce 1840 r. Co do teorji ruchu lodników pozostał jeszcze na stanowisku Scheuchzera. ale pozatem przytoczył mnóstwo dostrzeżeń zasadniczych o ich objawach i działalności. Za przyczynę okresu lodowego uważał znaczny spadek temperatury przed podniesieniem się Alp i przyjmował, że niezmierne przestrzenie Europy, Azji i Ameryki północnej wtedy lodem były pokryte.

Badania i pomysły Agassiza wzbudziły powszechne zajęcie dla lodników i ich działalności. Już w 1841 r. ukazała się praca biskupa z Annecy, Rendu, w której autor przypisał lodowi gleczerów, pomimo jego kruchości, pewną plastyczność, dozwalającą mu przystosowywać się do podłoża i spływać po niem. W tymże roku ogłosił J. Charpentier wyniki własnych dostrzeżeń nad gleczerami i utworami narzutowemi, przyczem wykazał, że rozległe zlodowacenie nastąpić musiało nie przed, ale dopiero po wyniesieniu się Alp. Przyrost lodników uważał za objaw lokalny, a dla wytłomaczenia go zresztą przytoczyć zdołał dosyć osobliwą jedynie hypotezę. Pomiędzy 1840 a 1845 r. zajął się L. Agassiz z gronem swych przyjaciół dokładniejszem badaniem prądów lodowych, a w tym celu na środkowej morenie dolnego lodnika Aaru zbudował chatę, by dla przedsięwzięcia swego zyskać stały punkt oparcia. Tam więc dokonane zostały pierwsze systematyczne pomiary ruchu lodników w różnych porach roku, pierwsze oznaczania temperatury wewnątrz lodu, pierwsze ścisłe dochodzenia rozległości gleczerów. Przez wiercenia i innemi metodami starano się rozpoznać budowę i obieg wody wewnątrz lodników. Pomiędzy 1842 i 1844 r. ruch lodników badał też fizyk szkocki James Forbes i poznał, że ruch ten wpośrodku jest szybszy aniżeli po brzegach, przyczem lód zachowuje się jak masa ciągliwa, lepka, trudno płynna. Co się wszakże tyczy utworów narzutowych niziny niemiecko-sarmackiej, to Leopold Buch i szwed Nils G. Sefström odwoływali się do swej teorji napływu mułu, gdy Lyell, Darwin, Murchison i inni geologowie brytańscy sądzili, że na niziny te materjał obcy sprowadziły z północy góry lodowe, W 1872 r. dopiero wykazał Otto Torell, że osady dyluwialne Szwecji mieć muszą pochodzenie lodowe, a toż samo odniósł w r. 1875 i do napływów niziny niemiecko-sarmackiej; pogląd jego pracami H. Crednera, A. Pencka i innych badaczy tak dobitnie został poparty, że rychło powszechne zyskał uznanie, gdy K. A. Zittel już



Stół lodnikowy na lodniku Aaru.
Według rysunku Colomba.

w r. 1874 wykazał dawne zlodowacenie wyżyny szwabsko-bawarskiej. W tym też czasie poznano bliżej powłokę lodową Grenlandji; Amund Helland 1875 r. wykazał, że lód ten przesuwa się ze znaczną szykością przy słabem nawet pochyleniu, A. E. Nordenskjöld przedarł się w 1883 r. daleko w głąb tej ziemi zlodowaciałej, Frithjof Nansen przekroczył ją zuchwałym pochodem 1888 r., a Eryk Drygalski w ciągu 1891—93 zebrał mnóstwo dostrzeżeń tego pokładu lodowego; odtąd utrwaliło się przekonanie, że również na rozległych obszarach Europy, Azji i Ameryki północnej, a w mniejszych rozmiarach także i na lądach południowych, powłoka lodowa niegdyś rozpościerała się potężnie, a ztąd pochodzą głazy narzutowe, oraz glina morenowa tych okolic.

Że lodniki ogładzają skały, do których przylegają, wyrzynają na nich rysy i chropowatości ich zaokrąglają, wykazał to najpierw Charpentier, wpływ jednak takiej erozji na powierzchnię ziemi wydawał mu się nieznacznym, a L. Agassiz sądził, że jeziora alpejskie przez silne zlodowacenie chronione były od przepełnienia. Gabrjel Mortillet (1859) i Ramsay (1862) uważali natomiast kotliny licznych jezior oraz fjordy norweskie za następstwa erozji przez lodniki dokonanej, a słynny fizyk angielski Tyndall sądził nawet (1862), że doliny alpejskie przez lodniki dopiero wytworzone zostały. Poglądowi temu zaprzeczył ostro jeden odłam geologów i geografów, gdy inni stanowczo po jego stronie stanęli, a i teraz jeszcze spór o doniosłość

erozji przez lodniki wywieranej nie jest bynajmniej rozstrzygnięty. Finsterwalder i Blümcke wykazali w ostatnich czasach, że podłoże skalne pod lodnikami musi się rozluźniać, by jednak pytanie o doniosłości erozji lodowej ostatecznie rozstrzygnąć, wywiercił niedawno Baltzer otwory w dolnym lodniku Grindelwaldu i wypełnił je zatyczkami gipsowemi: lodnik ten pozostaje obecnie w fazie cofania się, gdy więc w czasie dalszym posunie się naprzód, a następnie ponownemu ulegnie cofaniu, będzie można dokładnie ocenić, jak dalece grunt wyniszczony został. Wiele jeszcze lat wszakże czekać przyjdzie, zanim otrzymamy stąd wiadomości pewne, lodniki bowiem w długich tylko okresach na wielkości swej przybierają i tracą.

Jak nierozstrzygniętą dotąd pozostała kwestja doniosłości erozji, przez lodniki sprowadzanej, tak też i co do wytłomaczenia ich ruchu panuje jeszcze niejasność. Elie de Beaumont (1842) i Hugi (1843), a następnie też Forel (1882), sądzili, że działającą tu siłę daje przyrost ziarn lodnikowych, następujący skutkiem wody przesiąkającej. Gdy jednak Carnot i James Thomson (1849) poznali, że pod silnem ciśnieniem lód topić się może i w temperaturach poniżej żera, a Faraday wykazał, że zwilgocone bryły lodowe pod ciśnieniem znowu przymarzają, gdy dalej na podstawie powyższych dostrzeżeń Tyndall (1857) i Helmholtz (1865) wyjaśnili zarówno kruchość jak i plastyczność lodu gleczerów, a Matthews (1869), Pfaff (1875) i Steenstrup (1882) dali dowody doświadczalne, że lód pod ciśnieniem posiada pewną giętkość, zaczęto się powszechnie skłaniać do teorji Rendu i Forbesa, według której ruch lodników na ich płynięciu polega. Ponieważ jednak z drugiej strony lodniki zachowują się też jak ciała sztywne, gdyż podłoże swe ścierają, Heim przeto oświadczył (1885), że lodniki nietylko płyną, ale i ślizgają się zarazem, a taki ruch połączony dobrze zdaje sprawę z zawiłych tych objawów. Zresztą, istniejące jeszcze co do ruchu lodników i innych ich objawów wątpliwości dadzą się zapewne rychło usunąć, a to dzięki wierceniom podjętym przez stowarzyszenia alpejskie w lodach gleczerów tyrolskich.

Chociaż nie jest jeszcze zupełnie rozjaśniony cały szereg pytań o powstawaniu, ruchu i działalności lodników, znamy pomimo to znaczną ilość zjawisk i faktów, które dozwalają wejrzeć w istotę i pracę tych wspaniałych utworów przyrody, a przez naukę dzisiejszą stanowczo uznane zostały. Przez lodniki rozumiemy tedy masy lodu wielkości jak najrozmaitszej, które powstają powyżej granicy śnieżnej i ciągłym ruchem, częścią płynącym, częścią się ślizgającym, dążą ku dołowi. Powstają ze zbiorowisk śnieżnych, a gdzie śniegi występują w ilości tak niezmiernej, że kraj cały istnym zalewem obejmują, tam pokryły się wreszcie góry i doliny słabo sklepistemi powłokami lodowemi, z których tylko gdzieniegdzie wyzierają oddzielne szczyty górskie („nunatakry“ Eskimosów), jak to ma miejsce w Grenlandji i u bieguna południowego; przy mniejszej jednak rozległości lodniki co do swej formy i rozprzestrzenienia zależne są od swego podłoża: na kopulastych grzbietach wyżyn Skandynawji rozwijają się lodniki wypukłe, które tu i owdzie rozsyłają języki do różnych dolin (str. 241);

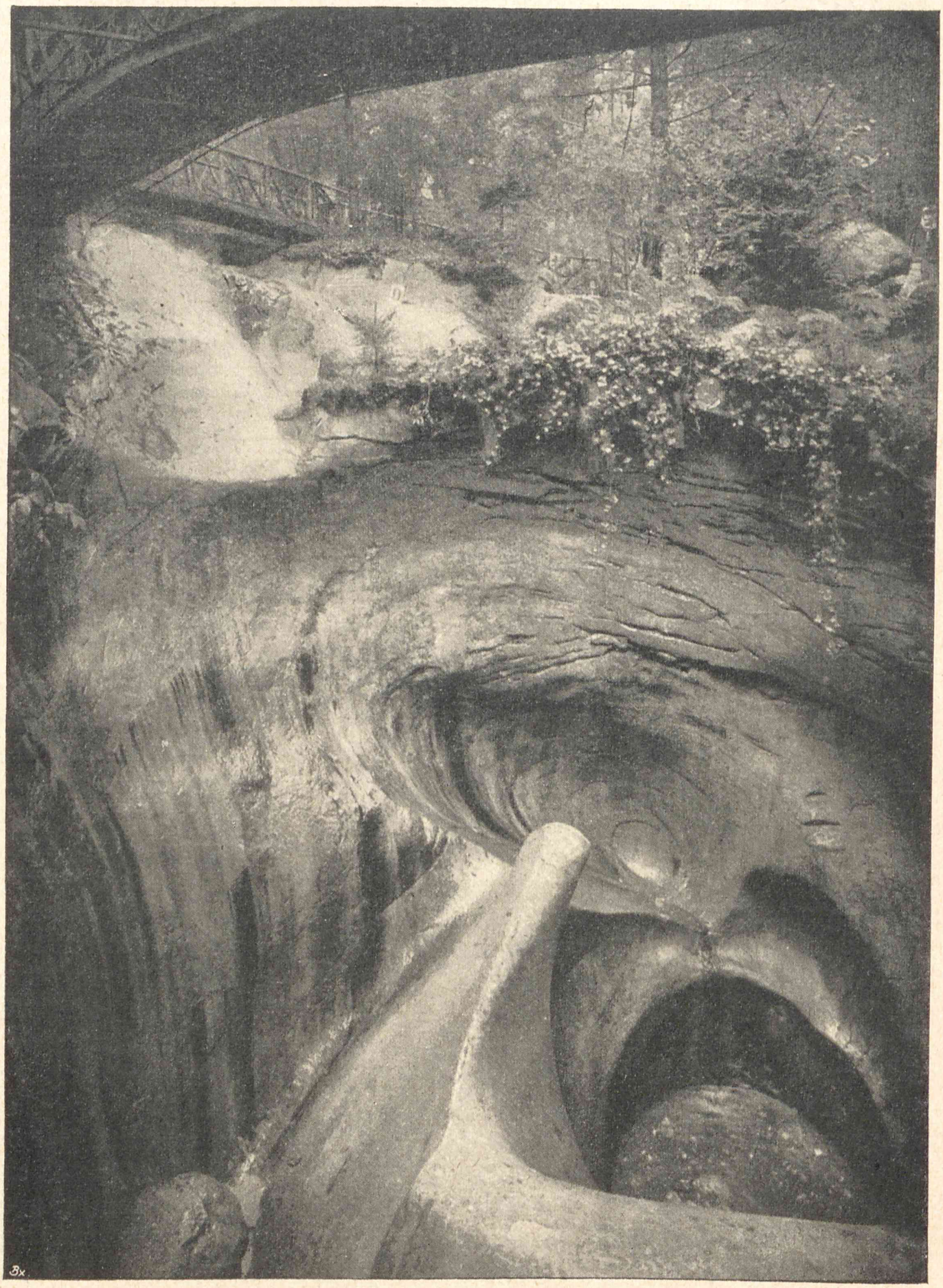


Dolny lodnik Aaru i jego moreny.

Według fotografji Wiktora Sella w Bielli.

w górach posiadających turnie i ostrza znajdujemy lodniki typu alpejskiego, t. j. masy śniegu grudkowatego i lodu wypełniające zagłębienia. Posiadają bądź rozległość niewielką i mieszczą się wysoko w górze, jakby we framugach, bądź zajmują obszar większy i spoczywają na stokach (lodniki zwieszające), bądź też rozpościerają się szeroko i z zagłębienia nieckowatego rozsyłają wzdłuż dolin prąd lodu (lodniki dolinowe). Często też różne lodniki dolinowe wiążą się w jednolity lodnik złożony. Każdy lodnik posiada obszar zbiorny, gdzie gromadzący się śnieg nowy mu daje zasiłek, i obszar niższy, gdzie przeważa topienie; w lodnikach dolinowych (czyli lodnikach pierwszego rzędu) pierwszemu z tych obszarów odpowiada zagłębienie nieckowate, gdzie się gromadzi śnieg, drugiemu spływający prąd lodowy. Lodniki zwieszające zajmują nieraz część zaledwie kilometra kwadratowego, niekiedy jednak dochodzą ogólnej rozległości sześciu kilometrów kwadratowych. Kończą się w Alpach często już w wysokości 2 500 do 2 800 metrów, a zatem niewiele poniżej granicy śnieżnej. Tworzeniu się i rozwojowi lodników sprzyjają znaczne ilości opadu (wielkie masy śniegu) oraz niskie temperatury letnie, topienie bowiem zwolna wtedy postępuje. Śnieg świeżo spadły, w zagłębieniu nieckowatem zebrany, przez wielokrotne topienie i marznięcie staje się ziarnistym i grudkowatym, przyczem skupia się do $^1/_3$ lub $^1/_4$ pierwotnej swej objętości, a w stanie tak zmienionym ma w Alpach niemieckich nazwę firnu; wodę pochodzącą z topienia pochłania śnieg jak gąbka, a dopiero po zupełnem przemoczeniu przepuszcza ją dalej i dozwala jej ku dołowi przeciekać. Przenikające zimno sprowadza w głębszych warstwach wciąż postępujące zlodowacenie. O kilka metrów poniżej powierzchni znajduje się już lód obfitujący w pęcherze, niewyraźnie ziarnisty, biały, a lód taki przechodzi stopniowo we właściwy lód gleczerów, w lód lodnikowy. Przeobrażanie śniegu w lód dokonywa się stopniowo; pierwotnie lód powstający ze śniegu grudkowatego ma ziarno okrągłe, ujęte cementem lodowym; w lodnikach ziarno jest graniasto wielościenne, dotyka bezpośrednio ziarna sąsiedniego i oddzielone jest od niego jedynie wąskiemi szczelinami włoskowatemi; podobnie jak śnieg, lód świeżo z niego utworzony zawiera powietrze drobno rozdzielone, a stąd wydaje się białym, lód lodnikowy mieści powietrze skupione w pęcherzykach ograniczonych i okazuje się przezroczystym, jasnym, w grubych warstwach osobliwie błękitnym. Lód lodnikowy jest daleko gęstszy, aniżeli lód świeży; według Richthofena 1 metr sześcienny nowego śniegu waży przecięciowo 85 kilogramów, 1 metr sześcienny lodu świeżego 500 do 600 kilogramów, 1 metr sześcienny lodu lodnikowego 900 — 960 kilogramów. Im starszym lód się staje, tem większe też są jego ziarna, a u stóp lodników widziano nieraz ziarna o średnicy 10 centymetrów. Każde ziarno lodnikowe jest kryształem jednolitym.

Stapianie następuje zwłaszcza w obszarze właściwego prądu lodowego, częścią działaniem bezpośrednich promieni słonecznych i promieni odbitych od skał, częścią pod wpływem powietrza ciepłego, przewiewającego ponad lodnikiem, częścią też od deszczu i rosy. W nocy i podczas zimy topienie



Młyny lodnikowe w ogrodzie lodnikowym w Lucernie.
Według fotografji tow. „Photoglob“ w Zurichu

ustaje prawie zupełnie. W miesiącach letnich, w lipcu i sierpniu, stapianie lodników wynosić może dziennie $1^1|_2$ do 11 centymetrów; stapianie roczne ocenia się na 3 do $3^1|_2$ metra.

Gdy rumowiska skalne w znacznej ilości spadają na lodnik, chronią podłoże swe od topienia, a skutkiem tego pokryta gruzem masa lodowa wznosi się ponad swe otoczenie; od brzegów takiego wyniesienia staczają się gruzy na sąsiednie miejsca niższe, a stąd warstwa rumowisk rozpościera się szerzej i staje się cieńszą. Smugi gruzu, które towarzyszą brzegom gleczerów (moreny), chroniąc lód od stopienia, tworzą pasma wzgórz, które ku dołowi coraz wyższe się stają. Tak morena środkowa lodnika Aaru (str. 237) tworzy w końcu gruzem pokryty wał lodowy, na 60 metrów wysoki.

Głazy oddzielne chronią również podłoże swe od stopienia, a gdy głaz taki ma postać płyty, powstaje utwór podobny poniekąd do stołu i ztąd stołem lodnikowym zwany (ob. rys. str. 235). Podstawa lodowa niknie stopniowo, szybciej po stronie słonecznej, aniżeli po stronie zacienionej; wskutek tego płyta pochyla się ku południowi, naprzeciwko słońca, a fakt ten może być użyteczny wędrowcom alpejskim, dając im możność orjentowania się w drodze; wreszcie płyta się zsuwa, poczem gra takiego przechylania znów się rozpoczyna.

Drobne ciała barw ciemnych, piasek, kamyki, liście, ogrzewają się szybko pod promieniami słonecznemi i wtapiają się w lód, zagłębiając w nim kominy pionowe o gładkich ścianach. Popierają przeto topienie, gdy gruz z brył większych złożony topienie lodu opóźnia.

Woda z topienia powstająca tworzy drobne strumyki, które sobie same drogi swe wyżłabiają, a z powodu słabego tarcia płyną bardzo szybko. Na wielkich lodnikach alpejskich strumienie dochodzą 2 — 3 metrów szerokości i $^1/_2$ metra głębokości, bruzdy zaś przez nie wyżłobione posiadają niekiedy szerokość i głębokość 10 metrów. Na lodowcu Grenlandji nastręczają się nawet całe rzeki w dolinach głęboko wypłókanych. Gdy otwiera się szczelina, przerzynająca poprzecznie taki strumień po lodzie spływający, woda ją z początku wypełnia i płynie dalej starem swem łożyskiem; następnie jednak stara się strumień utorować sobie drogę ku dołowi i ruchem wirowym wyżłabia szyb pionowy, który pozostaje i po zamknięciu szczeliny, tworząc tak zwany w Alpach „młyn lodnikowy“. Gdy szyb wirem wody wywiercony schodzi aż do dna skalistego, powstawać tam mogą kotły olbrzymów, jak to bardzo pięknie w ogrodzie lodnikowym Lucerny (ob. rys. na str. 239) widzieć można. Młyny lodnikowe mają często 50 i więcej, a nawet przeszło 200 metrów głębokości; zapuszczając się w górze pionowo, wiją się u dołu najczęściej w postaci rury skręconej. Przeważna jednak część wody z topienia pochodzącej spływa pod lodnikiem i w końcu jego przedziera się przez „wrota lodnikowe“, a wypływający tędy strumień lodnikowy unosi wodę o temperaturze 0,2—1,5° C. w lecie, mętną od mułu, wytworzonego ścieraniem podłoża przez zawarte w lodzie kamienie.

Ruch lodników, który oddawna już starannie był badany, jest nader zawiły, lodnik bowiem nietylko jako całość sunie ku dołowi, ale także i oddzielne jego części zmieniają wzajemne względem siebie położenia;



Gleczer Kjendalsbrae w Loendal w Norwegji z moreną wierzchnią i szczelinami; na tle przedniem wrota lodnikowe.

Według fotografji

płynie jak ciało lepkie, ciągliwe. Dziwić się tedy nie można, że podobnie jak w rzece, tak też w lodniku szybkość jest wpośrodku większa, aniżeli po brzegu, o czem się łatwo przekonać możemy, gdy na lodniku nałożymy poprzecznie rzęd kamieni w linji prostej i rozpatrzymy je znowu po pewnym czasie. Podobnie też szybkość głębszych warstw lodu jest mniejsza, aniżeli warstw górnych; silny spadek i znaczna masa działają przyspieszająco.

Pomiary wykazały w środkowej linji gleczerów szybkość następującą:

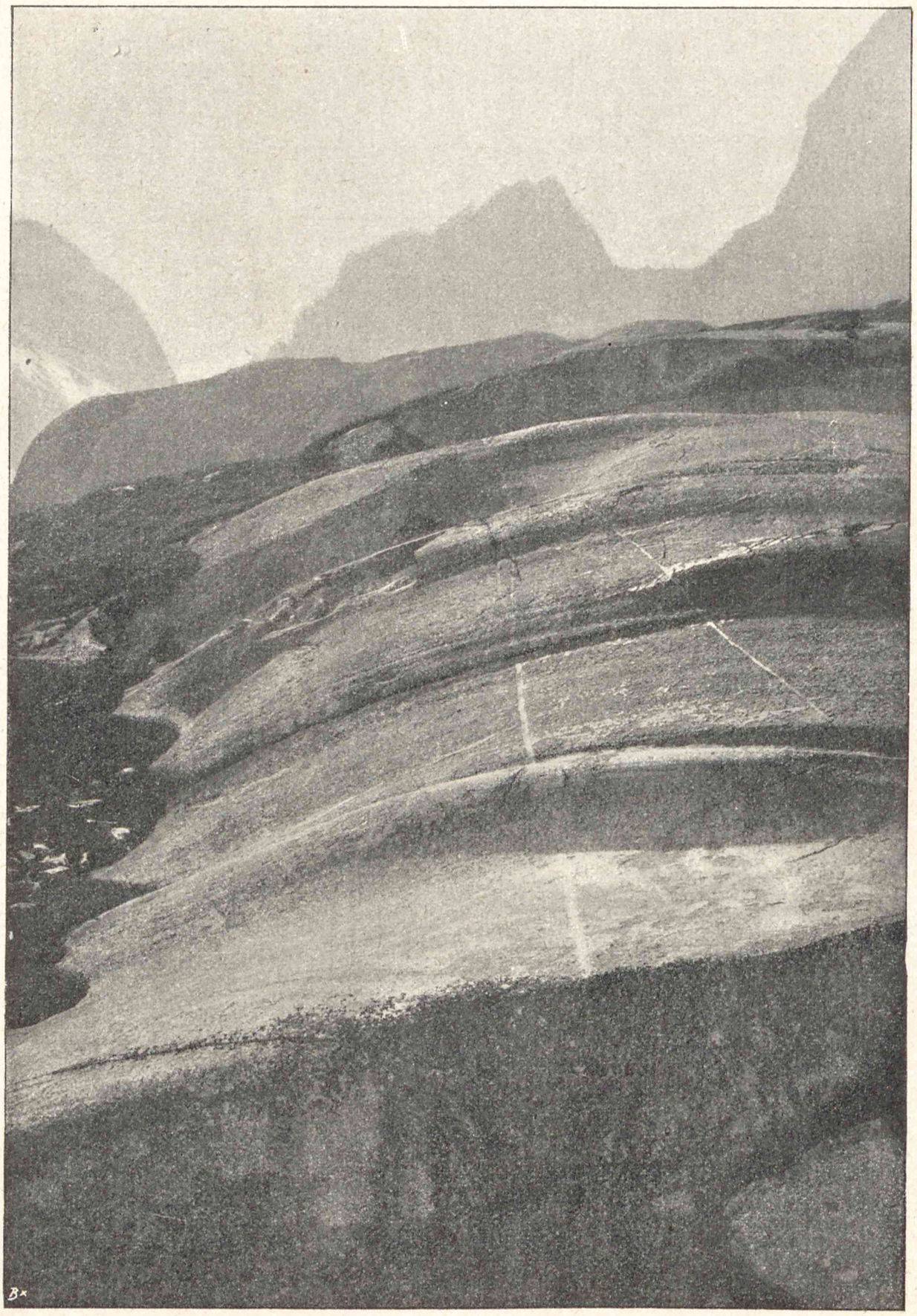
w dolnym lodniku Aaru	dziennie	0,14—0.21	metra
w lodniku Mer de glace.	„	0,22—0,69	„
„ „ Pasterze (Tyrol)	„	0,06—0,43	„
„ „ Böjum (Norwegja)	„	0,10—0.52	„
„ jednym lodniku Himalajów Kumoańskich . .	„	2,00—3,7	„
„ samodzielnym lodn. półwyspu Nugzuak (Grenlandja)	„	0,076—0,3	„
„ lodniku Torsakatak (Grenlandja, odgałęzienie lodowca wewnętrznego)	„	6,15	„
„ lodniku Jacobshavn (Grenlandja, odgałęzienie lodowca wewnętrznego)	„	15—22,5	„

Przecięciowa zatem szybkość środkowej linji lodnika wynosi w Szwajcarji i Norwegji około 40—100 metrów rocznie, co odpowiada mniej więcej szybkości, z jaką się posuwa koniec mniejszej skazówki zegarka kieszonkowego.

Słabsza jest szybkość lodników zwieszających, która w środkowej nawet linji często zaledwie 0,04 metra na dzień dochodzi; i w tych także lodnikach szybkość po brzegu jest mniejsza, aniżeli wpośrodku, szybkości obustronne mają się najczęściej jak 3 : 4, albo nawet jak 6 : 7, gdy w lodnikach dolinowych stosunek ten czyni 3 : 7 albo 2 : 9 i t. p.

Gdzie przy ruchu lodników występują siły ciągnące, tam prostopadle do nich otwierają się szczeliny. W górnej części lodnika, gdzie bierze początek z gromadzącego się śniegu, szczeliny występują nieregularnie; jedynie tylko obnażanie góry jest tu zjawiskiem częstem, tworząc odgraniczenie między śniegiem na skale spoczywającym a lodnikiem spływającym ku dołowi, co dla wędrowca wdzierającego się na górę stanowi często objaw nader niemiły. Z daleko większą prawidłowością występują szczeliny na prądzie lodnikowym, a powstawaniu ich towarzyszy trzask lub szum dłuższy w niskich tonach; z początku ukazuje się jedynie linja bardzo wąska, która bądź stopniowo, bądź też przeskokami nagłemi szerzej się rozpościera, a w ciągu kilku dni pękać zaczyna. Przez kilka tygodni otwiera się silniej, krawędzie zaokrąglają się; głębokość dochodzi 5—20, rzadziej 30—50 metrów, szerokość najczęściej 1—20 metrów. Im większe są lodniki, tem też bardziej są prawidłowe szczeliny; im mniejszą mają grubość, tem szczeliny bardziej się nieregularnie okazują, tem silniej bowiem ujawnia się wpływ podłoża.

Szczeliny brzeżne znajdują się na wszystkich prawie lodnikach; wychodzą od brzegu ukośnie ku środkowi w górę i powstają skutkiem napięcia, jakie szybszy ruch środka na brzegu wywołuje. Każda szczelina brzeżna obraca się wraz z posuwaniem się lodnika i wreszcie zamyka się znowu zwolna.



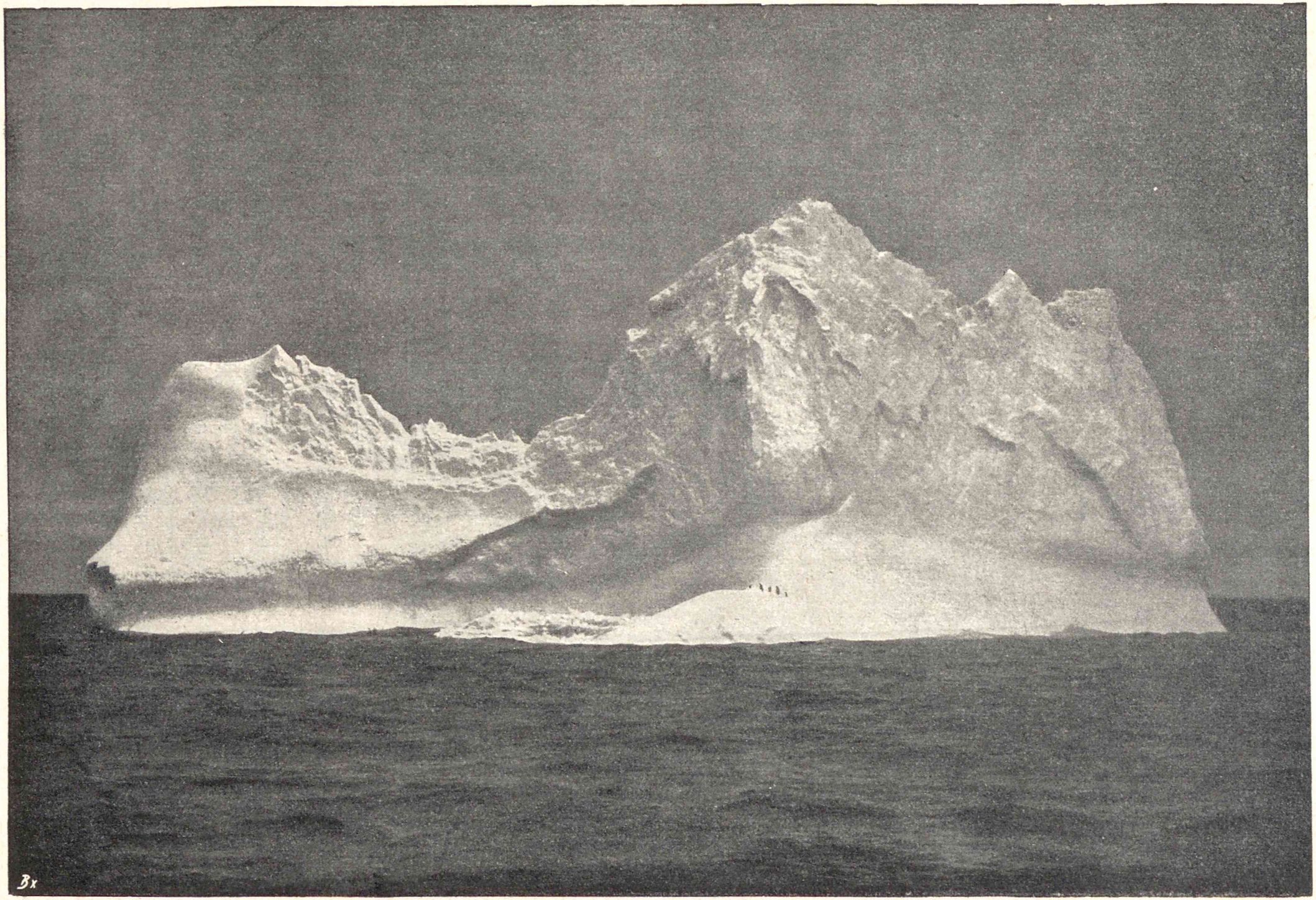
Łby baranie w dolinie Bergell (Graübünden).
Według fotografji A. Rydzewskiego.

Szczeliny poprzeczne powstają tam, gdzie lodnik zstępuje przez jakikolwiek stopień. Rozszczepia się przytem na olbrzymie płyty pionowe i tworzy w ten sposób potężne schody, albo też płyty padają wzajemnie jedne na drugie, układając się w dziwaczne wieże i mury, które następnie, przez

nadtapianie rozmaicie kształtowane, zachwyt wędrowców alpejskich budzą. Gdy dalej znowu rozpoczyna się płaska pochyłość gruntu, szczeliny poprzeczne zwierają się i zamykają. W kątowych wszakże zagłębieniach schodów gromadzi się śnieg zimowy. pył i cząstki ziemiste, a w dalszem posuwaniu się lodnika znajdujemy szczątki tych zanieczyszczeń w postaci brudnych pasów na powierzchni. Szczeliny podłużne rozwijają się tam, gdzie gleczer z wąwozu zacieśnionego przedostaje się do doliny rozszerzonej i silniej rozpościerać się musi.

Poznaliśmy wyżej, jak skutkiem zmywania i zapadania się urwisk produkty zwietrzenia skał dostają się ze stoków górskich w doliny, budując tam usypiska i stożki gruzu. Takie utwory powstawać nie mogą, gdy gruz pada na lodnik, ten bowiem przesuwa się i spadłe rumowiska przenosi na dół, zanim się do nich nowy gruz z góry dostaje. W ten sposób na brzegu prądów lodnikowych układają się pasy gruzu, rozmaitej szerokości i grubości, stanowiące moreny boczne. Gdy dwa takie prądy spływają wzajemnie w lodnik wspólny, obie ich moreny boczne łączą się w jednę morenę środkową, która aż do końca lodnika zachowuje położenie swe wpośrodku prądu lodowego. Gleczery złożone posiadają zawsze jednę przynajmniej, a często kilka równolegle przebiegających moren środkowych. Moreny wierzchnie składają się z wielkich i drobnych, kątowatych okruchów różnych rodzajów skał, z piasku i ziemi, które leżą pomięszane, bez śladu jakiegokolwiek uwarstwowania. Mnóstwo gruzów z moren bocznych stacza się po brzegu lodnika i pozostaje na stałym gruncie; podobnie też gruzy, które schodzą głęboko w dolinę, padają często nie na sam lodnik, ale zostają zatrzymywane przez spadzisto sklepiony brzeg jego, skąd powstaje morena brzeżna. Odłamy skał spadające w górnym obszarze lodnika pokrywają się tam śniegiem i wraz z lodnikiem wędrują ku dołowi, tworząc moreny wewnętrzne; gdy leżące ponad niemi warstwy lodu stapiają się, wynurzają się wreszcie na powierzchnię lodnika i mogą tam tworzyć słabe moreny środkowe, albo też wzmagają istniejące już moreny środkowe i boczne.

Pewna część gruzu przedostawać się może z powierzchni lodnika w jego rozpadliny i zostaje dalej na dnie jego przenoszona, a toż samo dzieje się z odłamkami skał, które już poprzednio na spodzie leżały, oraz z okruchami, które się dopiero przez zwietrzenie pod lodnikiem ze skał przyległych oderwały. Tak powstaje morena podstawowa czyli denna. Składa się ona w ogólności z cienkiej warstwy mokrej drobnego mułu i piasku pomiędzy powierzchnią skały a ścianą lodową, oraz z kamieni i głazów, które są w lodzie zamknięte. Kamienie oswobadzające się z lodu oblepiają się mułem i piaskiem, pomięszanym z wodą z lodnika spływającą. Ku środkowi zwłaszcza dna lodnika znajduje się pod nim w zagłębieniach ciągliwa warstwa mułu i piasku, w którą wtłoczone są niezliczone kamyki stoczone i porysowane, co razem tworzy glinę lodnikową czyli morenową, zwaną też inaczej gliną otoczakową od zawartych w niej kamieni stoczonych, otoczaków.



Góra lodowa w okolicach podbiegunowych południowych.

Według dzieła W. Chuna „Z głębi oceanu“, Jena, 1900.

Jakkolwiek lodnik wywiera potężne ciśnienie na swe podłoże, to jednak lód sam nie napastuje podłoża swego, ani też okruchów skalnych, ale działa jak wielki aparat szlifierski, przyczem muł tworzący się przy wygładzaniu stanowi środek polerujący. Podłoże skaliste i kamienie stają się połyskujące, prążkowato wypolerowane, ale przytem wyrzynają się i nowe rysy na powierzchni. Skały twarde, jak gnejs, granit, kwarcyt, polerują się lepiej aniżeli skały miękkie, jak wapień lub dolomit; wygładzanie przeważa, gdzie morena podstawowa składa się prawie wyłącznie z mułu tylko, rysy występują, gdy obfite są okruchy skalne; na skałach gruboziarnistych, jak na piaskowcach lub zlepieńcach, powstają powierzchnie szorstko żłobkowane. Najsilniej napastuje lodnik wyskoki, jakie w łożysku swem napotyka, i zaokrągla je w garby podłużne w kierunku doliny, wypukłe po stronie uderzanej (łby baranie, roches moutonnés), gdy po stronie drugiej pozostają formy kątowate, przez zwietrzenie wytworzone. Takie garby zaokrąglone skał świadczą niewątpliwie o dawnem istnieniu gleczerów, a z rozkładu ich kierunek ruchu dawnego lodnika rozpoznać można po całych jeszcze tysiącoleciach (ob. rys. str. 243).

Lodnik zatem wywiera działanie erozyjne, a ilość mułu, jaką unosi, dozwala z niejakiem przynajmniej przybliżeniem ocenić doniosłość spowodowanej przezeń erozji. Rzeka Aar przy opuszczeniu dolnego swego lodnika źródłowego, w czasie najbardziej natężonego swego działania erozyjnego, w lipcu i sierpniu, zawiera w metrze sześciennym 142 gramy mułu, w ciągu dnia zatem, przy 1 150 000 metrów sześciennych wody unosi około 163 000 kilogramów, co wyrównywa ciężarowi 60 metrów sześciennych gnejsu granitowego (gneisgranit). Przez rok cały uprowadza Aar około 6 000 metrów sześciennych skały w swej wodzie lodnikowej. Daleko większa jest niekiedy zawartość mułu w wodzie pochodzącej z wielkich lodowców północnych; tak wykrył Helland na lodniku Alangordleck w Grenlandji 10 lipca 1875 r. 2 374 gramy części stałych w metrze sześciennym wody, przyczem pamiętać należy, że w lodnikach alpejskich znaczne części moreny dennej pochodzić mogą od moreny wierzchniej, gdy w lodowcach grenlandzkich moreny wierzchnie występują jedynie w pobliżu wspomnianych wyżej „nunatakrów“. W ogólności ilość materjału uprowadzonego zależy od wielkości lodników.

O znaczeniu tej działalności przewozowej gleczerów mamy pojęcie jasne zupełnie. Moreny wierzchnie i część moren dennych gromadzą się u czoła lodnika i po jego bokach, a gdy ruch lodnika powstrzymuje się przez czas pewien, tworzą się tam potężne osady, które przy zanikaniu lodnika pozostają jako długie wały (moreny czołowe czyli krańcowe i moreny brzeżne). Materjał, jaki prowadzą z sobą strumienie lodnikowe, wytwarza również osady dosyć znaczne, ale już w potokach wody bieżącej pod lodnikiem osiadają nieraz pokłady żwiru, które w olbrzymich lodnikach okresu lodowego osiągały znaczną grubość, a po ich stopieniu pozostały jako wzgórza.

Lawiny i lodniki mają jednakie zadanie, — sprowadzają masy śnieżne z dziedzin nadmiernego ich gromadzenia się do okolic cieplejszych, gdzie ulegają stopieniu. W strefach ciepłych i umiarkowanych topienie to dokonywa się w dolinach, rozłożonych w różnej nad morzem wysokości, w strefach zimnych natomiast nie dosyć jest ciepło w dolinach nawet, by do stanu ciekłego doprowadzić w lód zamieniony nadmiar śniegu wysp i lądów, dla tego też w obszarach tych znajdować musi zastosowanie inny środek transportu, który masy lodowe przeprowadza do okolic dostatecznie ciepłych: środkiem tym przewozu jest morze, które swemi prądami przenosi do okolic



Uderzanie fal o brzegi.
Według fotografji K. Graffa.

cieplejszych nietylko wielkie ilości płyt oderwanych od zmarzniętej wody morskiej i kry jedne na drugich spiętrzone, ale także potężne odłamy pól lodowych strefy biegunowej południowej, na 150 do 300 metrów grube, oraz oderwane krańce lodników arktycznych i antarktycznych (góry lodowe).

Oddzielanie się gór lodowych (cielenie się lodników w słownictwie żeglarzy) dokonywa się w sposób różny; bądź to ciśnienie wody z dołu odgina bryły lodu od lodnika, bądź najpierw lodnik nadtapia się od dołu przez uderzanie fal podczas przypływu, bądź też po prostu załamuje się wzdłuż istniejących już poprzednio szczelin. Gdy góra lodowa oswobadza się od lodnika, morze ulega gwałtownemu wzburzeniu, które dla poblizkich okrętów nader groźnem stawać się może. Nowa góra lodowa często kołysze się

długo, zanim do równowagi się ułoży, a wtedy wyziera zaledwie $^1/_4$ — $^1/_7$ część tego, co się pod powierzchnią wody kryje; ogólna wysokość gór lodowych, które na 10 — 70 metrów z wody się wynurzają, wynosi 40 do 400 metrów. Objętość wielu gór lodowych dosięga 20—30 miljonów metrów sześciennych. Przez tajanie otrzymują lodowce te fantastyczną często postać; w skutek utraty, jaką topienie powoduje, środek ciężkości góry lodowej łatwo się przemieszcza, a wtedy ogromna ta bryła wywraca się nagle i przyjmuje położenie zmienione. Często składają się góry lodowe z czystego lodu, często też jednak pełne są gruzu moren, a masy kamieni, przewożone przez góry lodowe z Grenlandji, Szpicbergu i z innych stron, są tak znaczne, że łatwo pojmujemy, jak Lyell mógł ztąd wysnuć teorję, według której cały ogrom głazów narzutowych niziny niemiecko-sarmackiej przez góry lodowe naniesiony został. Sam tylko lodnik zatoki Jakobshavn, który ma około $4^1/_2$ kilometra szerokości a 300 metrów grubości, dostarcza w ciągu roku mniej więcej 3 600 miljonów metrów sześciennych lodu w postaci gór lodowych, lodnik Torsukatak około 1 900 miljonów metrów sześciennych.

Jeżeli góry lodowe dobijają do brzegów często w pewnych miejscach oznaczonych, mogą tam wytwarzać moreny podmorskie, a ławice Nowej Fundlandji, Szpicbergu południowego i inne jeszcze, według Weyprechta i Payera, powstać miały w części przynajmniej z rumowisk naniesionych przez góry lodowe. Tak więc gleczery przy pośrednictwie prądów morskich mogą w wielkich nawet jeszcze odległościach potężne działania geologiczne wywierać, a w górach lodowych, które miłośnik przyrody z zapałem podziwia jako zdumiewające dzieła natury (ob. rys. str. 245), które żeglarz z powodu ich niebezpieczeństwa dla statków wodnych niespokojnem okiem śledzi, które klimatolog ceni wysoko jako czynnik klimatyczny, dostrzega badawcze oko geologa środek przewozu materjału skalnego, przeznaczonego do okolic dalekich, gdzie ma służyć do powolnego podnoszenia dna morskiego.

Działalność geologiczna wód stojących.

Znaczenie geologiczne morza w ciągu całego średniowiecza i w pierwszych stuleciach wieków nowożytnych znacznie było przeceniane; wylewom zwłaszcza morskim, które miały towarzyszyć nagłemu podniesieniu się lądów, przypisywano jeszcze w wieku XIX potężne działanie erozyjne na powierzchnię ziemi i niesłychaną siłę przewozową, chociaż zarzucono już pogląd średniowieczny, jakoby fale morskie wzburzały największe głębie i przeobrażały dno oceanu. Pomimo to aż do wieku XIX przetrwało mniemanie starożytne, że dno morskie zbudowane jest jak ląd stały i tak samo posiada góry i doliny; miało obrońcę nawet w 1872 r. jeszcze i usunięte zostało ostatecznie dopiero przez nowoczesne badania głębin morskich. Wcześnie wprawdzie uznano zasadę, że morze znowu w innem miejscu odkłada, co w jednem zabrało, unikano wszakże starannie dokładniejszego opisu tego zjawiska i ograniczano się do gołosłownego tylko twierdzenia. Dopóki o istocie sił działających lepszego nie posiadano wyobrażenia i dopóki

potężne, nagłe katastrofy wydawały się konieczne do sprowadzania zmian w obliczu ziemi, niepodobna było działalności geologicznej morza w sposób słuszny ocenić, dla tego też w najnowszych dopiero czasach wyznaczono wodom stojącym miejsce należyte w rzędzie czynników geologicznych. Nie mamy przeto potrzeby udzielić więcej miejsca rozwojowi historycznemu i ograniczyć się możemy do przedstawienia pojęć obecnie panujących o roli wód stojących, przyczem będziemy mieli sposobność przytoczyć badania najważniejsze.

Jeżeli przeobrażenia tektoniczne skorupy ziemskiej wytworzyły kotliny wielkie i małe, które zajęte zostały przez morza i liczne jeziora, to zbiornikom tym przeciwdziałają wciąż rumowiska, pochodzące z niszczenia lądu stałego i do wód stojących doprowadzane, zasypując je osadami chemicznemi i organicznemi, usiłują bowiem dno ich zwolna podwyższać, spadzistości ich łagodzić, a wreszcie, o ile to jest możebne, całe wydrążenia zapełniać, co rzeczywiście nastąpiło już w wielu jeziorach, w morzach wszakże dokonać się nie może.

Z pomiędzy wszystkich objawów odkładania się osadów w jeziorach i morzach dawno już zrozumiano należycie jedynie tylko tworzenie się delt, czyli osadzanie się materjałów przez rzeki znoszonych. Powstawanie innych osadów rozpoznano dokładniej zaledwie w ostatnich latach, w znacznej części dopiero przez badania głębin morskich, podjęte na okrętach „Challenger“, „Tuscarora“ i „Gazella“ (1872—76), a sprawozdania wyprawy niemieckiej na okręcie „Valdivia“ (1898—99) przyczynią się zapewne do rzucenia nowego światła na te objawy; ponieważ jednak badanie głębin morskich traktowane będzie szczegółowo w innym dziale naszej książki, pominąć tu możemy bliższe rozpatrywanie tej rzeczy. Przytoczymy więc tylko, że obumierające organizmy morskie przez swe wapienne i krzemionkowe skorupy przyjmują ważny udział w tworzeniu się osadów na dnie morza, przytem popiół wulkaniczny, pył przez wiatr nanoszony, oraz rumowiska roznoszone przez góry lodowe zasób swój do tego dostarczają. Osady chemiczne węglanu wapna, gipsu, soli kuchennej i innych materjałów tworzą się na większą skalę głównie w jeziorach bezodpływowych, bliskich wyschnięcia, lub w odciętych zatokach morskich, a pokłady soli kamiennej w łonie ziemi są to osady nagromadzone w wyschłych jeziorach słonych lub w zatokach morskich czasów ubiegłych. Żwir i piasek występują jedynie w bezpośredniem sąsiedztwie wybrzeża, najdrobniejsze jednak cząstki mułu z lądu pochodzące unoszone zostają dosyć daleko w morze i tworzą pokłady, ciągnące się niekiedy na 300 kilometrów od brzegów. W przenoszeniu takich pokładów mułu ważne znaczenie przypada niewątpliwie odpływom i przypływom morskim, oraz prądom przybrzeżnym; przyjąć też należy, że wielkie prądy morskie wywierają wpływ na osady głębi morskich, pomimo bowiem słabej stosunkowo swej szybkości, są w stanie przenosić drobiny bardzo łatwo w wodzie bujające, jak skorupki otwornic, okrzemek i promieniowców, lub też drobny

popiół wulkaniczny. „Dopóki prąd zachowuje pełną swą szybkość, unosić może przeważną część materjału stałego; skoro wszakże energja ruchu słabnie, bądź przez rozpostarcie się prądu, bądź przez uderzenie o przegrodę, to w miejscach tych opada przeważna ilość substancji unoszonych, a w ciągu nader długiego szeregu lat powstają tam osady, górujące znacznie grubością nad pokładami sąsiedniemi. Wpośrodku oceanów wznosić się będą góry znacznej wysokości, ale w każdym razie spadzistości bardzo słabej, a brzegi lądów muszą się coraz bardziej spłaszczać“. Bystre prądy chronić mogą natomiast okolice płytkie od osadów mułu, jak to ma miejsce w cieśninie Gibraltarskiej, gdzie prąd dolny od morza Śródziemnego do oceanu Atlantyckiego szoruje dno tej cieśniny. W każdym razie przyznać należy, że wpływ prądów morskich na osady dna morskiego nie jest zbyt znaczny. Skuteczniejszą daleko pod względem geologicznym jest praca wody morskiej i słodkiej, poruszającej się w bezpośredniem sąsiedztwie z lądem stałym, w pasie nadbrzeżnym, a ponieważ tu właśnie przypada miejsce, zkąd człowiek na morze wyrusza by powierzchnię jego dla celów swej komunikacji wyzyskać, a zarazem tu również z morza na ląd powraca, wypada nam przeto działalnością tą bliżej się nieco zająć.

Na ukształtowanie pasa brzeżnego wpływ wielki wywierają ruchy na powierzchni morza zachodzące, zarówno przez wiatr wywoływany ruch falowy, który w jednaki sposób właściwy jest wodom mórz i jezior, jak i od przyciągania księżyca i słońca zależny ruch przypływu i odpływu, który jedynie w morzach osiąga doniosłość wyraźną.

Fale poruszają się na morzu otwartem równolegle między sobą w kierunku wiatru; przytem jednak oddzielne cząstki wody, opisując poprzeczne drogi kołowe, nie przesuwają się dalej, ale pozostają na swych miejscach, podobnie jak kłosy na kołyszącym się zagonie zboża, z czem już Leonardo da Vinci falującą powierzchnię wody porównał. Na każdą napotykaną zawadę, czy nią będzie wybrzeże, czy mielizna, fale wywierają swe uderzenie. Gdy wybrzeże zapada w morze prostopadle, ruch falowy ulega istotnemu zakłóceniu dopiero, gdy dosięga ściany; przy morzu spokojnem kołyszą się tylko cząstki wody wzdłuż ściany wybrzeża, już to ją naciskając, już usuwając się od niej; przy morzu wzburzonem biją fale gwałtownie o spadziste wybrzeże, a woda tryska wysoko w górę. Gdy wybrzeże obniża się stopniowo w stronę morza, to najpierw opóźnia się bieg fal; stają się one krótsze, strona przednia wierzchu fali przybiera postać spadzistą i pada wreszcie ku przodowi; woda wdziera się na brzegi w górę i potem znów odpływa: fale biją o brzegi. Im większe są fale, tem też silniejsze jest działanie tego uderzania, ztąd w jeziorach jest słabsze aniżeli w morzu, w zatokach słabsze, aniżeli na wybrzeżach, z otwartem morzem graniczących. Gdy fale biją o skały sterczące, woda, a przed nią powietrze, wdziera się w ich szczeliny, zkąd je rozluźnia i wreszcie kruszy; opadające gruzy miotane są znów falami o ściany kamieniste, przyczyniając się do ich ścierania i naruszania. Uderzanie więc fal działa niszcząco na wybrzeża skaliste; gdy gruzy rzu-



Grupa skał w Parku Yellowstone (Ameryka północna).

Według obrazu Tomasza Moran.

cane jako pociski zużywają się i zaokrąglają, ulega też wygładzaniu napastowany przez nie obszar wybrzeża. Jakkolwiek twardą byłaby skała, ciągłym atakom fal morskich i ich sprzymierzeńcom, wespół z niemi miotanym okruchom kamiennym, trwałego oporu stawiać nie zdoła; w miejscach na napady te wystawianych tworzą się w kamieniach żłoby i jamy, zwieszająca bryła skalna załamuje się wreszcie, a przebieg ten powtarza się dalej; ocalają się zaś jedynie tu i owdzie wyjątkowo trwałe lub szczególniej korzystnie położone głazy, świadcząc przy postępującem wciąż cofaniu się



Uderzanie fal w zatoce Monterey (Kalifornja).
Według fotografji dr. M. W. Meyera.

wybrzeża o jego dawniejszej rozległości. Gdy skały nadbrzeżne są miękie i łatwo erozji ulegają, niszcząca praca morza szybko się oczywiście dokonywa; ląd powyżej poziomu morza zostaje spiłowany, starty; opadłe rumowiska osiadają w morzu i po zestrychowanej skale przesuwane są w jedną i drugą stronę, zkąd skała dalej ulega zużyciu i obniżeniu (tarasy nadbrzeżne, platformy); ścierające to działanie sięga tak daleko w głąb, dokąd ruch falowy daje się jeszcze uczuwać wyraźnie, przy pewnych zatem okolicznościach aż do 70, a nawet 100 metrów głębokości. Jeżeli wybrzeże składa się naprzemian ze skał twardych i miękich, morze wdziera się

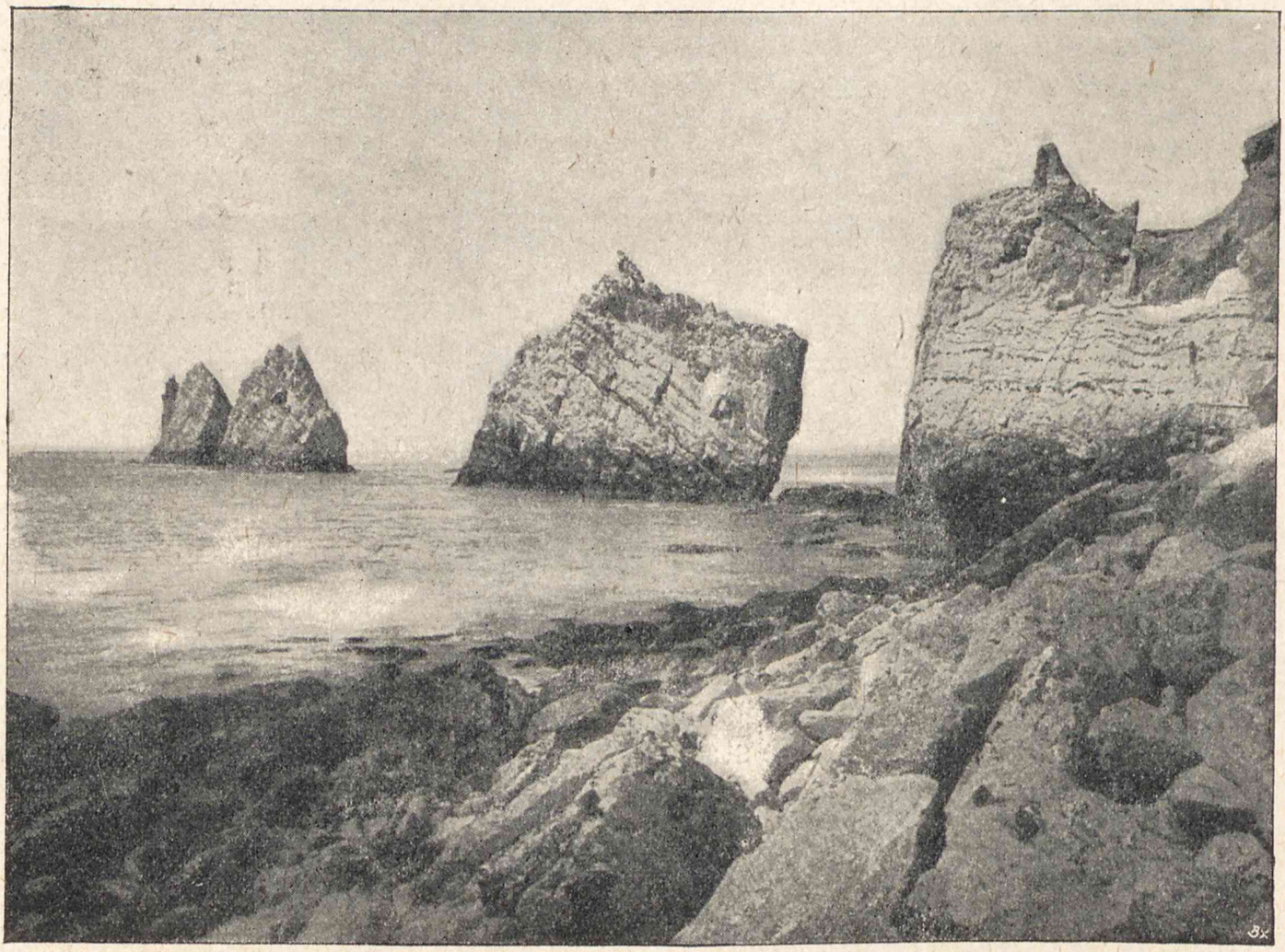
oczywiście w miejscu warstw miękich głębiej w ląd i tworzy tam zatoki, gdy skały twarde skłonne są do wytwarzania przylądków (ob. rys. str. 251). Gdy jednak skały na brzegu wysoko się w górę wznoszą, obficie spadające ich rumowiska osłaniają przez czas pewien wybrzeże od dalszej zagłady, ztąd to morze prędzej w ląd wrzynać się jest w stanie w nizinach i dolinach, aniżeli w miejscach zajętych przez góry, te zatem ostatnie stawać się muszą przylądkami, poprzednie zaś zatokami. Działanie fal morskich wzmaga się znacznie przez przypływy i burze, a gwałtowne przypływy sprowadziły w ciągu wieków średnich na wybrzeżach niemieckich i holenderskich wielkie zmiany, gdy w 1218 r. wytworzyły zatokę Jade, w 1277 r. Dollart, a w 1395 r. połączenie jeziora Zuidersee z morzem.

Im dłużej trwa uderzanie fal, tem szersze stają się tarasy brzeżne, ale tem też słabszą moc uderzania, ostatecznie bowiem najpotężniejsze tyko fale brzegu dosięgają. Gdy jednakże ląd się zwolna obniża, platforma zanurza się coraz bardziej, coraz nowe skały wchodzą w obręb działania fal, które w rezultacie ostatecznie znosić musi wielkie pasma górskie, co też według F. Richthofena prawdopodobnie miało miejsce na rozległych obszarach Chin.

Działalność geologiczną fal opisał dokładnie najpierw Giraud-Soulavie (1781); dokładnie zbadał ją następnie Henryk de la Beche, w czwartem dziesięcioleciu wieku XIX, a w r. 1847 wykazał A. C. Ramsay, że uderzanie fal dąży do wyrównania lądu, gdy następnie, około 1880 r., F. Richthofen zwrócił uwagę, że jedynie przy obniżaniu się lądu morze sprowadzać jest w stanie znaczną abrazję jego powierzchni; natomiast wszakże cały szereg geologów, a na ich czele Archibald Geikie, jest tego zdania, że denudacja morska odegrała nieznaczną stosunkowo tylko rolę w historji ziemi, a ztąd też i ta kwestja w przyszłości dopiero zyska rostrzygnięcie stanowcze. Ze względów teoretycznych możliwości potężnej abrazji zaprzeczyć nie można; czy wszakże w biegu czasów geologicznych rzeczywiście wielką pracę spełniła, to z zupełną pewnością ustalić dopiero zdołają dochodzenia ściślejsze.

Gdy w ten sposób pozostaje jeszcze pewna wątpliwość co do doniosłości zniszczeń, sprowadzanych przez uderzanie fal, to natomiast niepewność żadna zgoła nie istnieje, co do ich działalności przewozowej. Gdy fale nieco pochyło wdzierają się na wybrzeże, to wraz z niemi przesuwają się także w górę i gruzy po tej ukośnej drodze; woda odpływając, dąży za największem pochyleniem brzegu, nie wraca przeto na poprzednie swe miejsce, ale na inne, nieco względem poprzedniego usunięte; gdy zaś gra taka powtarza się z każdą falą, prowadzi to wreszcie do ciągłej wędrówki rumowisk w pewnym oznaczonym kierunku, a zjawisku temu nadał A. Philippson nazwę „przemieszczenia wybrzeży“. Ponieważ zaś fale idą za kierunkiem wiatru, wędrówka taka żwiru wzdłuż wybrzeża zachodzić może naprzemian w tym lub owym kierunku, a donioślejszego znaczenia geologicznego nabiera przemieszczenie wybrzeży w tych jedynie

okolicach, gdzie wybija się pewien panujący kierunek wiatru, co zwłaszcza często ma miejsce w obszarach pasatów. W takim razie wędrówka rumowisk dokonywać się może nawet pomimo wręcz przeciwnego prądu przybrzeżnego, co okazało się w nowszych dopiero czasach na wybrzeżu atlantyckiem Ameryki środkowej. Tam również obliczono, że pod Greytown, w Nikaragwie, pozostaje rocznie prawie 600 000 metrów sześciennych piasku, a brzeg w ciągu roku posuwa się w stronę morza o 23 metry mniej więcej. Posuwanie się piasku ma miejsce na niewielkiej tylko przestrzeni, dalej bowiem przeciwny prąd przybrzeżny prawa swe odzyskuje.



„Igły“ na wyspie Wight, jako przykład niweczącej działalności fal morskich.
Według fotografji tow. Photoglob w Zurichu.

Gdzie prąd morski i przesuwanie się wybrzeża działają współcześnie, jest też skutek największy; również i podczas burzy działanie jest szczególniej silne.

Gdzie wybrzeże po długim, prostolinijnym prawie przebiegu nagle się ostro zagina, tam wędrówka żwiru nie idzie za zmianą kierunku, ale buduje na mieliźnie groblę, która tak dalece narastać może, że odcina prawie zupełnie pewną część morza, zkąd w takim razie powstaje laguna.

Nietylko praca fal morskich wpływ na ukształtowanie brzegów wywiera, ale także praca przypływu i odpływu. Najpierw uderzaniu fal otwiera się rozleglejsze pole działalności, w czasie bowiem przypływu

pracować mogą w poziomie wyższym, aniżeli w czasie odpływu, a dalej prądy przez przypływ i odpływ wytwarzane wywierają wpływ znaczny na dno morskie. Prądy te osiągają szybkość tem znaczniejszą, im płytsza jest woda i im większa jest wysokość przypływu; mogą wtedy wywierać działanie erozyjne, a zatoki wązkie, przez silne przypływy nawiedzane, są wskutek tego często wolne od osadów wszelkiego rodzaju; kręte ujścia rzek są w ten sposób przez prądy przypływu istnie wymiatane. Gdy prąd przypływu z wązkiego łożyska wstępuje nagle do rozszerzenia, szybkość jego, a tem samem i jego siła przewozowa słabnie, rumowiska w nim zawarte opadają i powstaje przegroda przed wejściem do cieśniny. Ale tak samo opada unoszony przez prądy te materjał, skoro przypływ dobiega swego końca, a woda przez chwilę się zatrzymuje, zanim się ruch odpływu rozpocznie; tworzące się przytem osady wznoszą się niebawem w wodzie płytkiej tak wysoko, że przy odpływie sterczą ponad poziom wody; każdy przybór wody wznosi je nieco w górę; roślinność, w okolicach zwrotnikowych zwłaszcza korzeniodrzew (mangrowe), osiada na nich i utwierdza nowinę, która rozwija się w osłoniętych miejscach wybrzeża. W tak utworzonych nowinach pozostają tylko kanały swobodne, po których przebiegają fale przypływu i odpływu.

Ukształtowanie wybrzeży w nader znacznej mierze zależy od geologicznej działalności fal i prądów, wybitny wpływ wywiera na nie i cała w ogólności historja geologiczna krainy do morza przyległej. Oba te czynniki razem wytwarzają charakter wybrzeża. Śród różnych form jego dla człowieka i dla jego komunikacji najważniejsze znaczenie posiadają zatoki, które też nastręczają przykład najwyraźniejszy skombinowanego działania obu tu przytoczonych czynników. Zatoki dolinowe są to owe wycięcia brzegu, które na lądzie stałym rozwinięte były jako doliny, a przez obniżenie się lądu lub przez erozyjną działalność wód stojących, znalazły się teraz pod wodą. Śród takich dolin wyróżnia się dalej pewna liczba typów charakterystycznych, z których kilka przynajmniej tu przytoczymy. Przedewszystkiem więc fjordy, zatoki długie, wązkie, o ścianach spadzistych, często rozmaicie rozgałęzione, które napotykają się od największych szerokości geograficznych aż 49° szerokości północnej i 41° południowej; pojmujemy je jako doliny pod wodą zanurzone, które przez lodniki bądź wytworzone, bądź też — według zdania innych badaczy — przynajmniej pod ich wpływem przeobrażone zostały. W sposób najpiękniejszy występują fjordy na brzegach Norwegji (str. 255), Grenlandji, Kolumbji brytańskiej, Patagonji i Nowej Zelandji. Działanie lodu odegrało też pewną rolę przy rozwijaniu się gęsto powyrzynanych fjordów na wybrzeżu fińskiem i szwedzkiem, z niezliczonemi ich nagiemi wysepkami skalistemi (skjären), podobnie jak fördów wybrzeża holsztyńskiego. Gdy obniżają się wybrzeża, gdzie występujące skały mają przebieg poprzeczny, to morze wdziera się na płasko zagłębiające się części, które przez prądy przypływu w pewnych warunkach ulegać mogą znacznemu rozszerzeniu, a wtedy powstają zatoki lejkowate



Sorfjord (fjord południowy), część fjordu Hardanger w Norwegji.

Według fotografji

(hiszpańskie „rias“), które w rozwinięciu typowem napotykają się na wybrzeżu Chin i Korei, Irlandji i Galicji hiszpańskiej. Jeżeli natomiast obniża się wybrzeże podłużne, czyli wybrzeże, na którem pasma górskie przebiegają równolegle do jego kierunku morze zalewa głębsze części tej krainy i powstają wydłużone, równoległe wyspy górzyste, pomiędzy któremi ciągną się dawniejsze doliny podłużne (w Dalmacji zwane canali); jestto „wybrzeże kanałowe“. Zresztą wybrzeża podłużne są najczęściej bardzo ubogie w zatoki. Ale najgładsze są te z nich, na których skała jednostajnej twardości poddana jest uderzaniu fal, a odpadające rumowiska unoszone są przez prądy przybrzeżne, co pięknie okazują wybrzeża kredowe w Rugji i Dover. Gdzie praca morza przyjmuje udział silniejszy w ukształtowaniu wybrzeża, powstają nieraz zatoki z pięknie zakreśloną formą łukową (zatoki okrągłe). Gdy budująca i przywozowa działalność morza lub jeziora przez bardzo długie okresy w jednakim kierunku trwać może, powstają łatwo wybrzeża wydmami otoczone, które niekiedy w nużącej jednostajności ciągną się na ogromnej przestrzeni (na zachodnim brzegu Afryki w rozległości przeszło 1 000 kilometrów), a z powodu płytkości morza, częstych ławic piasku, silnego uderzania fal i braku portów przedstawiają dla żeglugi trudności najuciążliwsze. Stosunki miejscowe lub niedosyć długotrwała praca geologiczna powodują na wybrzeżach napływowych cały szereg istotnych różnic, których tu wszakże bliżej rozpatrywać nie będziemy. Odrębną cechę licznym wybrzeżom mórz cieplejszych nadają budowle korali, które często rozpoczynają się bezpośrednio na brzegu (rafy brzeżne), albo też oddzielone są od niego kanałem rozmaitej szerokości (rafy wałowe). Te ostatnie, rozpościerając się niekiedy na długości nader znacznej, tworzą brzeg zewnętrzny i dają kanałowi osłonę od ciężkich burz morza sąsiedniego, nastręczają przeto okrętom wodę spokojną. Z drugiej jednak strony utrudnia to także okrętom dostęp z morza otwartego do lądu, często bowiem dostać się można do kanału jedynie po znacznych kołowaniach, albo też przez niebezpieczne przerwy w rafie.

Jakkolwiek ważnem jest dla żeglugi ukształtowanie wybrzeży, zwłaszcza pożądane być dla niej mogą zatoki, to nawet w ochronionych dobrze odnogach potrzeba punktów szczególniej korzystnie uposażonych, które mogłyby pośredniczyć w komunikacji między lądem a morzem,—są to porty morskie. Cały szereg warunków spełniony być musi, by dany punkt wybrzeża stał się dobrym portem. Przedewszystkiem zapewniona być musi osłona od wiatrów i od wydm morskich, którą nastręczają odpowiednie wyskoki lądu, wysunięte wyspy, albo też sztucznie zbudowane tamy i przegrody. Wybrzeża napływowe rzadko kiedy spełniają ten warunek uprzedni, zwykle też w miejsce portów występują tu tylko przystanie otwarte, czyli zdala od brzegu przypadające miejsca, do zarzucania kotwic dogodne, zkąd komunikacja z lądem dokonywać się musi łodziami i statkami przybrzeżnemi, nieraz przy morzu wzburzonem. Nadto winien być port łatwo dostępny zarówno od morza, jak i od lądu. Dostęp od morza poprawiony być może

przez rozsadzanie skał i zagłębianie dna; niekiedy przyroda sama troszczy się o dobre do przejazdu koryta, prąd bowiem odpływu utrzymuje drogi otwarte. Dalej dobry port posiadać musi dno niezbyt głębokie do zapuszczania kotwic, na lądzie zaś obszar odpowiedni na zamieszkanie. Tak np. fjordy nastręczałyby sposobność do wybornych portów, gdyby nie zbytnia ich głębokość, która utrudnia przytwierdzanie okrętów za pomocą kotwic, oraz zbyt spadziste ściany, które uniemożliwiają zakładanie wielkich osad; dla tego też w niewielu tylko fjordach powstać mogły znaczne porty, jak Chrystjanja i Drontheim. Bodaj jednak gdziekolwiek na świecie jest człowiek tak dalece zawisły od łaski i niełaski powolnie działających sił geologicznych, jak właśnie w portach. Chociaż sztuczne oczyszczanie utrzymywać może otwarte do nich wejście, chociaż wielkie tamy ochronne ograniczać mogą dowóz piasku i mułu, ale żadna siła ludzka nie zdoła ustrzedz portów od zasypania piaskiem, gdy ląd poddany jest powolnemu wznoszeniu, albo gdy doprowadzane masy napływów zbyt są wielkie. W ten sposób przez podniesienie się lądu w czasach historycznych stał się nieużytecznym niejeden port Skandynawji i Krety; przez wytworzenie się ziemi napływowej została Rewenna w ciągu wieków średnich daleko od morza usunięta, a podczas wieku XIX odcięty został podobnie od morza Greytown (San Juan del Norte), gdzie miał brać początek projektowany kanał Nikaragwajski; w 1809 roku znajdowała się tam jeszcze niewielka, dobra przystań głęboka, poza piasczystym przesmykiem lądowym, który wzrastał stopniowo, a w 1852 roku dosięgnął wreszcie lądu i odciął powstałą ztąd lagunę. Gdyby kanał Nikaragwajski miał być rzeczywiście zbudowany, należałoby dla zapewnienia dostępu do przystani urządzić tamę, powstrzymującą piasek, a corocznie trzebaby ją było prawie o 23 metry przedłużać, by cel swój osiągała.

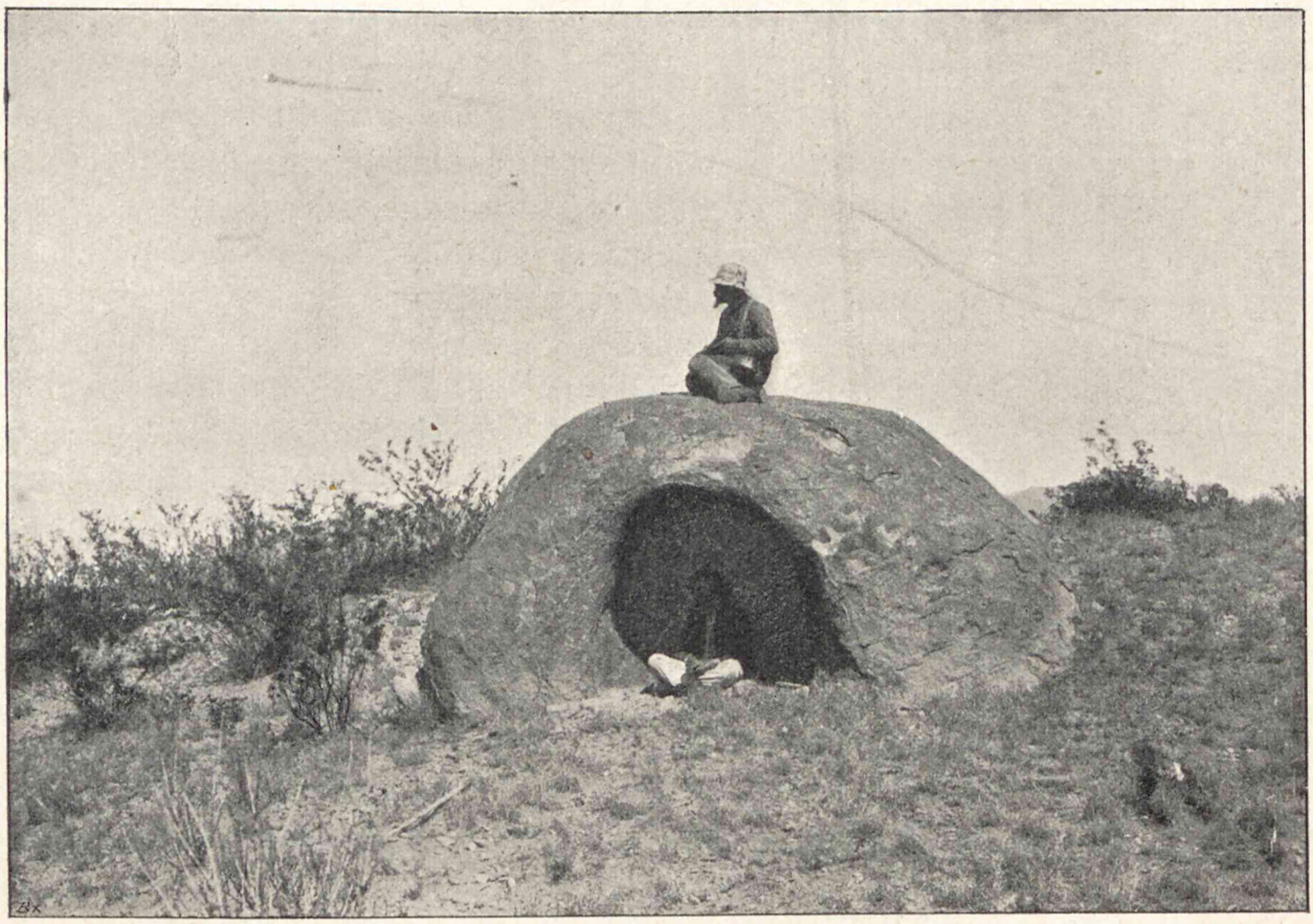
* * *

Działalność geologiczna wiatru.

Dobre wyobrażenie o działalności geologicznej wiatru miał już w wieku XVI Jerzy Agricola, który od autorów arabskich przejął opis tworzenia się wydm na zachodzie Afryki i zwrócił uwagę, że podobne stosunki, chociaż w wymiarach zmniejszonych, dają się też zaobserwować w puszczy Lüneburskiej. Zresztą już w średniowieczu chrześcijańskiem rozpoznano dokładnie pochodzenie wydm na wybrzeżach morskich. Pomimo tego, znajomość ta nie rozpowszechniła się zgoła; w r. 1605 powątpiewał Merula w swej „Cosmographia generalis“, czy wydmy ręką ludzką utworzone zostały, czy też są dziełem przyrody, chociaż ten ostatni domysł za prawdopodobniejszy uważa, a Varenius w swojej „Geographia generalis“ (1650) uznał je nawet za sterczące z wody wzgórza lądu przez morze zalanego. Daleko lepiej umie sobie w tych kwestjach radzić znowu Atanazy Kircher (1664), gdy wykłada, że to piasek przez rzeki do morza znoszony na brzegach osiada, a wiatrami odpychany, tworzy wydmy; zna także trawą i krzewami porosłe wydmy przy ujściu Tybru pod Ostją, oraz donosi o wydmach lądowych wielkich pustyń Afryki i Azji, gdzie skały miały się zwolna rozsypać w substancję

piasczystą, która następnie pod naporem wiatrów wytworzyła wzgórki, a te z kolei znowu się rozwiały i po rozległej równinie rozproszyły. Wielkie pustynie piasczyste i kamieniste Afryki północnej, Arabji i Tartarji uważa Kircher za dna mórz dawnych, istniejących przed potopem; potop zaś nagromadzić miał niezmierne ilości piasku i żwiru, które pozostały tam po podniesieniu się lądu i ustąpieniu morza.

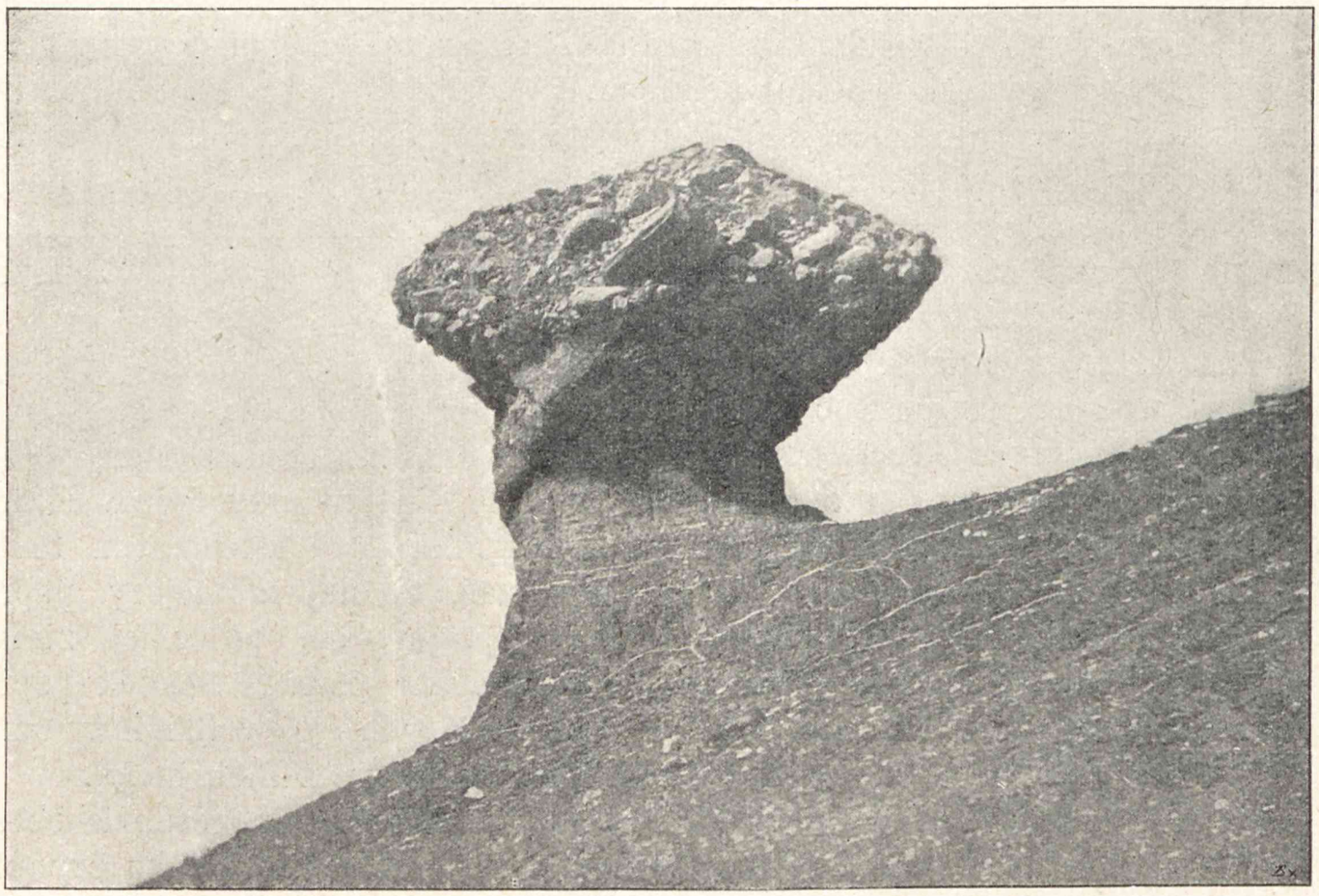
W czasach późniejszych zebrano wiele nowych wiadomości o pustyniach oraz o wydmach lądowych i nadbrzeżnych, ale poza poglądy Atanazego Kirchera bardzo długo nie posunięto się istotnie. Jeszcze w r. 1834



Głaz granitowy przez wiatr wyżłobiony.
Według fotografji prof. J. Walthera.

K. E. A. Hoff oświadczył się za pochodzeniem morskiem piasków pustynnych, chociaż już sam Kircher przyjął możliwość powstawania ich ze skał sąsiednich, a dopiero poszukiwania K. A. Zittla i Rollanda w Saharze wykazały stanowczo początek lądowy tamecznych zbiorowisk piasku. Następnie zwłaszcza Jan Walther starał się w powabnych prawdziwie opisach skreślić przeinaczenia, jakie krajobraz pustynny przechodzić musiał wskutek unoszącej działalności wiatru, czyli „deflacji“, od stromo wzbijających się gór z przepaścistemi wąwozami począwszy, aż do monotonnych pustyń kamienistych, zwanych w Saharze hamada; jakkolwiek zaciekawiające były jego obrazy, a różne dowody wydawały się zupełnie przekonywające, to inni badacze, którzy również obszary pustynne za

przedmiot swych poszukiwań obrali, do poglądów jego nie wszędzie przyłączyć się mogli. Chociaż więc co do szeroko zakreślonej teorji Walthera istnieją jeszcze wątpliwości, to jednak dosyć zgodnie przyjęto wygładzające, „korrazyjne“ działanie piaskiem obładowanego wiatru, który wywiera tu skutki podobne, jak prąd piasku stosowany do matowania i polerowania wyrobów. Rozjaśnienie w tej kwestji nastąpiło, gdy w 1847 roku C. Fr. Naumann po raz pierwszy opisał korytami okryte i wygładzone skały pod Hohburgiem w Saksonji (uważał on je wprawdzie najpierw za objawy działań lodu, ale domysł ten odparł Albert Heim w 1870 r.); o podobnych wygładzeniach przez wiatry sprowadzonych donieśli także Blake (1855)



Skała grzybiasta.
Według fotografji prof. J. Walthera

i Gilbert (1874) z Zachodu północno-amerykańskiego, oraz Zittel, Rolland, Walther i inni z Sahary. Podobnież na karb działalności wiatru odniesiono szereg innych utworów, jak kamienie graniaste w obszarze wydm i stepów Europy północnej, skały grzybiaste pustyni Arabskiej i inaczej jeszcze dziwacznie uformowane skały.

Tworzenie się wydm w obszarach lądowych jak i w okolicach nadbrzeżnych zostało w wieku XIX zbadane bardzo dokładnie, czem zajmowali się najpierw Lyell, de la Beche i Elie de Beaumont, a następnie Gerhard Rholfs, Zittel i wielu innych; prace ich rozpostarły jasne światło w kwestji budowy i powstawania wydm, oraz ich wędrówek. Zwrócono także uwagę na piaski lotne, a niedawno dopiero starannym poszukiwaniom G. Hellmanna

i P. Meinardusa powiodło się po raz pierwszy, na podstawie licznych spostrzeżeń szczegółowych o wielkim spadku pyłu od 9 do 12 marca 1901 roku w Afryce północnej, Europie południowej i środkowej, zestawić dokładną ocenę liczebną obszaru przez ten spadek zajętego, jako też ilości pyłu spadłego. Natura pyłu i inne okoliczności przekonały, że pochodził z pustyni północno-afrykańskiej; rozpostarł się ku północy na 2 800 kilometrów, a w kilku przypadkach ku północo-wschodowi nawet na 4 000 kilometrów i opadł na obszarze obejmującym około 800 000 kilometrów kwadratowych; ilość pyłu opadła na grunt europejski ocenioną została na 1 800 000 ton, a liczba ta jasno okazuje, jak wielkie znaczenie osiągać może pył przy tworzeniu się pokładów.

Pod tym względem badania Hellmana i Meinardusa przekonać mogą tych, którzy nie chcą jeszcze w całej pełni uznać wielkiego odkrycia F. Richthofena o niesłychanej doniosłości pyłu przez wiatry znoszonego dla tworzenia się różnych rodzajów gleby; teorję tę odniósł wprawdzie Richthofen jedynie do zbadanych przez niego w 1868 — 72 r. obszarów lesu w Chinach, poznano jednak, że daje się ona też zastosować do wyjaśnienia licznych objawów, gdzieindziej zaobserwowanych.

Że wiatr, jako środek transportu popiołów wulkanicznych, ma przy wybuchach ważne znaczenie, o tem wiedziano już od czasów starożytnych; dokładniejsze wszakże badania nad obszarem rozprzestrzeniania się popiołów tak przenoszonych przeprowadzono istotnie dopiero przy dwu wielkich wybuchach wulkanicznych XIX wieku (Coseguina 1835 i Krakatau 1883). Przy tej ostatniej sposobności zdołano wykazać, że najdrobniejszy popiół wulkaniczny, choć w niewielkiej ilości, rozpostarł się po całej ziemi. W każdym razie donioślejsze znaczenie geologiczne posiada spadek popiołów jedynie tylko w ograniczonej od wyrzucających je wulkanów odległości, tam bowiem tylko znaczne osady wytwarzać się z nich mogą.

Po tych krótkich uwagach historycznych podamy tu treściwie obraz obecnych poglądów na geologiczną działalność wiatru. Wiatr, jako czynnik geologiczny, jest pod pewnym względem współzawodnikiem wody, gdzie bowiem woda statecznie przy pracy trwa, tam wiatr, jako działacz samodzielny, nie ma znaczenia istotnego, gdzie zaś woda słabo tylko, albo wcale nie pracuje, wiatr bezustannie prawie utrzymuje się w działalności niezmordowanej; obszary lądu, gdzie przez lata całe deszcz nie pada, pustynie, są właściwą dziedziną wiatru; wdzięczne pola pracy ma jeszcze w stepach ubogich w opady, ale im wilgotniejszą jest okolica, im bogatszą staje się jej szata roślinna, tem słabszym też jest wpływ wiatru, w dżdżystych zaś okolicach leśnych nie ma już mocy porywania żadnej cząstki gruntu, a każdy pyłek, który tam opuszcza, pozostawia nienaruszonym. W wielu okolicach ziemi wiatr i woda dzielą się władzą, jak to ma miejsce w rozległych obszarach zwrotnikowych, które się cechują suszą długotrwałą; w porze roku suchej przeważna część strumieni wysycha, rzeki płyną opieszale i skąpo, rośliny wydają się zwiędłe i ogołociałe, a wiatr pędzi

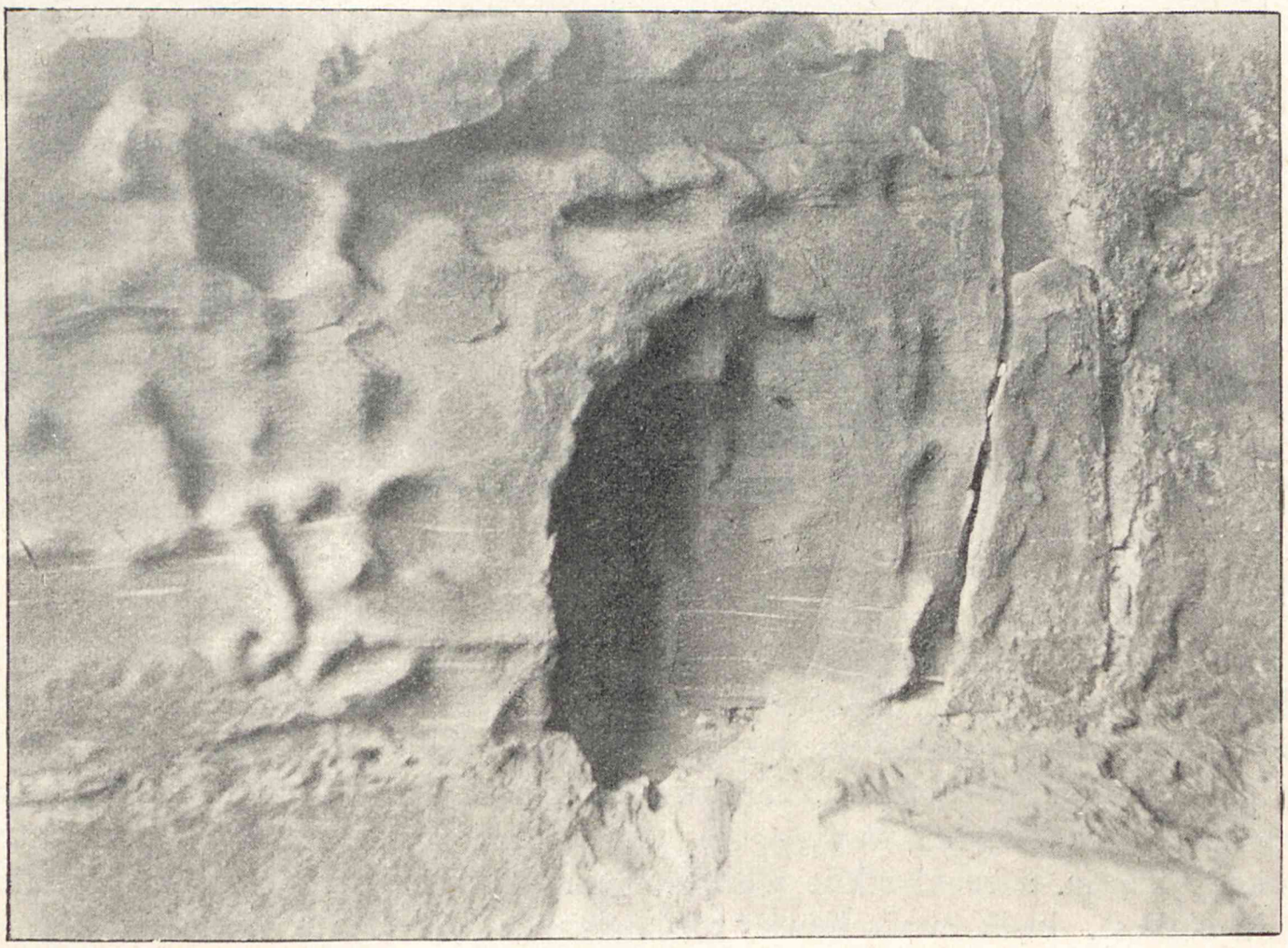


Kamień wahadłowy w Tandil pod Buenos-Aires.
Według fotografji prof. J. Walthera.

pył po polach wszędzie, gdzie tylko powierzchnia ziemi drobne cząstki oddawać może; w porze dżdżystej natomiast szybko rozwijająca się roślinność chroni grunt od napaści wiatru, a w niewielu miejscach roślinności pozbawionych nieustanna wilgoć uprowadzeniu go przeszkadza. Teraz rozpoczyna się panowanie wody, — po wszystkich ścieżkach lądu płyną strumienie mętne, a rzeki silnie wezbrane unoszą z sobą znaczne ilości materjału stałego, bądź w drobnem rozdzieleniu, bądź też w wielkich bryłach stoczonych.

Jakkolwiek wiatr i woda dzielą się władzą, częścią w przestrzeni, a częścią w czasie, wyłączając się nawzajem w swej pracy, to przecież istnieje pewne powinowactwo w rodzaju ich działalności; woda bieżąca ulega wprawdzie innym prawom, aniżeli wiatr, ale woda spłókująca zgadza się z nim pod tym względem, że uprowadzać może drobne tylko cząstki skał i gruntu i to jedynie z powierzchni. Gdy woda spłókująca ściśle prawu ciężkości ulegać musi i ku dołowi jedynie płynie, to wiatr napozór nie troszczy się wcale o ścisłe zachowanie tego prawa, podnosi bowiem pył i piasek, a niekiedy nawet drobne kamyki, porywa je w górę i opuszcza dopiero, gdy prędkość jego słabnie, jak np. gdy napotyka jaką zawadę; większe kamienie lub grudki ziemi, których uprowadzać nie może, porusza i miota niemi, dopóki te, ulegając ciężarowi swemu, nie stoczą się po pochyłości.

W górach lub na wybrzeżu morskiem, jako też w pustyniach, gdzie wiatr często i skutecznie działać może, pył wcale się nie zbiera, natychmiast bowiem zmieciony zostaje. Pomimo to podróżnicy zgodnie opowiadają, że powietrze pustynne często jest całkowicie pyłem zapełnione, co ztąd pochodzi, że kruszenie się skał dostarcza coraz nowego zasobu cząstek, które przez wiatr unoszone być mogą. Gdy tą drogą z powierzchni utworów skalnych coraz dalsze ilości materjału uprowadzone zostają, a pewne części skał oporniejsze są aniżeli inne przeciw wietrzeniu i gruchotaniu, to powstają często bryły szczególne, których forma osobliwa coraz



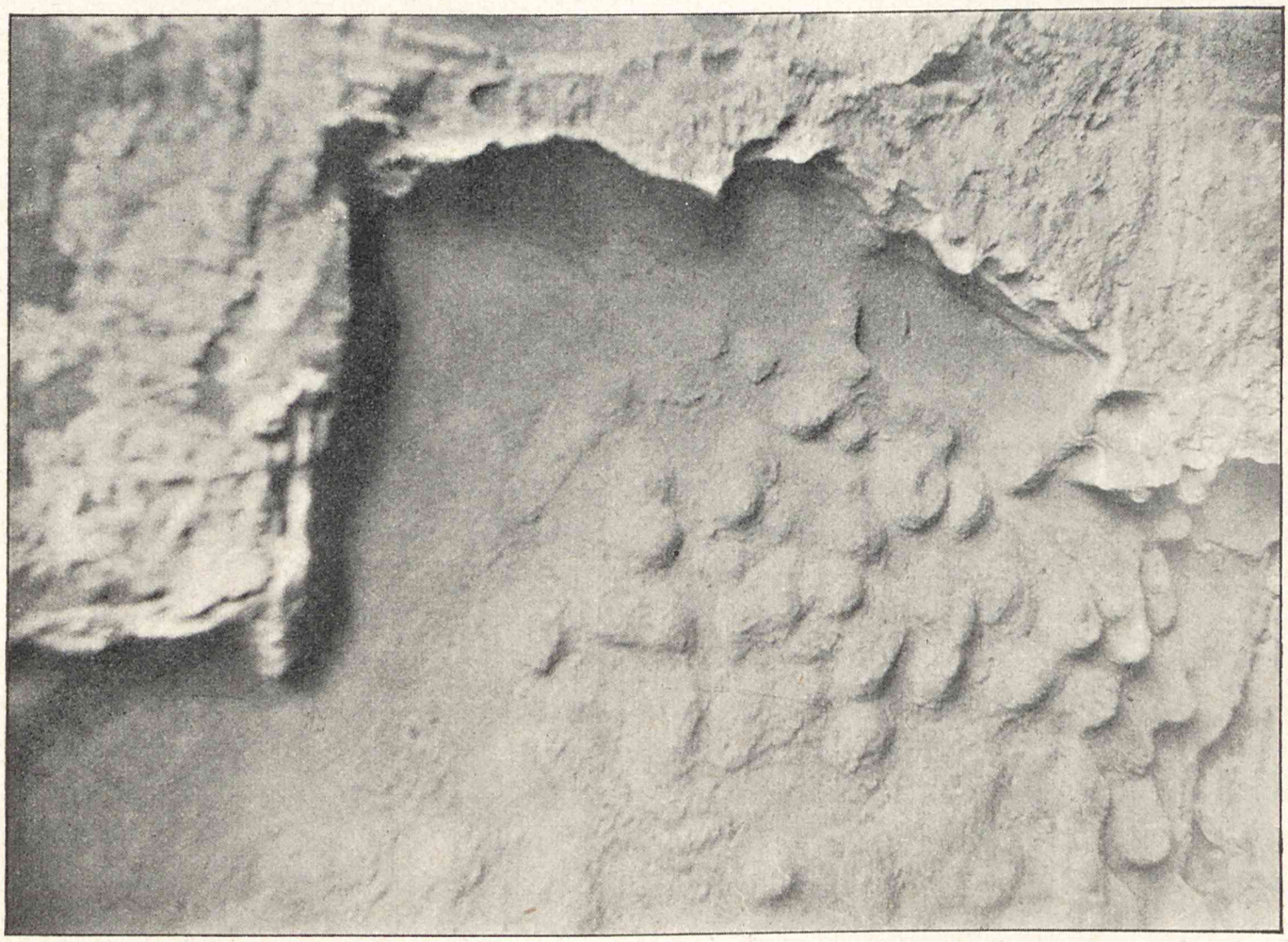
Dziura wywiercona przez wiry powietrzne przy udziale piasku w ociosanym piaskowcu zamku heidelberskiego.

Według fotografji prof. K. Futterera w Karlsruhe.

się bardziej stopniowo wybija, gdyż zwiewany materjał wietrzeniu dalszemu coraz nowe powierzchnie do ataku odsłania. W ten sposób tworzą się różnej głębokości wydrążenia w skałach granitowych, piaskowcowych lub wapiennych, niekiedy nawet rozległe pieczary; często też napotykają się podobne wydrążenia, przez wietrzenie powstałe, w wielkiej liczbie jedne obok drugich, gdy między niemi wązkie tylko wystają listwy; formuje się ztąd budowa, przypominająca skupienie komórek w ulu, gdy w innych znów razach otwory zagłębiają się i rozszerzają ku stronie wewnętrznej, aż łączą się wzajemnie w nieforemną kratkę kamienną, lub też układają w całe girlandy szyszek kamiennych, z wysokich ścian się zwieszające; wystę-

pują także krużganki, których filary rozdzielone są między sobą wązkiemi framugami otwartemi w gładkiej ścianie kamiennej (jak np. w piaskowcu nubijskim), a skały uławicone okazują jamy, przyczem występujące ławice zdobne są nieraz wieńcami szyszek kamiennych.

Jeżeli według tego zwietrzałe równiny pustynne tak nadzwyczaj rozmaite okazują utwory, to w wyższej jeszcze mierze dzieje się to z oddzielnemi bryłami skalnemi,—przetwarzają się w osobliwie ukształtowane filary kamienne, które występują często zupełnie odosobnione na szerokiej podstawie, często też zjednoczone w szczególne grupy. Jeżeli w górnej części takiej kolumny



Budowa kulista piaskowca ociosanego w zamku heidelberskim, działaniem wiatru sprowadzona.

Według fotografji prof. K. Futterera.

znajduje się twardsza warstwa kamienna, to wreszcie przybiera postać wspartej na podstawie tarczy, a kolumna staje się skałą grzybiastą (str. 259); niekiedy w podobnych razach podpora coraz bardziej się zwęża, głaz spoczywa wtedy na podporze drobną tylko powierzchnią, a w pewnych warunkach staje się zupełnie swobodnym i tworzy wtedy kamień wahadłowy (str. 261).

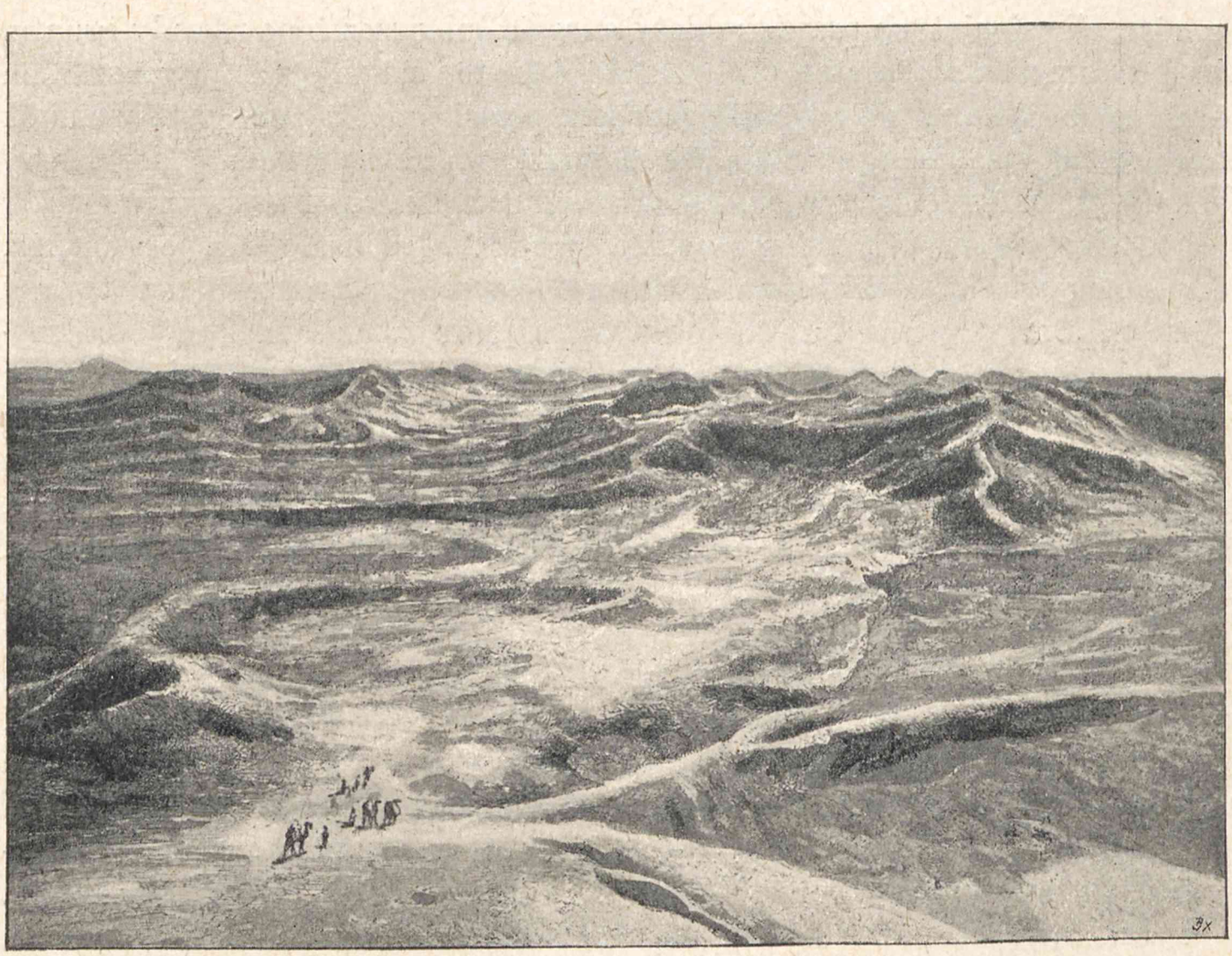
Jakkolwiek uderzającemi wydają się nam formy skał wytworzone w pustyniach przez wietrzenie i zwiewanie, pojąć je możemy bez trudu, skoro słyszymy, że i w naszym wilgotnym klimacie europejskim zwiewanie powodować może wyraźne skutki, nawet w bardzo ograniczonym okresie historycznym; niewątpliwe tego dowody wykrył K. Futterer w zamku heidelberskim,

gdzie prąd powietrza, przedzierający się przez dwa otwory w wązkim, zakrytym korytarzu wieży teatralnej przed ścianą przeciwległą tworzy wiry, zkąd przy pomocy sprowadzanych przez wiatr ziarn piasku wyżłobiły się dziury do 15 centymetrów głębokości mające; wieża ta zbudowana była 1533 r., a w roku 1689 przez Francuzów zburzona.

Opierając się na tych objawach, posuwa się J. Walther dalej, nietyko bowiem drobne utwory, ale także i wielkie formy krajobrazu pustynnego do działania wiatru, do zwiewania odnosi, w szczególności zaś tą drogą tłomaczy zagłębienia w pustyniach występujące: głębokie doliny o ścianach spadzistych (arabskie uadis) i obniżenia postaci kotlin (oazy; ob. rys. kol.). Przy tworzeniu pierwszej kategorji tych dolin miały brać udział nader rzadko tam występujące, ale też nader gwałtowne ulewy, których wody, sprowadzając działania potężne, szybko się ulatniają i w głąb przenikają. Gdy zaś przez wodę wypłókane parowy potem przez dziesiątki lat suszy ulegają, rozpoczyna pracę swą wietrzenie i uprzątanie działaniem wiatru: „Woda ulatnia się, zimne powietrze wypływa, a powiew przebiegającego wiatru pustynnego działa jak aspirator [1]). Drobne okruchy kamieni zwietrzałych wybiegają wraz z powietrzem, sól wydziela się ze skał i odrywa wiotkie łuszczki, a ściana skalna, porzednio przez wodę wygładzona, staje się teraz szorstką. Oddzielne głazy ostrograniaste odłamują się i spadają na dno parowu, gdzie luźno piętrzą się jedne na drugich. Wtedy następuje nowe oberwanie się chmury, a olbrzymie ilości spadłej wody uprzątają parów zupełnie i po okolicznej równinie pustynnej rozpościerają okruchy, zaledwie ostrych krawędzi pozbawione. Parów się rozszerzył, woda pogrzebała tu i owdzie sterczące głazy, a suche wietrzenie i zwiewanie znowu na całe lata dzieło swe rozpoczynają. Wiatr dmie już teraz gwałtowniej po parowie. Różnice temperatur wywierają znowu wpływ swój niszczący na skały, a ztąd zmienia się postać zagłębienia przez erozję wytworzonego. Wszystek większy materjał skalny zawsze jeszcze wydobywany zostaje przez deszcze pustynne, ale cały ogrom gruzów, jaki ulewa raz na lat dziesięć w ciągu godziny unieść może, coraz bardziej ustępuje wobec ilości miałkiego pyłu i drobnych łusek, maleńkich ziarn piasku i płaskich skorupek, które wiatr codziennie uprowadza. Wstępujemy do doliny takiej, której ściany poddane są wietrzeniu suchemu i zwiewaniu (deflacji), a za każdym nowym zakrętem zdumiewają nas widoki osobliwe. Na suchem jej dnie widzimy otwory głęboko wyżłobione, a obok nich powierzchnie gładkie, piaskiem oszlifowane; tu utrzymała się pozostałość żwiru rzecznego, owdzie leżą dokoła wywiane głazy, kołyszące się i chwiejne. Często odgałęziają się głębokie doliny boczne, gdy jednak dążymy niemi, napotykamy zakręt o gładkich ścianach, ulicę ślepą, szeroką i okrągłą, jak cysterna, która wyjścia żadnego nie przedstawia, albo też

*) Ssące to działanie przebiegającego prądu powietrza uwidocznia nam wyraźnie zwykły rozpylacz czyli refreszyser; podobnież działa prąd wodny w inhalatorze, który środki lekarskie do dróg oddechowych wprowadza.

Przyp. tłom.



Wydmy w Saharze.
Według „Le tour du monde".

prowadzi nas szerokim łukiem dokoła wielkiej kolumny skalnej znowu do doliny głównej." (J. Walther).

Gdy wiatr tak potężną wywiera działalność usuwającą, to natomiast wobec niej nieznaczną wydaje się wygładzająca, korrazyjna praca wiatru piaskiem obładowanego: piasek wichrem miotany ściera skały i kamienie, ze żwiru zaokrąglonego wytwarza bryły graniaste o powierzchniach wyraźnie oszlifowanych, ku górze płasko zaostrzone. Prąd piasku zużywa przeto i wytrąca drobne łuszczki kamienne, skuteczność jego jednak, jak już wspomnieliśmy, jest o wiele słabsza, aniżeli przy bezpośredniem działaniu wiatru przez zwiewanie.

Skoro tedy wiatr uprowadza wszystkie drobne wytwory wietrzenia, jak pył i piasek, to wreszcie po większych pokładach pozostaje tylko ogromna ilość krzemieni pokrywających powierzchnię ziemi. Taka pustynia żwirowa nazywa się hamada, gdy kamienie są granitowe, serir zaś, gdy są zaokrąglone.

Unoszony piasek i pył opada na ziemię, gdy siła prądu powietrznego słabnie, ale nowy napad wiatru znowu go porywa i unosi dalej; ponieważ wiatr najczęściej dmie z przerwami, znaczna przeto część piasku dźwigana jest w powietrzu niejako przeskokami, gdy część inna w ciągłem przesypywaniu się sunie bezpośrednio po ziemi. Jeżeli piasek opada

w miejscach osłoniętych przez grzbiety górskie lub przez inne zawady gruntu, tworzyć tam może pokłady długotrwałe, jak to ma miejsce w obszarach granitowych Synaju, gdzie jaśniejące pola piasczyste na wzór pól śnieżnych wszelkie zagłębienia wyścielają. Podobnież wszakże osiada piasek, gdy jakakolwiek przeszkoda trwała, jak krzew, pal, skała, powstrzymuje wiatr lub go osłabia: powstaje wtedy wydma (diuna). Jeżeli zawada jest mocna, tamuje bieg wiatru, a ztąd spadek piasku następuje przed zawadą; tworzy się nasyp, a między nim i zawadą rozwija się wir powietrza, który podtrzymuje wolną przestrzeń otwartą; gdy wszakże nasyp piasku narasta wyżej aniżeli zawada, wypełnia się ta wolna przestrzeń, a zaspa posuwa się poza nią; wirowanie piasku pędzi go na wzgórze i osadza go z drugiej strony, poza linją wierzchołkową; powstaje w ten sposób wał piasczysty, którego stok od strony wiatru jest płaski i utrwalony, spadek zaś po stronie od wiatru odwróconej spadzisty i sypki.

Jeżeli zawada, jak np. krzew, nie jest dostatecznie mocna, by wiatr powstrzymać, piasek układa się poza nią, a pod osłoną krzewu powstaje nasyp o spadku łagodnym, zwolna wzrastający. Wiatr uderza go i obchodzi jego brzegi, gdy wpośrodku wznosi się wprost w górę i piasek opuszcza na stoku drugim; w taki sposób powstają wzgórki piasczyste o przecięciu półksiężycowem, barkany czyli wydmy łukowe, które często dosięgają wysokości 30 metrów i tworzą formę charakterystyczną wydm lądowych. Obok takich barkanów znajdują się także nieraz płaskie nasypy piasku lotnego. Barkany wędrują często, piasek bowiem zwiewany od strony wklęsłej osiada znowu po stronie wypukłej, od wiatru odwróconej, ostatecznie więc cała wydma posuwa się w kierunku wiatru. Często też barkany stoją jedne obok drugich, dotykając się kresami swemi; częściej jednak uporządkowane są jedne poza drugiemi, a wtedy tworzą wyciągnięty, w kierunku wiatru rozpostarty wał, który dochodzić może do wysokości 150—200 metrów i dźwiga wierzchołki formy barkanów.

Wydmy nadbrzeżne mają postać wałów i ciągną się równolegle do kierunku wybrzeża; dochodzą wysokości aż do 100 metrów i wędrować mogą podobnie jak wydmy lądowe. Skoro roślinność pokrywa wydmę, traci ona zdolność przesuwania się, dla tego też nieraz z powodzeniem próbowano powstrzymać wydmy wędrowne przez ich zadrzewienie.

Chociaż piasek rozległe przestrzenie w powietrzu przebiega, pozostaje wszakże pod tym względem daleko poza pyłem, który może być przez wiatr dźwigany na odległości niezmierne, ale wreszcie siła przewozowa wiatru słabnie tak dalece, że i pył opada; gdy w takim razie dostaje się na powierzchnię wody, tonie w niej i łączy się z osadami wodnemi, gdy zaś pada na obszary roślinnością zajęte, powleka oddzielne rośliny, które są wtedy jakby upudrowane, co łatwo widzieć możemy podczas suchej pory roku w strefach zwrotnikowych i podzwrotnikowych, a na mniejszą skalę w czasie lata i w naszych okolicach. Gdy następuje deszcz, to nie tylko strącona zostaje na ziemię zawartość pyłu w powietrzu, ale także

pył z roślin ulega spłókaniu, pada na grunt, gdzie go zatrzymują korzenie. Przez te osady pyłu grunt się podwyższa, powłoka roślinna wznosi się wyżej, w stwardniałych wszakże pokładach pyłu pozostają przewody, zajmowane poprzednio przez korzenie, tworzą się więc wydrążenia, które pokładom tym nadają podnietę do rozpadania się pionowego pod wpływem erozji wodnej. Pokłady przez pył zbudowane tworzą les, który nieraz, a zwłaszcza w Chinach, dosięga znacznej grubości; powstawanie ich zbadał dokładnie najpierw Richthofen. Znaczenie takich warstw pyłu jest w Chinach północnych i Azji środkowej ważne i dla rolnika, stanowią bowiem na polach istny nawóz; tu zatem wiatr odgrywa takąż samą rolę, jak w Egipcie woda, która w czasie wylewów pola mułem użyźnia. Jeżeli więc poznaliśmy wiatr w pustyni, jako potęgę usuwającą, to teraz ukazuje nam swą siłę budującą, gromadzącą, a w niektórych obszarach, jak w okolicach środkowych Azji, praca jego zmierza nawet do powolnego zapełniania odstępów między górami *).

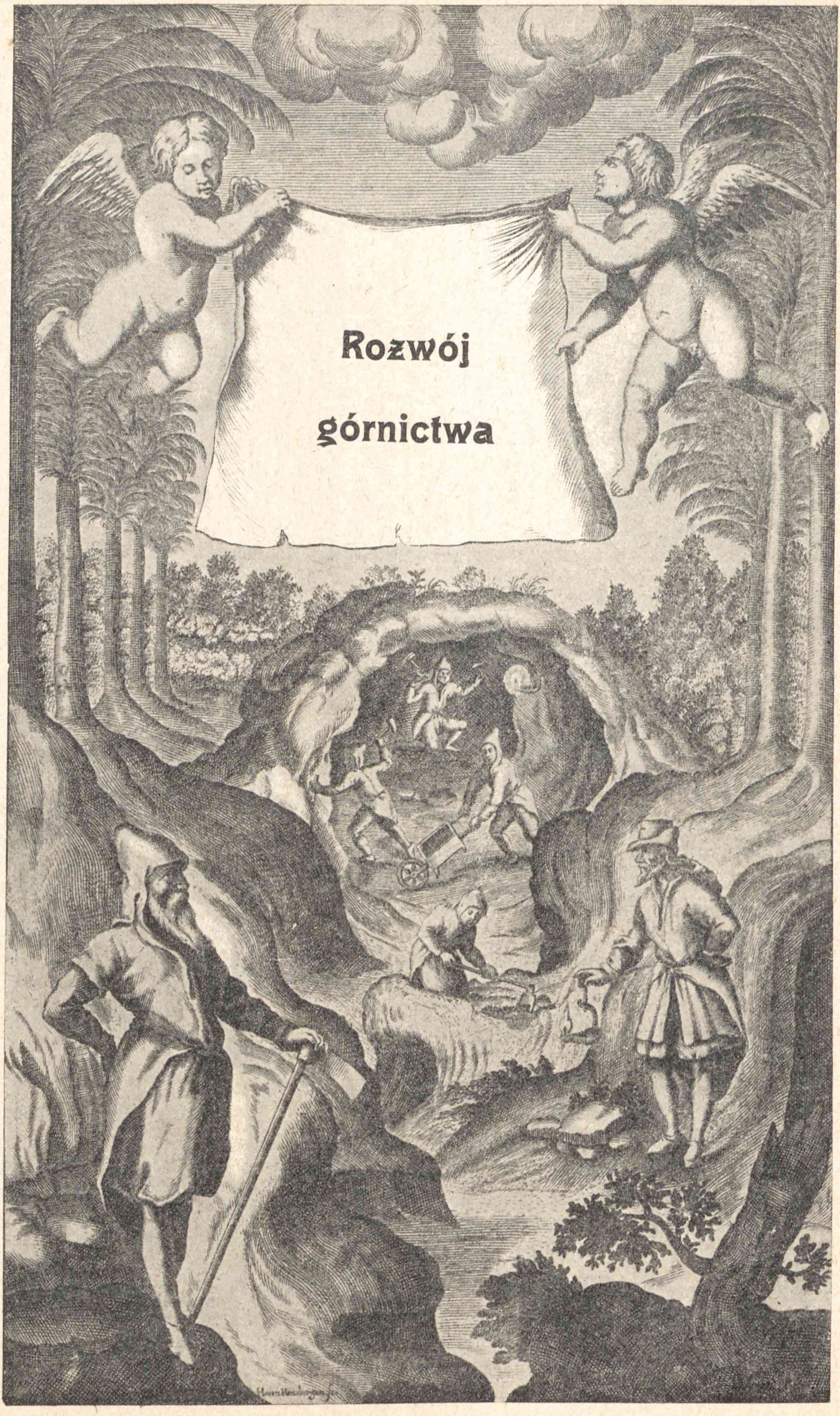
Jak wiatr buduje potężne pokłady i wielkie zagłębienia powierzchni ziemi wypełnia pyłem z wietrzenia pochodzącym, który w górę unosi, tak

---

*) Pochodzenie pyłu unoszącego się zawsze w atmosferze było w ostatnich czasach przedmiotem żywych rozpraw. Obecność pyłu w powietrzu ujawnia się najwyraźniej przy każdym opadzie atmosferycznym, przy deszczu lub śniegu. Gdy krople deszczu chwytamy na biały papier, znajdujemy po ich ulotnieniu się zawsze brudne, zapylone plamy, śnieg zaś przy powolnem tajaniu traci coraz bardziej białą swą barwę, staje się brudnym. a gdy wreszcie niknie, pozostawia warstwę pyłu. Źródła takiej obfitości drobnych cząsteczek w atmosferze krajów zaludnionych można było upatrywać w wiecznie dymiących kominach fabrycznych i w ogólności w zanieczyszczeniach sprowadzanych przez ruchliwy tryb życia wielkich i ludnych miast, ale tłomaczenie to, zawsze niewystarczające, okazało się zupełnie niedostatecznem, gdy Nordenskjöld zebrał znaczne ilości pyłu po spadku śniegu w lasach odległej północy skandynawskiej, zdala od wszelkich osiadłości ludzkich, a nawet wykrył zbiorowiska pyłu na lodowcach pokrywających ląd Grenlandji. Rozpowszechniło się wtedy pojęcie, że pył ten całkowicie lub w części przynajmniej jest pochodzenia kosmicznego, meteorycznego, że zatem powstaje z okruchów spadających na ziemię aerolitów, a zwłaszcza ze starcia przebiegających przez atmosferę naszą gwiazd spadających. Poglądu tego, oprócz Nordenskjölda, bronili zwłaszcza Silvestri i Tissandier, starając się go poprzeć różnemi dowodami, badania jednak mikroskopowe, przeprowadzone przez Arnolda Lasaulx, domysłu tego bynajmniej nie potwierdziły, okazało się bowiem, że pył atmosferyczny nie zawsze zawiera w sobie cząstki żelaza rodzimego, na co stronnicy kosmicznego jego pochodzenia największy kładli nacisk, gdy zaś cząstki żelaza znajdują się w nim istotnie, pochodzenie ich łatwo daje się tłomaczyć redukcją żelaza z jego związków. Niewątpliwie więc jest pył atmosferyczny pochodzenia ziemskiego, a skład jego wskazuje, że przeważa w nim materjał czerpany ze skał sąsiednich. Często jednak cząsteczki mineralne pyłu przybywają i z okolic bardzo dalekich, a zawsze zawierają się w nim także obfite szczątki organiczne, jak pyłek kwiatowy, okrzemki i t. p., oraz związki przez ich gnicie wytworzone. Pod wpływem mniemań o kosmicznem pochodzeniu pyłu wyobrażano sobie, że może przyczyniać się w znacznej nawet mierze do powiększania masy ziemi; wniosek taki wszakże usprawiedliwić się nie daje. Jeżeli z biegiem długich okresów gromadzenie się pyłu powodować może znaczne zmiany na powierzchni ziemi, jest to tylko następstwem przenoszenia się, transportu własnych jej cząstek: co w jednem miejscu zabranem zostaje, odkłada się w miejscu innem.

Przyp. tłom.

też postępuje z masami pyłu i piasku, które wybuchy wulkaniczne w powietrze rzucają i prądom jego przekazują. W ten sposób we wszystkich okolicach wulkanicznych i w ich sąsiedztwie rozległe doliny i kotliny zapełnione zostały sypkiemi wyrzutami wulkanicznemi; powstały ztąd pokłady na setki metrów grube, a erozja wodna sprowadza w nich prawie również strome wgłębienia, jak w obszarach lesu; fizycznemi też swemi własnościami zbliżają się pokłady wulkaniczne do pokładów lesu, a ztąd w jednaki prawie sposób na gospodarstwo człowieka oddziaływają. Tak dalece sięga nawet to podobieństwo, że drobne opady popiołów wulkanicznych, zachodzące bądź bezpośrednio skutkiem wybuchów, bądź też następnie skutkiem zwiewania przez wichry, działają również jako nawóz na pola uprawne. Wiatr zatem, który się nam w pustyni i na wydmach piasczystych jako wróg kultury ludzkiej przedstawił, ukazuje się z drugiej strony jako przyjaciel człowieka.



Podobizna kartki tytułowej dzieła G. E. Löhneyssa „Sprawozdanie o górnictwie“ z 1690 roku



Praca niewolników w fenickiej kopalni miedzi. Według płaskorzeźby T. Rivière'a.

V. Najważniejsze działy geologji stosowanej: Poszukiwanie źródeł i górnictwo.

Ze wszystkich skarbów, które kryje skorupa ziemska, nic tak od najdawniejszych czasów nie nęciło człowieka, jak woda i minerały użyteczne. Poszukiwanie i wynajdywanie wody w okolicach dżdżystych, posiadających grunt niezbyt dla niej przenikliwy, było w ogólności rzeczą łatwą, dla tego też poszukiwanie źródeł i wiercenie studzien nie było tu nigdy sprawą tak doniosłą, jak w okolicach uboższych w deszcze, lub też pozbawionych ich w pewnych porach roku, jak to się dzieje w ciepłych krajach Azji i Afryki, gdzie możliwość osiedlania się i komunikacji prawidłowej zależy często od wykrycia cieczy tak niezbędnej. Wyprzedzając znacznie teorję, zdołali już w czasach starożytnych Chińczycy i Egipcjanie dawni zdobyć sobie wodę z głębi przez wywiercenie studzien artezyjskich, które się im nasunęły skutkiem pomyślnych odkryć przypadkowych, a gdzie środka tego zastosować nie mogli, zbierali podczas wilgotnej pory roku wodę deszczową w cysterny, by z nadmiaru wody nagromadzonej korzystać w okresie suszy. Podobnież i w krajach południowo-europejskich w czasach starożytności klasycznej, jak i teraz jeszcze, cysterny, ocembrowane źródła i studnie miały ważne znaczenie, a rychło też większe miasta otrzymały wodociągi sztuczne, które im do pewnego stopnia zapewniły niezależność od studzien miejscowych.

Studnie.

W bardziej północnych okolicach Europy osady ludzkie prawie zawsze powstawały tam, gdzie w bliskiem sąsiedztwie znajdowały się źródła lub jakakolwiek inna woda, do picia przydatna; gdy wszakże w wiekach średnich większe miasta otoczono wałami, a zarazem ufortyfikowano liczne zamki i klasztory, by podczas częstych wojen i sporów mieszkańcom i obcym ochronę zapewnić, wtedy i w krajach tych wiercenie studzien stało się ważną sprawą, wszędzie też w miejscach takich starano się dotrzeć do poziomu wody zaskórnej przez wybijanie szybu lub wiercenie otworu świdrowego, by ztamtąd dobywać wodę za pośrednictwem pomp ssących, albo też w kubłach za pomocą windy lub dźwigni. W czasie późniejszym, gdy rozwinęły się stosunki bardziej pokojowe i w różnych okolicach chłopi dla łatwiejszej uprawy swych pól budować zaczęli zagrody rozproszone, okazała się znowu potrzeba wiercenia studzien, a wtedy zwracano się zwykle, jak i poprzednio w wiekach średnich, do zawodowych poszukiwaczy źródeł, których doświadczenie długoletnie zapewniało poniekąd powodzenie przedsięwzięciu. Nietylko w doświadczeniu tych ludzi pokładano zaufanie w wiekach średnich i długo jeszcze w czasach nowożytnych, ale nieraz silniejszą jeszcze wiarę przywiązywano do „różczki czarodziejskiej“, która mocą tajemniczych sił swoich świadomemu jej posiadaczowi siedlisko wody wskazywać miała. Wiara w cudowną siłę pewnych prętów rozpowszechniona była już silnie w starożytności, a jako najdawniejszy przykład tego rodzaju przytoczyć można laskę Mojżesza, gdy przy jej pomocy woda wytrysła ze skały pustynnej (str. 273). I później jeszcze wiara ta długo się utrzymywała. Nie może ulegać wątpliwości, że poszukiwacze źródeł, przejęci wiarą swych czasów i swego otoczenia w czary i cudy, nieraz o skuteczności swej różczki silnie byli przekonani, ponieważ zaś wskutek wielkiego doświadczenia swego rzeczywiście często wodę wykrywali, przeto i śród ludu wiara w ich umiejętność długo się utrzymywała, a w niektórych miejscach dotąd zapewne żyje jeszcze. Trudno było z wiarą tą walczyć, dopóki teorja panująca wodzie podziemnej przypisywała drogi tak cudowne, jak widzieliśmy wyżej, a dopiero odkąd poznano, że jedynie siła ciężkości i warunki geologiczne wodzie podziemnej drogę wskazują, otrzymano bezpieczną podstawę naukową, na której można się było oprzeć przy poszukiwaniu wody. Tem się tłomaczy ogromne powodzenie, jakie odniosła geologja praktyczna przez wywiercenie studzien artezyjskich w Afryce i Australji, oraz w innych częściach świata. Ale i w okolicach naszych, gdy idzie o ocenę widoków podjętego kopania studni, najdokładniejszych wskazówek udzielić może geolog, obeznany dobrze z zawodem swym i z miejscowością daną; nie może też żadnej ulegać wątpliwości, że dałoby się oszczędzić wiele wyłożonego nakładu, gdyby zawsze przed rozpoczęciem kopania lub wiercenia odwoływano się do rzeczoznawcy.

Różczka czarodziejska.

W krajach mało oświeconych uzyskanie takiego sądu jest często niemożebne, dla tego też postępuje się tam najczęściej wedle doświadczenia miejscowego. Jak np. dawni Mayowie już w pierwszem stuleciu po Chrystusie



Wytrysk źródła, laską Mojżesza wywołany.

Według obrazu Rafaela.

na bezwodnej wyżynie Yukatanu wybijali studnie, dopóki nie natrafiali na zbiorniki wody, tworzące się na nieprzemakalnych warstwach marglu, tak robią tam i teraz jeszcze, tyiko woda najczęściej nie wydobywa się już za pomocą kołowrotów ręką ludzką, ale pracą wołów lub mułów, albo też samodzielnym motorem powietrznym.

Znaczne ułatwienie w tych robotach dały w XIX wieku studnie rurowe, zwane zwykle abisyńskiemi, których rury wyrobione są z żelaza walcowanego i dają się łączyć przez ześrubowanie; rura dolna posiada ostrze stalowe, co umożliwia wbijanie nawet w grunt twardy; powyżej ostrza jest ta rura dolna przedziurawiona jak sito, woda więc do niej dostawać się może; przy głębszem zapuszczaniu przymocowuje się śrubami rura druga, a toż samo powtarza się dalej, dopóki nie dosięgnie się wody, która się dobywa za pomocą dośrubowanej pompy. Studnia taka jest nader pożądana, zwłaszcza przy większych podróżach po obszarach bezwodnych, albo też dla kolonistów.

Gdzie w krajach cywilizowanych badania geologiczne wykazały niemożebność lub niekorzystność kopania studzien, trzeba brakowi wody w inny zaradzić sposób, co przy udoskonalonych obecnie środkach technicznych najczęściej nie nastręcza szczególnych trudności. Tak np. rząd wirtemberski w sposób bardzo skuteczny zaopatrzył bezwodne wioski Albu szwabskiego w wyborną wodę do picia, sprowadza ją tam bowiem za pomocą potężnych pomp ze strumieni i rzek płynących w sąsiednich dolinach, a podobnie i w innych przypadkach opieka państwowa zdoła przynieść radę i pomoc, gdy nie wystarczają środki gmin oddzielnych.

Górnictwo.

Jak przy poszukiwaniu wody wiodło najpierw tylko doświadczenie bezpośrednie, następnie obok niego różczka czarodziejska, a wreszcie w najnowszych dopiero czasach wiedza geologiczna i postępowanie systematyczne, tak też podobna troistość metod prowadziła człowieka i w górnictwie różnych epok: w okresie narodów oświeconych starożytności, jak i obecnie u narodów na niskim stopniu kultury stojących, przewodnikiem jest doświadczenie; w wiekach średnich i w pierwszych stuleciach czasów nowożytnych, jako czynnik współdziałający, przybywa różczka czarodziejska, a w czasach najnowszych siła czarodziejska tego ostatniego czynnika zastąpiona zostaje badaniem ścisłem, systematycznem dochodzeniem geologicznem, które w ciągu ostatniego stulecia osiągnęło zdobycze zgoła nieoczekiwane, do czego przyłożyła się i pożądana pomoc innych nauk, zwłaszcza rozwijającej się szybko chemji i potężnie wzmagającej się fizyki, wraz z jej zastosowaniami w dziedzinie budownictwa machin.

Górnictwo ma na celu dobywanie z łona ziemi minerałów użytecznych, odstawę ich z kopalni i doprowadzenie do stanu dającego się zużytkować technicznie; ponieważ zaś w różnych czasach, przy rozmaitym rozwoju kultury, lub pod naciskiem zmiennych wymagań mody, niekiedy zgoła różne materjały mineralne wykopywano, stąd też górnictwo często znaczną chwiejność w zadaniach swych okazywało. Tak najdawniejsze pokolenia ludzkie,



Pompy starej kopalni.

Według „Dzieła o górnictwie“ Agricoli (1580).

które rud jeszcze nie znały, zajmowały się poszukiwaniem kamieni użytecznych, jak krzemienia, obsydjanu, jaspisu i t. p., by z nich oręż i inne sprzęty wyrabiać. Gdzie niektóre plemiona dotąd na niskim stopniu kultury pozostają, jest i teraz jeszcze dobywanie podobnych kamieni jedynym prawie celem nader pierwotnego ich górnictwa. Zresztą, i przy rozwiniętej silnie kulturze metale, a przedewszystkiem żelazo, nie we wszystkich przypadkach zastąpić zdołały kamień, który jako kamień młyński przy rozcieraniu zboża, kukurydzy i innych owoców ziarnistych dotąd na rozległych obszarach jest ręką ludzką w ruch wprawiany; ale i tam, gdzie wyrób mąki dokonywa się już drogą mechaniczną przy pomocy siły wiatru, wody lub pary, jak w dzisiejszych krajach ucywilizowanych, kamień nie stał się zbytecznym. Dla tego i dziś jeszcze bazalty, andezyty, porfiry i inne kamienie odpowiednie dotąd dobywane są sposobami górniczemi, chociaż najczęściej w kamieniołomach otwartych, i do użytku ludzkiego obrabiane. Pod pewnym nawet względem zużytkowanie materjału kamiennego, a stąd też techniczne jego dobywanie, wraz ze wzrostem kultury coraz się bardziej rozwijało, najrozmaitsze bowiem budowle, bruk i szosy, wreszcie i sztuka plastyczna coraz większych ilości materjałów kamiennych wymagają, a stąd też i wyzyskiwanie kamieniołomów coraz rozleglejszy ma rozwój. Nazwyczajono się gałęzi tej przemysłu nie zaliczać już do górnictwa w znaczeniu właściwem, tak blisko wszakże jest z niem spowinowacona, że należało jej tu choć niewiele słów poświęcić.

Przedmiotem górnictwa właściwego są węgle, sól, drogie kamienie, a przedewszystkiem rudy metaliczne. Do bezpośredniego użytku człowieka z wymienionych tu przedmiotów najważniejsza jest sól, która też stosunkowo najłatwiej dobywać się daje, a stąd już nader wcześnie otrzymywana była, najczęściej przez odparowanie wody solonośnej działaniem ognia lub pod wpływem promieni słonecznych, ale często też przez bezpośrednie wykopywanie soli kamiennej. Nie jest to zapewne przypadek tylko, że szczątki dawnych kopalń soli należą do najdawniejszych świadków starego górnictwa. Tak w górze Salzberg w pasmie Heideńskiem znaleziono pięć kopalń soli, schodzących pionowo w górze do znacznej głębokości, które zawierały liczne szczątki sprzętów roboczych i łuczywa służącego do oświetlania; sprzęty te dały dowód niewątpliwy, że kopalnie były obrabiane w okresie halsztackim, w przedhistorycznych zatem już czasach.

Nie tylko wykopywanie soli, ale także dobywanie rud miedzianych, cynowych i żelaznych, wyszukiwanie srebra, złota i niektórych kamieni drogich miało już miejsce w czasach przedhistorycznych, a u narodów starożytnych górnictwo było szeroko rozpowszechnione; Egipcjanie starożytni obrabiali kopalnie złota, srebra i miedzi już w trzeciem tysiącoleciu przed Chr. w Egipcie górnym, w Etjopji i na półwyspie Synajskim; w Indjach, następnie nad biegiem górnym Tygrysa i w Tybecie wcześnie istniały płóczkarnie złota, Asyryjczykowie posiadali kopalnie miedzi około 2 000 r. przed Chr. w Armenji, Czudowie zaś i inne plemiona azjatyckie

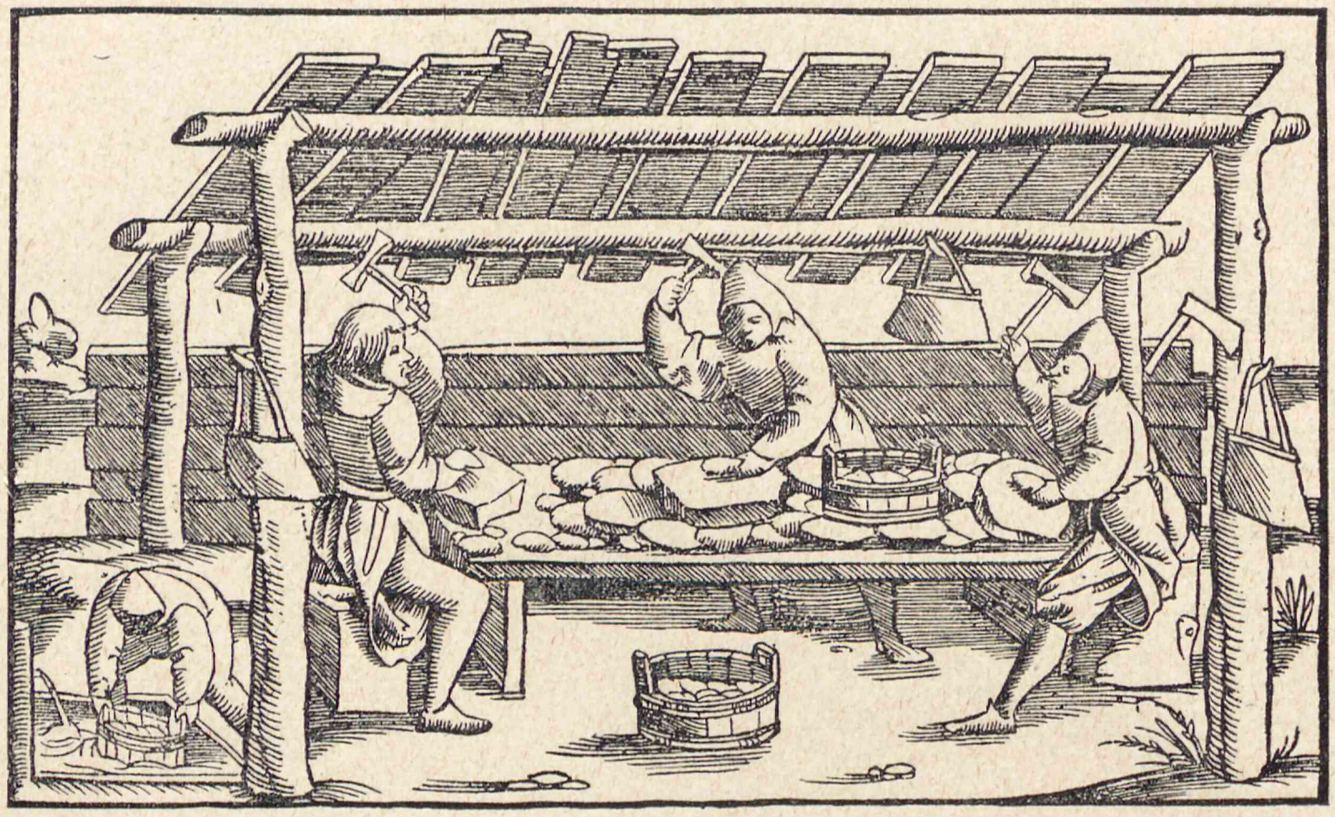


Wejście do starej kopalni.
Według Atanazego Kirchera (1665).

dobywali w pierwszem tysiącoleciu przed Chr. miedź i srebro na Ałtaju i na Uralu, gdy Chiny i Anglja w znacznych ilościach produkowały cynę. Fenicjanie zajmowali się górnictwem w Attyce, Azji Mniejszej, we Włoszech i Hiszpanji, i przekazali praktyczne swe wiadomości Grekom i Rzymianom, którzy kopalnie swe na wielką skalę pracą niewolników wyzyskiwali. Gdy najpierw złoto, srebro i miedź w większych ilościach otrzymywano, przybyło żelazo później dopiero, chociaż nierównie jest użyteczniejsze. Egipcjanie znali je już wprawdzie w czwartem tysiącoleciu przed Chr.

i umieli je obrabiać, a dawni Aryjczycy i Chińczycy stosowali je również bardzo wcześnie, ale łatwiejsze obrabianie miedzi i bronzu (stopu miedzi z cyną) tamowało długo rozwój górnictwa żelaza, które w krajach nad Nilem położonych dopiero w drugiem tysiącoleciu przed Chr. większy rozrost przybrało, a w Europie południowej później nawet, gdyż za czasów Homera żelazne oręże i sprzęty były jeszcze rzadkie, przeważały zaś bronzowe.

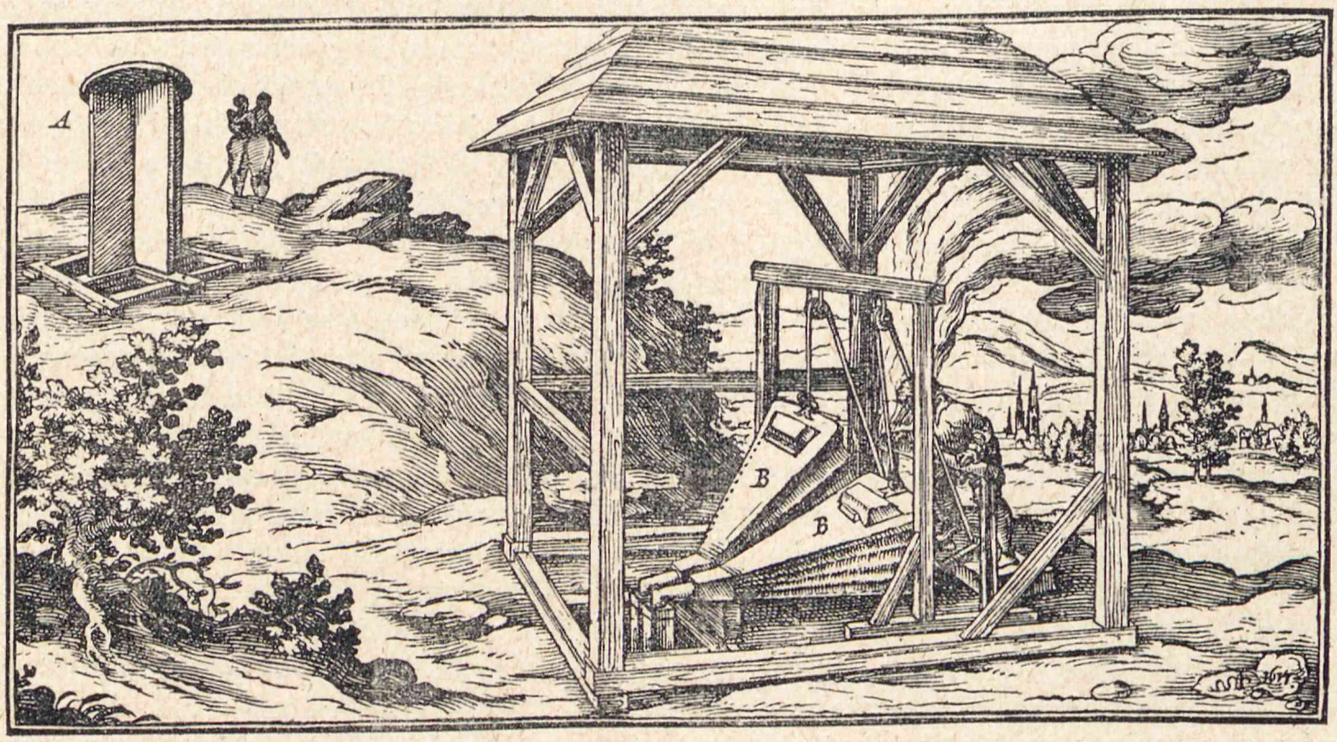
Co do sposobu prowadzenia górnictwa przez starożytnych posiadamy skąpe tylko wiadomości, jak przytoczone przez pisarza greckiego Agatharchidesa (około 300 r. przed Chr.); przeważnie jednak pełniejsze światło o sposobie dobywania i obrabiania (t. j. o hutnictwie) rud osiągnąć można jedynie



Obrabianie rud złota i srebra w XVI wieku.
Według S. Münstera „Cosmographia“ z 1550 r.

przez rozpatrywanie dawnych kopalń, oraz ich hałd i warpi, czyli kopców i wzgórz utworzonych z pozostałych po nich usypisk. Najczęściej korzystano tylko z rud rozłożonych blisko powierzchni ziemi, które można było dobywać w odkrywkach, albo też prowadzono sztolnie i szyby do niewielkiej głębokości w górach, w każdym jednak razie nie posuwano się poniżej dolin, tu bowiem przeszkadzałby robotom napływ wody. W ogólności też widoki korzystne przedstawiały jedynie rudy bardzo bogate, przy pierwotnych bowiem procesach hutniczych pozostawała często w żuzlach nader znaczna zawartość metali; tak np. niektóre usypiska żuzli, pozostałe po rzymskich kopalniach żelaznych, zawierają 54 — 56 odsetek żelaza, dla tego też, podobnie jak liczne pozostałości dawnych kopalń srebra i złota, po udoskonaleniu metod hutniczych okazały się korzystne do ponownego wyzyskiwania.

Z rozpadnięciem się państwa Rzymskiego upadło też górnictwo na rozległym jego obszarze prowadzone, a chociaż pewne doświadczenia i metody z praktyki rzymskiej przejść mogły do średniowiecznej, to jednak rozwój górnictwa zawdzięcza się głównie Słowianom, którzy w VI stuleciu dobywać zaczęli skarby mineralne w Czechach i Morawji, a przez czas pewien z tak przesadną gorliwością zajęciu się temu oddawali, że zaniedbali nawet uprawę roślin zbożowych; z tego powodu rząd czeski kilkakrotnie, mianowicie w r. 948 i 1158, postanowieniami prawodawczemi ograniczać musiał zajęcia górnicze, by uniknąć głodu. Z Czech przedostało się górnictwo w VIII wieku na Szląsk, następnie odkryto i zaczęto obrabiać rudy w Hesji, na Harzu, w Węgrzech, Saksonji, w okręgu Mansfeldskim, w Niderlandach, w Tyrolu i Krainie, a w początkach czasów nowo-



Szyb przewiewny w starej kopalni.
Według Löhneyssa (1690).

żytnych w przeważnej części krajów europejskich, posiadających bogactwa mineralne, zwłaszcza zaś w Niemczech, istniało dosyć wysoko rozwinięte i wielostronne górnictwo, które od XI wieku obejmowało już i dobywanie węgla kamiennego*). Im gorliwiej oddawano się górnictwu, tem bardziej okazywała się potrzeba coraz dalszego posuwania w głąb góry

*) I w innych dzielnicach dawnej Polski górnictwo podobnie wczesny jak i na Szląsku miało początek. Sumienny i gorliwy badacz śladów dawnego górnictwa polskiego, Kornel Kozłowski w rozprawie „O przemyśle górniczym w dawnej Polsce“ („Wszechświat“ z r. 1882 i 1887) tak o tem pisze: „Na podstawie lepiej znanych i więcej szczegółowych wzmianek historycznych, które też posłużyły za punkt wyjścia dla Łabęckiego, jedynego dotąd autora, usiłującego luźne przedtem wiadomości ująć w jakąś całość systematyczną, przywykliśmy historję górnictwa polskiego identyfikować z przeszłością salin wielickich i Olkusza, czyli że poza solą bocheńską i wielicką, poza kopalniami ołowiu i srebra w Olkuszu, nie wiemy

obrabianych pokładów, zkąd znów wypłynęła konieczność odwadniania kopalń, zapełniających się deszczem i wodą zaskórną. Z początku robiono to po prostu przez wyczerpywanie; ponieważ jednak tą drogą nie można było osiągnąć rezultatów dostatecznych, zaczęto wodę usuwać przy pomocy dziesiątków i setek robotników, którzy sobie nawzajem kubły podawali, albo też za pośrednictwem zwykłych pomp ssących; używano do tego przeważnie drzew wiśniowych, których pień służył za trzon, a grubsze gałęzie dawały rury odpływu. Pompy jednak takie posiadały słabą zaledwie siłę ssącą, to też przy głębokości szybu nieprzechodzącej 15 lub 16 metrów potrzeba było czterech pomp, a tem samem czterech ludzi do obsługi, by wodę usuwać, przyczem pompa najniżej umieszczona podnosiła wodę na wysokość pompy

---

o dawnem górnictwie naszem nic, albo prawie nic. A przecież i Wieliczka i Olkusz są to już ostatnie etapy owych dróg, któremi szedł niegdyś przemysł górniczy dawnej Polski, a których pierwsze punkty wychodne giną w prastarej przeszłości, wśród cieniów nieprzejrzanych, wśród zupełnego milczenia i nieświadomości. Ale już sama starożytność sięgająca tych czasów, które żadnych po sobie piśmiennych podań nie zostawiły, dlatego też w historji zowią się bajecznemi, całkiem usprawiedliwia tę naszą nieświadomość... Więc i o górnictwie naszem darmo szukać szczegółów do czasów onego pierwotnych się odnoszących... W żadnym zaś razie nie dają one odpowiedniego wyobrażenia o wysokości, do jakiej według wszelkiego prawdopodobieństwa, a mianowicie podług śladów dotąd w naturze pozostałych, górnictwo polskie dosięgło niegdyś przed wiekami.“ Taki brak wiadomości skłonił autora do poszukiwań w mlejscowościach, gdzie pewne skazówki pozwalały sądzić o istnieniu dawnych kopalń, a osiągnięte rezultaty upoważniły go do następnych wniosków: „Okazuje się. że jakbądź daleko sięgnąć w przeszłość, górnictwo to było zawsze prowadzone na bardzo poważną skalę, a jak wnosić należy ze śladów dotąd pozostałych, do podziwienia racjonalnie. Dobywanie ołowiu srebronośnego, wyszedłszy od czasów niepamiętnych ze Szląska, a jeżeli wierzyć podaniu od gór Tarnowskich, przez Bytoń w jednę stronę na Siewierz, Wojkowice, Ujejsce, Sławków i Bolesław, a z drugiej około Będzina przez Trzebinię, szło ciągle w kierunku szlaków (dotąd pozostałych), doprowadzających do najbogatszego ze wszystkich złoża pod Olkuszem. Można niebezzasadnie z tego wnosić o pilnem i umiejętnem przed wielu wiekami prowadzeniu poszukiwań górniczych, za śladem których, o ile odkrywano pola nowe, opuszczano dawniejsze mniej obfite, lub długą eksploatacją wyczerpane. Pochód ten nie zatrzymał się i nie utknął w połowie, ale przeszedł w całej długości część kraju uposażoną, oprócz innych ciał kopalnych, w ołów i srebro, a bulla papieża Inocentego II z roku 1136 (tycząca się posiadłości arcybiskupstwa gnieźnieńskiego) już bardzo, jak to widzieliśmy, odległą przeszłość naznacza dla jednego z etapów owej drogi, chociaż etap ten prawdopodobnie był nie pierwszym. Cały ten okres, jakkolwiek był ruchliwym i niezatarte dotąd ślady tej ruchliwości pozostawił, zaliczyć trzeba do czasów zupełnie niepamiętnych. Przecież i tak korzyść, jaką dziś z rozpatrzenia się w owej spuściźnie przedwiekowej, w nieprzeliczonem mnóstwie ping czyli zapadłych szybów odnosimy, jest niemała, albowiem ślady te rzucają bardzo szacowne światło na gospodarstwo i byt naszych praojców, służąc przytem, mimo wielce zmienionych okoliczności i warunków, niejako za wskazówkę nader zachęcającą dla naszej własnej przedsiębiorczości i przemysłu.“

Uwagi te tyczą się kopalń srebra i ołowiu, nie są to jednak najwcześniejsze ślady górnictwa w dawnej Polsce, poprzedziło je bowiem niewątpliwie dobywanie żelaza. „Kraj nasz — mówi tenże sam autor — i w ogóle cały obszar ziem wchodzących w skład dawnej Polski dziwnie zresztą sprzyjające ku przerabianiu żelaza posiadał warunki. Nie mówiąc o bogatych pokładach rud i innych ciał kopalnych, zalegających wnętrza ziem pomiędzy Wisłą, Pilicą, Wartą i Odrą, cała przestrzeń dawnej Polski i Litwy, a także i Rusi, stano-

drugiej, ta znów na wysokość trzeciej i t. d., aż wreszcie dosięgano powierzchni ziemi. W wyjątkowo tylko suchym gruncie dojść można było do znacznych głębi bez wszelkich urządzeń do odprowadzania wody, w ogólności jednak przekładano prowadzenie sztolni, sprzyjały bowiem odpływowi wody zaskórnej. Im dalej przedzierano się w głąb góry, tem bardziej nastręczały się inne potrzeby; nie szło już tylko o usuwanie nadmiaru wody, ale także o wydalanie zepsutego powietrza i gazów szkodliwych, oraz o wprowadzanie świeżego powietrza dla górników, a do takiego przewietrzania wystarczać wtedy od biedy musiały stosowne miechy. Nadto trzeba było obmyśleć środki i drogi odstawy na powierzchnię

---

wiąca olbrzymią płaszczyznę, pełną niegdyś miejsc niskich, bagien i trzęsawisk, obfituje prawie wszędzie w tak zwane rudawizny i żeleźniak świeżego utworu, będący rudą łąkową, wprawdzie mało spójną, gąbczastą, zanieczyszczoną piaskiem, gliną, istotami organicznemi, których kwas fosforny udziela złych własności wyrobionemu z niej żelazu, ale której wydobycie i użytkowanie nie przedstawiało żadnych trudności, przy tem nieoszacowanem udogodnieniu, że się znajdowała w większych lub mniejszych ilościach, ale pod ręką, prawie wszędzie... Wprawdzie gdzieindziej, w starożytnej Helladzie i Italji, wiek żelaza poprzedzony był przez wiek bronzu, hutnictwo więc i przeróbka metali były tam nawet daleko posunięte w czasie, kiedy nadeszła kolej na żelazo. Ale w Słowiańszczyźnie, a mianowicie u nas, mało jest prawdopodobieństwa, ażeby rzeczy te poszły torem tamtemu odpowiednim. Bo najpierw natura uposażyła ziemie nasze przedewszystkiem w żelazo, a następnie wydobywane dziś tak liczne szczątki i różne narzędzia z grobowców staropogańskich stanowią dowody, w obec których wszelkie rozumowania i hypotezy muszą upaść, a z tych widzimy, że ojcowie nasi posługiwali się przedewszystkiem żelazem, że jeżeli był wiek inny, poprzedzający użycie tego metalu, to tylko mógł być wiek kamienia, w którym przeważne miejsce należy się krzemieniowi... Z tego wszystkiego okazuje się, że przemysł żelazny, będąc u nas najbardziej rozpowszechnionym, jest także jednym z najdawniejszych, i że wbrew opinji wielu pisarzów naszych powstawanie u nas fabryk żelaznych czyli kuźnic znacznie poza wiek XIII cofnąć trzeba. Przyczem, mając na względzie dowody historyczne, a także sięgając poza takowe, powiemy i to, co się nam wydaje zupełnie naturalnem, że przy tak rozpowszechnionem i ruchliwem górnictwie naszem w czasach, o jakich pierwsze dochodzą nas piśmienne podania, trudno jest nawet wyobrazić sobie, w jakiby sposób górnicy tamtocześni, pracujący w kopalniach soli lub ołowiu, mogli obchodzić się bez narzędzi, których przecież nie sprowadzano zkądinąd, a wiemy, że obok rydla perlik i żelazo, czyli raczej kilof żelazny, są narzędziami, bez których górnik w żaden sposób nie może się zapuszczać do podziemi. Jeżeli zaś umiano zrobić kilof, nie wiem, dlaczegoby nie robiono i innych potrzebnych sprzętów i narzędzi, jak zresztą mamy tego dowody oczywiste w wielkiem mnóstwie narzędzi, dobywanych ze starych mogił i grobowców, sięgających co najmniej dziesięciu a nawet piętnastu wieków w tył. Taką to odległą przeszłość, o ile wiemy, ma nasz przemysł żelazny, nasze kopalnie rudy i kuźnice."

Z tak dawnych początków wyrosłe górnictwo polskie w rozwoju swoim nie utrzymało ciągłości statecznej, ale często dzieliło ogólne losy kraju. Po rozkwicie, jaki osiągnęło w wieku XV i XVI, chyli się ku szybkiemu upadkowi, z którego dopiero w wieku XIX rozbudziło się do nowego rozrostu. Jedynie tylko kopalnie soli w Wieliczce, o których pierwsza wzmianka piśmienna pochodzi z 1105 r., pomimo klęsk, jakim niejednokrotnie ulegały, łączą nicią nieprzerwaną czasy dawno ubiegłe z dzisiejszemi, budząc podziw dla ogromu pracy, jaki się wybija w opróżnionych jej, zdumiewających podziemiach. Załączony rysunek ukazuje nam świetny stan kopalni w początku XVIII wieku.

Przyp. tłom.



Wnętrze kopalni soli w Wieliczce, w dawnej Polsce, na początku XYIII wieku.

Według współczesnego miedziorytu I. E. Nilsona.

ziemi wykopanej rudy lub węgla, co w sztolniach działo się za pomocą wózków na kółkach, w szybach zaś za pośrednictwem kołowrotów, wprawianych w obrót siłą ludzi, koni lub wody. Schodzenie górników, które w szybach dokonywało się po zwykłych drabinach (str. 277), po schodach, lub ślizgającemi się wózkami, wymagało teraz większej baczności, a orjentowanie się pod ziemią stało się niezbędnem już ze względów prawnych; przydatnym do tego celu przyrządem okazał się kompas, wynaleziony około 1200 r., po udoskonaleniu, jakie mu w 1300 r. nadał Flavio Gioja, gdy go górnicy w odpowiedni sposób do celów swoich przystosowali. Jerzy Agricola w swojej „Książce o górnictwie“, która w połowie XVI w. ukazała się w języku łacińskim, a w przekładzie niemieckim Becha 1580 r. stała się dla szerszych kół dostępna, kompas górniczy opisuje w słowach następnych: „Górnicy dzielą każdą część świata (t. j. każdą ćwiartkę okręgu) na sześć części, a w ten sposób robią dwadzieścia cztery części świata, które oznaczają dwukrotnie dwunastu liczbami, a taki podział świata nazywa się u nich kompasem górniczym.“ Podział ten kompasu na 24 „horae“ utrzymał się u górników do czasów teraźniejszych, gdy kompas geologiczny dzieli się na 360 stopni. Narzędzia górników składały się poprostu z młotka i dłótka, a przytem jeszcze z kilofa, łopaty i drąga żelaznego; twarde kamienie rozgrzewano w ogniu i polewano następnie zimną wodą, skutkiem czego rozpadały się na części. Obudowa kopalni była wyłącznie z drzewa; do przygotowywania rud czyli do oddzielania ich od otaczającej, pustej skały, używane były w Niemczech do 1500 r. jeszcze moździerze i sita; procesy hutnicze były nader pierwotne, a w XIV wieku dopiero zaczęto stosować rtęć do tak zwanej amalgamacji rud złota.

W początku wieku XVI, gdy odkryte właśnie kraje Ameryki zaczęły obfite swe złoto i srebro do starej Europy przesyłać i wywołały tem obniżenie się wartości metali drogich, górnictwo znaglone zostało do żywszego postępu, a wtedy wprowadzono rozdrabnianie rud drogą mokrą (1507) zamiast poprzedniego suchego ich przygotowywania, wprowadzono i udoskonalono windy poruszane końmi, oraz ulepszono niektóre metody hutnicze; jako istotne postępy górnictwa wymienić nadto należy: murowaną obudowę sztolni, zastosowaną najpierw w połowie XVI wieku, a rozpowszechnioną w końcu tegoż stulecia z powodu coraz dotkliwszego braku drzewa w obwodach górniczych, dalej windy wodne (1556) i miechy (1551). W ten sposób górnictwo niemieckie osiągnęło znaczny rozkwit w XVI wieku, cieszyć się też można, że z tej właśnie epoki pochodzące, wyborne dzieło Agricoli o górnictwie (1550) daje jasny obraz wszelkich gałęzi tego przemysłu, zarówno w słowach jak i w rysunkach. W podobny sposób później G. E. Löhneyss, naczelnik górnictwa w Brunświku, w swem „Sprawozdaniu o górnictwie“ (1617) zestawił całą umiejętność swych czasów.

Przy poszukiwaniu rud za przewodnika służyć musiało długoletnie doświadczanie górników. W istocie też korzystali oni z każdego uderzającego zabarwienia gruntu lub wody, a skoro raz wykryto żyłę pożądaną,

śledzono ją dalej z wielką biegłością. Wskutek tego posiadano rozległą znajomość żył i bogate ich słownictwo. Agricola w trzeciej swej księdze wyróżnia żyły w głąb zapadające od żył leżących, a przypadającą między niemi część góry nazywa górą klinową; mówi, co znaczy rozległość żyły czyli piętro, wyjaśnia, jak się rozpoznaje kierunek i pochylenie żył, opisuje rozdział żył i ich ponowne łączenie się, przytacza, jak mniejsze żyły, przebijające się przez żyły główne, są przez nie na krótkiej przestrzeni wleczone, zanim odzyskują dalej kierunek swój poprzedni i t. p.

Tak dokładna znajomość żył i ich przebiegu była niezmiernego znaczenia przy poszukiwaniu rud lub pokładów soli i węgla. Nie zadawalniano się wszakże taką znajomością, ale przywiązywano też wiarę do różczki czarodziejskiej (virgula mercurialis, virgula divina), która miała wskazywać i utajone, oku niedostępne żyły; stosowano ją też często, począwszy od XII wieku. Agricola różczkę taką opisuje w sposób następujący: „Pomiędzy tymi, co korzyści różczki czarodziejskiej wysławiają i należyty jej użytek rozumieją, są niektórzy, co ścinają gałązkę rozwidloną leszczyny, sądząc, że może ona służyć do poszukiwania wszelkich metali, zwłaszcza, gdy rosła nad żyłą, inni wszakże przyjmują, że każdy metal wymaga gałązki z drzewa sobie właściwego; dla żył srebra ma być przydatna rózga leszczyny, dla miedzi jesionowa, dla ołowiu, a zwłaszcza dla cyny sosnowa, dla złota żelazna lub stalowa. Skoro rozwidloną taką gałązkę posiadają, ujmują ją w obie ręce i rozsuwają oba jej rogi, przyczem jednak palce obu rąk dotykać się winny; wtedy, z oczyma ku niebu zwróconemi, kręcą się po górze tu i owdzie, a skoro nogę nad żyłą stawiają, mówią, że różczka czarodziejska obraca się i żyłę im wskazuje, gdy zaś usuną się



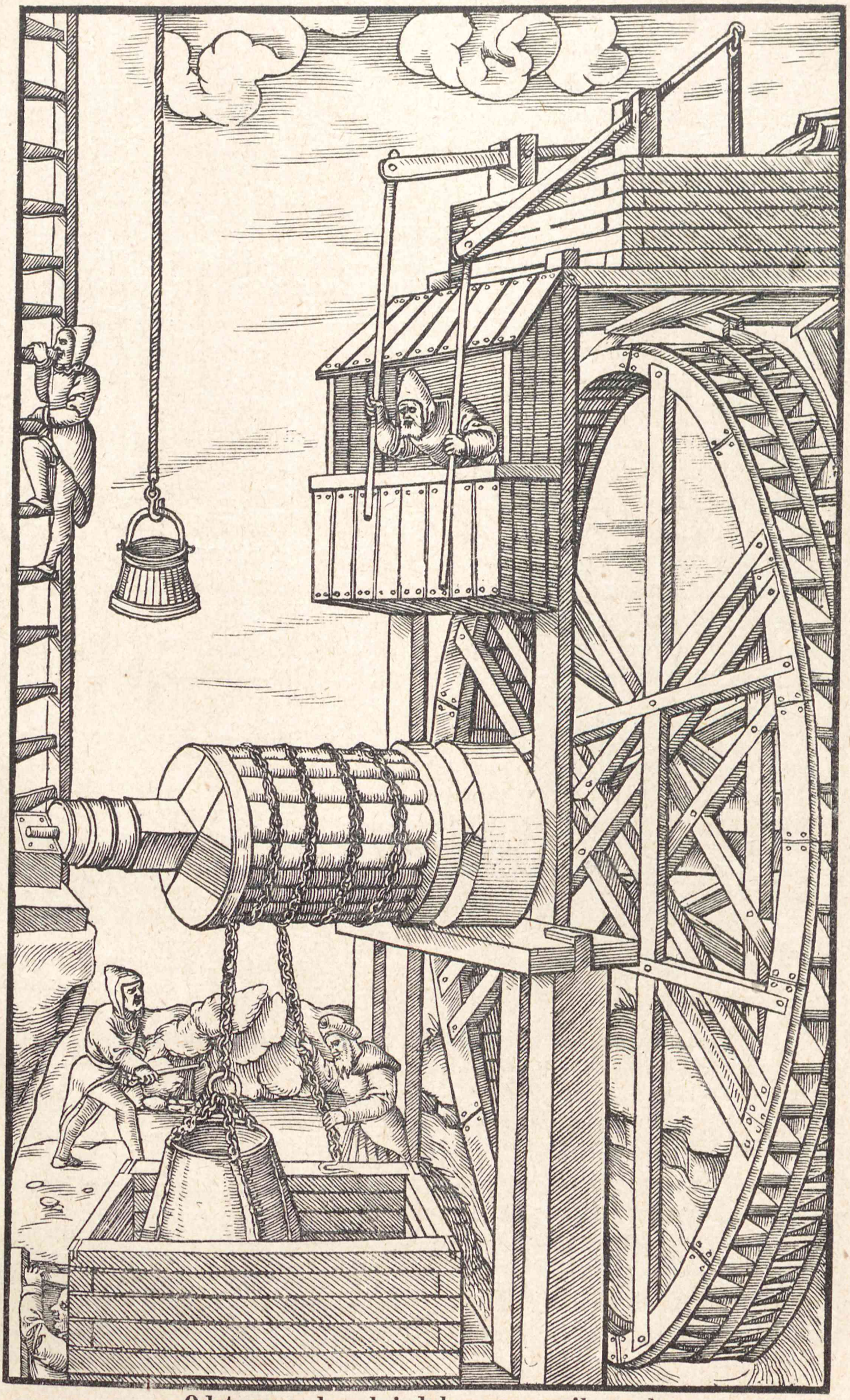
Prace w kopalni i stosowanie różczki czarodziejskiej w XVI wieku.

Według „Dzieła o górnictwie“ G. Agricoli z 1580 roku.

od żyły, ma się różczka znów odchylać. Jak mówią, przyczyną tego obrotu ma być siła żył metalicznych, która niekiedy jest tak potężna, że drzewa w pobliżu żył wyrastające ku nim się pochylają. Inni, mówią, że różczka czarodziejska nie służy tym, którzy chcą jej pobożnie i poczciwie używać, ale tym tylko, co ją podstępnie i umyślnie wyginają.“ Agricola sam przeto niewiele o różczce czarodziejskiej trzymał, lecz jako prawy syn swoich czasów wierzył, że astrologja dawać może pomoc przy oznaczaniu dokładnego kierunku żył metalicznych.

Dobitniej jeszcze, aniżeli Agricola, oświadczył się przeciwko różczce czarodziejskiej w sto lat później Atanazy Kircher: „Różczka czarodziejska jestto rozwidlona gałązka rozmaitych drzew, zależnie od rodzaju poszukiwanych metali. Większość ludzi zabobonnych sądzi, że powodzenie osiągnąć można w tym tylko razie, gdy rózga ścięta została w niedzielę wielkanocną lub w dzień przesilenia słonecznego, albo też, jeżeli drzewo wyrosło nad żyłą; podobnież robota ma być bezskuteczna, gdy poszukujący nie urodził się w niedzielę. Niektórzy do poszukiwania różnych metali stosują rozmaite rózgi: gałązka leszczyny ma być odpowiednia dla srebra, jesionowa dla miedzi, sosnowa dla ołowiu, łodyga marzanny dla żelaza i t. d. Niektórzy używają też zwierciadeł magicznych wraz ze śpiewami czarodziejskiemi przy odkrywaniu żył metalicznych. Niepodobna jednak dostrzedz przyczyny, zkąd podobna rózga rozwidlona, za każdy róg silnie trzymana, nawet przy usunięciu wszelkiego paktu z czarami, miałaby otrzymywać od par metalicznych taką siłę, by ku dołowi pociągana była. W każdym razie mnie zawsze nadzieja zawodziła, gdy robiłem z nią próbę nad przedmiotami metalowemi ze złota i srebra; dostrzegłem też bardzo dobrze, że to jest widoczne złudzenie, nie złego ducha, ale trzymającego rózgę, gdy potęgą wyobraźni pochwycony, sądzi, że rózga sama przez się ku metalowi się pochyla, gdy to on sam niebacznie ją wykręca“.

Lepiej wyjaśnił to zjawisko Zeidler w 1700 r.; według niego różczka czarodziejska posuwa się wtedy, gdy trzymającemu ją wydaje się, że żyłę wykrył, ma tu więc miejsce niezamierzone łudzenie samego siebie. Jeżeli nieraz sławiono wielkie powodzenie różczki czarodziejskiej, dziać się to mogło, gdy znajdowała się w rękach ludzi doświadczonych, którzy z pewnych oznak o istnieniu żył wnosili. W każdym razie poszukiwaczy metali za pomocą różczki czarodziejskiej nie należy wyobrażać sobie w ogólności jako oszustów, ale niewątpliwie byli to po części ludzie, którzy o znaczeniu swego zawodu i swego narzędzia nader wysokie mieli wyobrażenie, a na wierne spełnianie swego powołania urzędowo składali przysięgę. W początkach jeszcze XVIII w. przyznawano różczce czarodziejskiej pierwszeństwo przed sztuką mierniczą, przed matematycznem i geodetycznem zdejmowaniem planów kopalni, ale już w połowie tego wieku stawiana była poza umiejętnością mierników, a w końcu tego stulecia zupełnie wreszcie usuniętą została. Że to się stać mogło, przypisać to zapewne w znacznej części należy akademjom górniczym, założonym w XVIII w. (we Freibergu



Odstawa w kopalni dokonywana siłą wody.

Według dzieła Agricoli z 1580 r.

1765 roku, w Chemnicach 1770, w Petersburgu 1783 i w Paryżu 1790), które śród górników zbudziły ducha naukowego i nowe metody rozpowszechniły; główna jednak przyczyna wypłynęła z ruchu postępowego, który w XVIII wieku porwał szerokie koła społeczeństwa i wyraził się najpierw w gorliwem uprzątaniu pozostałych jeszcze szczątków pojęć średniowiecznych. Przesądy górnicze, które wszędzie wietrzyły skarbników i gnomów, przypisując im wszelkie nieszczęścia w kopalniach, bynajmniej nie wygasły jeszcze zupełnie, a jeżeli Agricola 1550 r. pisał: „możecie drwić jak chcecie, ale naszych skarbników z przekonań naszych mędrkowaniem usunąć nie zdołacie“, to wyraził tem pogląd, który zapewne i dziś jeszcze bardzo wielu górników podziela. *) Taka pozostałość mniemań średniowiecznych stała się wyłącznie sprawą osobistą jednostek, w prowadzeniu bowiem kopalń zyskał obywatelstwo jedynie system nowoczesny zupełnie; jeżeli poprzednio budowano na przypadku lub na siłach czarodziejskich, to zaczęto teraz postępować prawidłowo i oparto się na podstawie badań naukowych; jeszcze w 1673 r. przypisywano zaczarowaniu, gdy przy wytapianiu rudy nic się z niej nie dobywało, rychło wszakże utrwaliło się przekonanie, że właśnie przy procesie topienia w takim razie pewien błąd popełnić musiano; zaczęto łożyć większą staranność przy wykonywaniu procesów hutniczych, zastosowano metody nowe, skorzystano ze zdobyczy chemji, a tą drogą zdołano wkrótce z rud daleko większą wyciągnąć korzyść, aniżeli to przedtem było możliwe; gdy w wiekach średnich nieraz

---

*) Jak silnie jeszcze w pamięci naszego ludu górniczego przechowały się legendy o duchach górskich, świadczy opowiadanie K. Kozłowskiego w przytoczonej wyżej rozprawie:

„Towarzyszący mi przy oglądaniu zrobów pod Siewierzem mieszczanin, z zawodu garncarz, upatrujący w tych zgliszczach błyszczu do garnków na polewę, czyli, jak mówił, na szkliwo, nic o przeszłości tych zrobów nie umiał mi opowiedzieć. Podania wszelkie już zamilkły, chociaż pamięć o skarbach podziemnych zawsze się tu jeszcze wśród ludzi miejscowych utrzymuje.

— Albo i to, niech ino pan posłuchają: Jednego ranka pokazał się skarbnik—ubrany był jak górnik, oni wiedzą?

Skinąłem głową, że wiem; znaczyło to, że się pokazał duch, w którego wierzą święcie górnicy w podziemiach pracujący; pod jego pieczą zostawać mają skarby we wnętrzu gór znajdujące się.

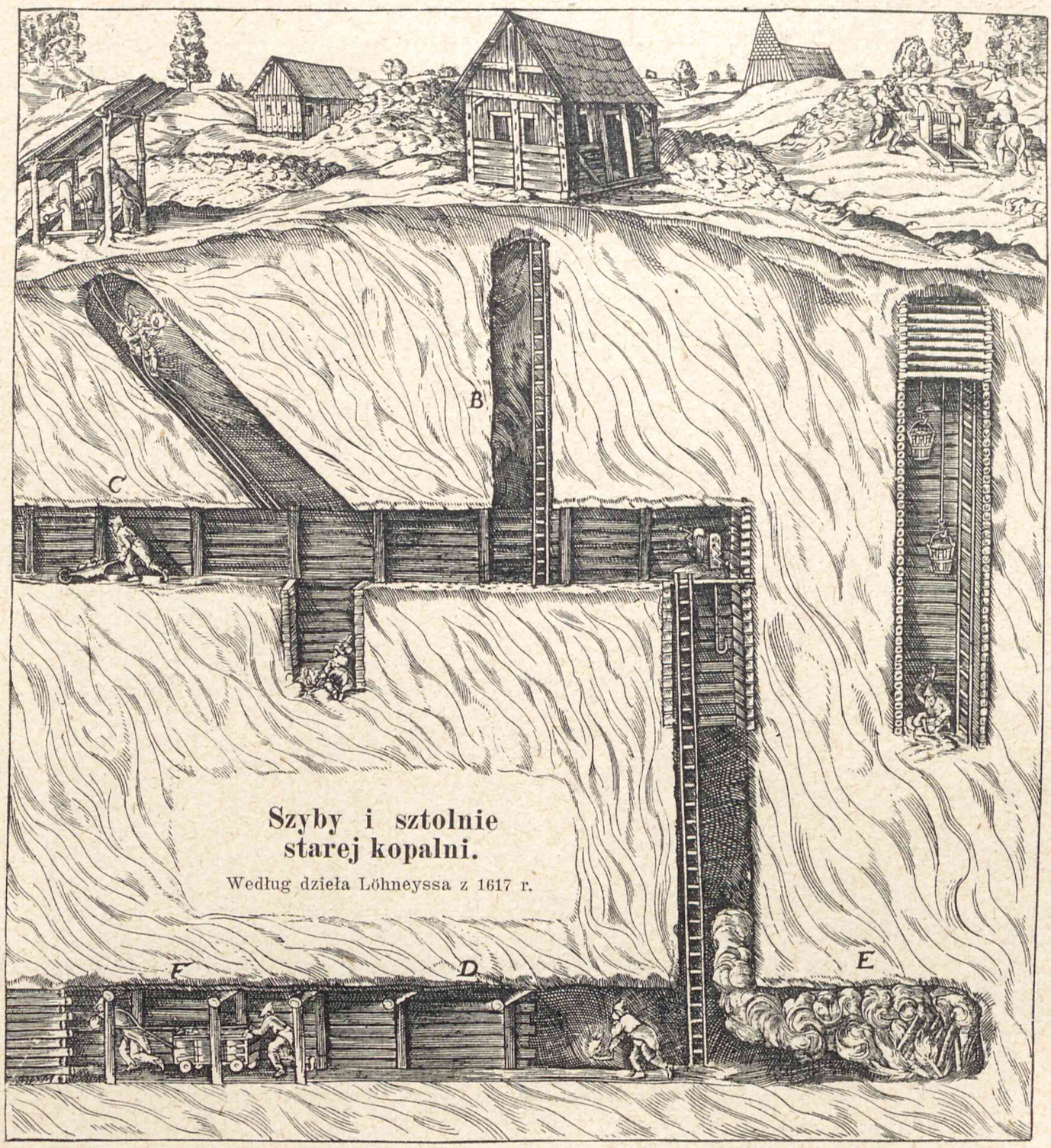
— On skarbnik, oglądając się za ludźmi, którzy go śledzili, szedł ku tamtej stronie i, pokazawszy ręką ot tam, zniknął, Więc ktoby hajnok (tam, w tamtej stronie) szukał skarbu, pewnikiem znajdzie.

Tak opowiadał mój przewodnik, być może, potomek owych niegdyś srebro tu kopiących górników. Podejrzewając, że jestem może jakim kapitalistą, który tu przyjechał otwierać góry, rzekł:

— Niech pan tu przyjeżdżają, ja wszystko wiem, wszystko pokażę,—może Pan Bóg poszczęści, i swoiby przytem zarobili.

Niestety, skarbnik, którego biedak ten niby widział, ów duch starej przeszłości, darmo tu błądzi i ludziom wierzącym w niego jeszcze się pokazuje. Za śladem jego nikt się już nie pokwapi, bo nikt ze swoich nie pyta dzisiaj o skarby naszych gór.“ (Wszechświat z r. 1887, str. 312).

Przyp. tłom.



Szyby i sztolnie starej kopalni.

Według dzieła Löhneyssa z 1617 r.

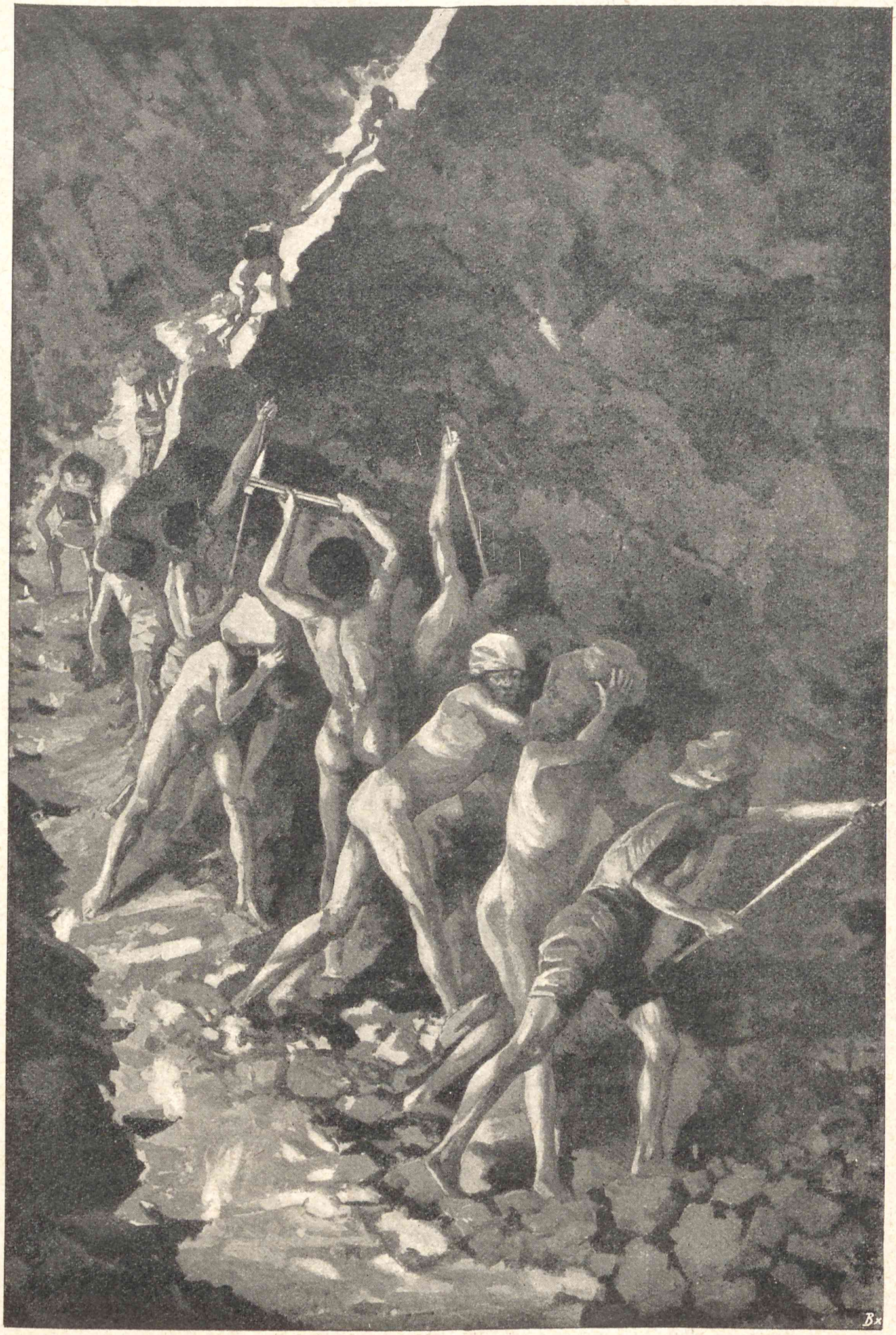
zawartość $3^3/_4$ a nawet 4 grzywien srebra w cetnarze rudy uważano za rzecz konieczną, by mogła się opłacać odbudowa danej żyły, to reskrypt saski z 1713 r. zalicza 4-łutową już rudę srebrną do rud bogatych, co stało się skutkiem ulepszenia i obniżenia kosztów metod produkcji. Opłaciła się przeto nowa przeróbka nietylko dawnych odpadków hutniczych, ale i podsadzek, t. j. okruchów skalnych, któremi zapełniano odbudowane czyli wyczerpane sztolnie, by powstrzymać zawalenie się kopalni. Olbrzymie postępy chemji w ciągu XIX wieku zastosowano natychmiast umiejętnie do ulepszenia metod dobywania metali; zaczęto obrabiać coraz nowe pokłady rud, których odbudowa poprzednio się nie opłacała, a w ten sposób coraz szerszy rozrost nadano górnictwu; w tym samym kierunku oddziałało również zbadanie krajów dotąd słabo znanych, gdzie odkrywano coraz nowe pokłady

rud, soli i węgla, podobnie jak zdumiewające postępy techniki, która do usług człowieka przydatnemi uczyniła różne metale i ziemie, poprzednio mało cenione lub zgoła za bezużyteczne uważane; niemniejszy też wpływ wywarł potężny, niesłychany rozwój środków komunikacji, który dopiero licznym kopalniom należytą łączność ze światem zewnętrznym zapewnił. Wskutek coraz szerszego rozpościerania się górnictwa ilość dobywanych rocznie rud, oraz soli i węgla, w ciągu XIX wieku wzmogła się niesłychanie. Jednakże w pierwszych stuleciach czasów nowożytnych trwało to nieraz długo, zanim zdołano stare przesądy przemódz i nowym zmianom wstęp zapewnić. Tak wiercenie i strzelanie (rozsadzanie za pomocą prochu strzelniczego) wprowadzono we Freibergu dopiero 1613, a na Harzu 1632 r.,



Otrzymywanie soli za pomocą pługa solnego w Salton (Kalifornja).
Według fotografji.

chociaż proch znany był już oddawna; podobnież węgle kamienne i torf dopiero w XVI wieku gdzieniegdzie stosować zaczęto do topienia zamiast drogich i z coraz większą trudnością dostawianych węgli drzewnych. Koksownie węgla, wynalezione w 1640 r. przez Daniela Stumpfelta, długo nie znajdowało zastosowania, gdy obecnie w wielkich piecach koks zużywa się w znacznych ilościach. Podobnież wynaleziona przez Saverego i Newcomena machina parowa długo pozostawała bez użytku i dopiero po jej udoskonaleniu przez Watta 1774 r. zyskała powszechne w górnictwie zastosowanie. Urządzenia służące do przewietrzania i odprowadzania wody uległy zupełnym przeinaczeniom, podobnie jak odstawa wydobytych materjałów, najpierw przez wprowadzanie szyn żelaznych w angielskich kopalniach węgla 1738, a następnie stalowych od 1834 r., przez zastąpienie siły ludzkiej



Kopalnia siarki w Sycylji.

Według rysunku

siłą koni lub machin i t. d. W r. 1795 wprowadził Barnes nieprzemakalną obudowę kopalń za pomocą walców odlewanych z żelaza w jednej sztuce, w 1850 r. podał Kind metodę wiercenia szybów za pomocą siły pary, inne zaś sposoby wiercenia zostały ulepszone. Nauczono się bić szyby w skałach wodą przejętych, dawne narzędzia górników zastąpiono stalowemi, a ztąd podniesiono ich siłę roboczą; przez lepszą organizację pracy osiągnięto znaczną oszczędność, udoskonalono zjazd do kopalń (kołyszące się pręty, wynalezione przez Dörella 1833, zastosowanie klatek linami pociąganych), za pośrednictwem lamp bezpieczeństwa (od 1815) dano górnikom ochronę przeciw gazom piorunującym, wprowadzono dla nich przyrządy ratunkowe (1824) i t. d., jednem słowem, doprowadzono w biegu czasu górnictwo do wysokiego bardzo rozkwitu. Pomimo to, oczywiście, w krajach mało rozwiniętych i teraz jeszcze znaczna liczba kopalń urządzona jest w sposób nader pierwotny, a ktokolwiek zapuszczał się do nieprzewietrzanych kopalń siarki w Sycylji (ob. rys. str. 291), albo do niebezpiecznych łamów pumeksu na wyspach Liparyjskich, przyznać musi, że i w Europie nawet, w niektórych miejscach, górnictwo na bardzo niskim pozostaje stopniu.

Jeżeli więc pragniemy teraz w krótkich słowach skreślić obraz górnictwa, jak obecnie jest prowadzone, to dostrzeżemy rysy bardzo różnorodne. Gdzie węgle lub rudy bezpośrednio na powierzchni ziemi leżą, dobywane są w kopalniach otwartych czyli w odkrywkach, a podobnież nie potrzeba szczególnych robót przygotowawczych i w niektórych innych przypadkach, jak np., gdy korzystać mamy ze źródeł słonych, przez proste bowiem odparowanie solanki otrzymać możemy sól. I tu jednakże obok metod pierwotnych, przez narody nieoświecone używanych, a polegających na odparowaniu wody działaniem promieni słonecznych lub ognia, napotykamy sposoby znacznie ulepszone, przy których solanka, stężona za pomocą tężni (a zatem przez ulatnianie) lub przez podgrzanie, wydaje w płytkich panwiach lub parowalniach wielkie ilości warzonki w czasie jak najkrótszym. Saliny morskie polegają wszędzie na ulatnianiu wody pod wpływem ciepła słonecznego i składają się z systemu płaskich, odgraniczonych basenów, które dla wielkiej swej powierzchni ulatnianie przyspieszają (ob. rys. str. 290).

Jak przy otrzymywaniu soli z naturalnych jej roztworów nie potrzeba przedzierać się do głębi skorupy ziemskiej, tak też ma to miejsce i przy odwiecznej metodzie wypłókiwania złota, które polega na oddzielaniu ziarnek i listków złota, rozproszonych w piasku rzecznym lub w pokładach napływowych. Często oddzielanie takie dokonywa się przez wymywanie i odpławianie w panwiach lub miskach, przyczem usuwane są cząstki lżejsze, a ostatecznie pozostaje tylko ciężkie złoto; w złotodajnych obszarach Ameryki często widzieć można płóczkarzy złota, uzbrojonych jedynie w miskę, nóż do wycinania krzewów, strzelbę, kołdrę wełnianą i szczupły zapas pożywienia, wędrujących po dalekich okolicach, gdzie pędzą twardy



Hydrauliczna płóczkarnia złota w Kalifornji.
Według „Le tour du monde“ z 1862 r.

i dziki żywot, by ciężką pracą nędzny sobie byt zapewnić, złudną najczęściej nadzieją przejęci, że któregokolwiek dnia obfite złoża i ogromne bogactwa zdobędą. Nad złotonośnemi rzekami Ameryki południowej pospolicie też i biedne kobiety, w godzinach od pracy wolnych, w swych drewnianych talerzach (bateas) odpławiają złoto, by tą drogą nieco gotowego grosza zarobić. Przy takiej robocie narzędzia są wprawdzie lekkie i tanie, ale z drugiej strony i zysk jest dosyć słaby, a strata złota bardzo znaczna, dla tego też obmyślono różne udoskonalenia, jak kołyski,

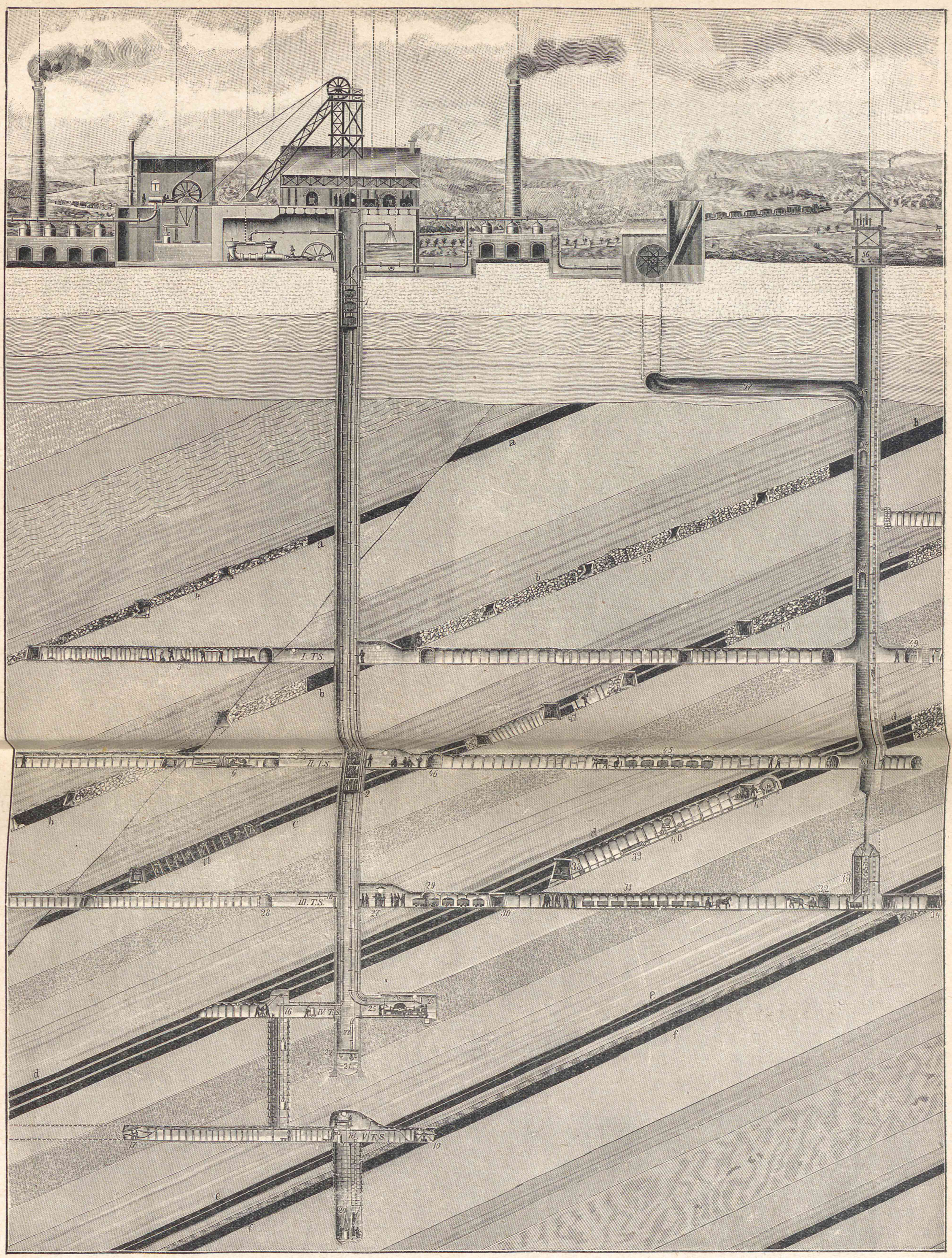
Piaski napływowe.

Pokłady jałowe.

Formacja węglowa.

Pokłady węglonosne.

52.



a, b, c, d, e, f, pokłady węgla kamiennego.
1 Klatka z wózkami węgla, z szybu wyciągana.
2. Zjazd górników w klatce.
3. Naprawa uszkodzonego ocembrowania chodnika.
4. Chodnik opróżniony i zapełniony posadzką. *)
5. Rury blaszane, doprowadzające świeże powietrze.
6. Cieśle obrabiający drzewo do ocembrowania kopalni.
7. Kotły parowe I.
8. Motor do poruszania klatek z odstawą węgla.
9. Machina do zgęszczania powietrza.
10. Rury prowadzące powietrze zgęszczone.
11. Górnicy „w przodku“, t j. dobywający węgiel z warstwy w kierunku poziomym.
12. Lina drutowa do pociągania klatki.
13. Rusztowanie podtrzymujące koło do liny 12.

*) Posadzką nazywają się gruzy używane do zapełniania pustych przestrzeni, po wydobyciu węgla pozostałych.

14. Szyb wyciągowy.
15. Budynek nadszybowy.
16. Ślepy szyb pomocniczy, służący do dalszego wybijania szybu głównego.
17, 19. Posuwanie piętra V za pomocą machin wiertniczych, wprawianych w ruch powietrzem zgęszczonem.
18. Robotnicy przy kołowrocie, wyciągający w kubłach materjał, wykopany przez górników 20.
20. Górnicy wybijający szyb.
21. Zbiornik wody napływającej (czerpak).
22. Łącznik lin, na których przesuwają się klatki 1 i 2.
23. Rura ssąca do usuwania wody z czerpaka 21.
24. Machiny usuwające wodę.
25, 26. Rury doprowadzające parę do wprawiania w ruch machin 24
27. Górnicy przygotowani do wyjazdu.
28. Kręty chodnik czyli galerja kołowa, łącząca chodniki, które mają ujście do szybu.
29. Wózki zapełnione węglem, do odstawy przygotowane.
30 Chodnik ocembrowany, w którym prowadzi się odbudowa.
31. Próżne wózki i górnicy, którzy świeżo do kopalni zjechali.
32. Chodnik z eliptyczną obudową żelazną
33 Wybijanie szybu w górę celem połączenia warstw e i f z szybem przewiewnym
34. Chodnik z ocembrowaniem złożonem z odrzwi, czyli z krokwi bocznych i górnych.
35. Zbiornik wody.
36. Kotły parowe II.
37. Wentylator
38 Odstawa mechaniczna w pochylni.
39. Przeciwwaga przesuwająca się w pochylni.
40. Platforma z naładowanemi wózkami węgla
41. Bęben, przez który przechodzi lina do przesuwania wózków w pochylni.
42. Otwór świdrowy czyli wiertniczy.
43. Ujście chodnika przewiewnego do szybu.
44. Podsadzka *)
45. Pociąg złożony z wózków napełnionych węglem, poruszany końmi.
46. Chodnik kręty, jak 28, w eliptycznej obudowie żelaznej.
47. Dobywanie węgla metodą schodową w kierunku zstępującym.
48. Podsadzka *)
49. Chodnik kręty, jak 28.
50. Szyb do wyprowadzania powietrza, wraz z przedziałem do schodzenia górników.
51. Ujście otwartego chodnika przewiewnego do szybu.
52. Uskok pokładu węgla.
53. Podsadzka z filarami murowanemi. Chodniki i podsadzki w miejscach nieomurowanych ulegają zgruchotaniu.
54. Ujście zamkniętego chodnika przewiewnego do szybu.
55. Ujście przewodu powietrznego (57) do szybu przewiewnego.
56. Zamknięcie szybu przewiewnego.
57. Przewód powietrzny, łączący szyb przewiewny z wentylatorem.

*) Ob. notę do 4.

Przecięcie kopalni węgla.

Rysunek Pützа według szkicu prof. G. Frankego.

długie skrzynie zwane long-tom i śluzy, które wydajność pracy znacznie powiększyły. Daleko większe jeszcze korzyści przyniosła metoda hydrauliczna, która w roku 1852 zaprowadzona została w Kalifornji i ztamtąd rozpostarła się po innych krajach złotodajnych, ale używana już była w Hiszpanji za dawnych czasów. W metodzie tej woda, która pozostaje pod wysokiem ciśnieniem, a ztąd ze znaczną szybkością wybiega z rur doprowadzających i ich zwężonego wylotu, jest silnym prądem rzucana na złotonośne pokłady napływowe lub na skały zwietrzałe, kruszy je, spłókuje żwir złotonośny, unosi rumowiska, a na gruncie skalistym gromadzą się większe ziarna złota, dające się zbierać łyżkami rogowemi (ob. rys. str. 293). Drobniejszy pył złoty unosi woda i prowadzi go wraz z gliną i piaskiem przez długie śluzy, gdzie go opuszcza, a co tą drogą wydobyć się nie daje, zatrzymuje się przez amalgamację czyli połączenie z rtęcią.

Gdy wszakże minerał użyteczny nie znajduje się bezpośrednio na ziemi, jak w przytoczonych tu przypadkach, poszukiwać go potrzeba w łonie ziemi. W tym celu kopią się studnie (dukle) lub niezbyt głębokie szyby i sztolnie, przy większej zaś głębokości odwołać się trzeba do wiercenia, przyczem, zależnie od rodzaju skał, zastosowanie mają rozmaite świdry. Znaczne rozpowszechnienie zyskał w ostatnich czasach świder djamentowy, posiadający kilka djamentów osadzonych na dolnej powierzchni wieńca stalowego; przez obrót takiego świdra przebija się w skale otwór pierścieniowy, a z wydobytego słupa otrzymać się dają bardzo dokładne i niezawodne wskazówki o rodzaju i ułożeniu skał, daleko pewniejsze, aniżeli można było osiągnąć przy pomocy świdra uderzającego, który o naturze warstw skalnych dozwalał wnioskować jedynie z mułu rozbitego.

Skoro złoże użytecznych minerałów odkryte już zostało i gdy przypada w głębokości zbyt wielkiej, by dobywanie go czyli odbudowa mieć mogła miejsce w odkrywce, trzeba tam dotrzeć przez sztolnie lub szyby. Sztolnie są to chodniki prawie poziome, prowadzące wewnątrz góry, ocembrowaniem drewnianem, obudową żelazną lub omurowaniem od ciśnienia skał zabezpieczone; ponieważ wydobywanie brył wyłamanych czyli ich odstawa i odprowadzanie wody stosunkowo najłatwiej i najtaniej dokonywać się może w sztolniach, kopalnie posługiwały się niemi najchętniej, w dawniejszych czasach, można je wszakże stosować jedynie w krajach górzystych i przy korzystnem położeniu minerałów użytecznych. W bardzo wielu razach do złoża dostać się można jedynie za pomocą szybu, jak to widzimy na rysunku kopalni węgla (str. 294—95), gdzie w sposób widoczny zestawione są najważniejsze urządzenia i stosunki górnicze. Wybijanie szybów dokonywa się najczęściej przez rozsadzanie materjałami wybuchowemi; ocembrowanie tymczasowe zabezpiecza budowę, a dodobnież przez tymczasowe odprowadzanie wody umożebnia się dalsze prowadzenie robót. Gdy osiągnięta już została głębokość zamierzona, przystępuje się dopiero do obudowy czyli oprawy ostatecznej szybu, stosując ocembrowanie drewniane przy prostokątnem przecięciu, omurowanie zaś lub oprawę żelazną przy przecięciu okrągłem. Obu tym ostatnim rodzajom

oprawy nadać można nieprzemakalność, co ważne ma znaczenie w skałach zawierających znaczną ilość wody. Szczególne trudności nastręcza prowadzenie szybów w kurzawkach, czyli w warstwach tworzących mięszaninę piasku lub marglu z wodą, ale w tym razie cenną pomoc daje przyrząd złożony z pierścienia stalowego, opatrzonego na dolnej powierzchni ostrą krawędzią krającą: gdy studnia jest już do pewnej głębokości doprowadzona i omurowana, umieszcza się pierścień na dnie, a na górnej, poziomej powierzchni pierścienia buduje się mur na całej jego szerokości. Coraz wzrastające obciążenie pierściania przez mur wciąż wyżej się wznoszący pogrąża go coraz niżej, a wdzierającą się zarazem do wnętrza walca murowanego ziemię, żwir i piasek ładować można w beczki i na zewnątrz usuwać. Gdy przy dalszej pracy pierścień dosięga poziomu wody zaskórnej, to zamiast piasku i ziemi przedostaje się do szybu woda, której już nie można przez wypompowanie usuwać, woda bowiem otaczająca wywierałaby nadmierne dokoła szybu ciśnienie; dla tego pozostawia się w nim wodę aż do wysokości poziomu wody zaskórnej, a piasek wydobywa się za pomocą drag lub świdrów. Przy dalszem zapadaniu pierścienia narasta też mur od góry, ale przy głębokości 35 do 40 m. dla znacznego ciśnienia z dołu przerywa się to samodzielne pogłębianie; wtedy na szczyt muru nakłada się ciężki pierścień stalowy, który za pośrednictwem prętów żelaznych łączy się mocno z pierścieniem dolnym, a na dno szybu naprowadza się warstwę betonu, która tam twardnieje; teraz za pomocą pomp wydala się wodę z szybu i wewnętrzną jego powierzchnię okrywa się płaszczem złożonym z ciężkich pierścieni żelaznych, przyczem taki płaszcz żelazny opiera się u dołu znowu na wrzynającym się pierścieniu. Po usunięciu dna betonowego szyb żelazny zapełnia się wodą i opada pod naciskiem własnego swego ciężaru, przyczem od góry dokładają się coraz nowe pierścienie żelazne tak szczelnie, że woda między niemi przedostać się nie może. Gdy szyb żelazny nie pogrąża się już niżej pod własnym swym ciężarem, wtrącić można między pierścień tłoczący a górny brzeg szybu żelaznego prasy hydrauliczne, które szyb ten przemocą w głąb spychają. Gdy środkami takiemi kurzawkę wreszcie szczęśliwie pokonano i dotarto do twardej góry, wprowadza się znowu beton na dno szybu, a po stwardnieniu przebija go się na przedłużeniu szybu. Pozostająca przytem boczna warstwa betonu stwardniałego tworzy tamę nieprzemakalną, a szyb łatwo już dalej prowadzi się w twardej skale przez rozsadzanie i przy pomocy potężnych machin nowoczesnych.

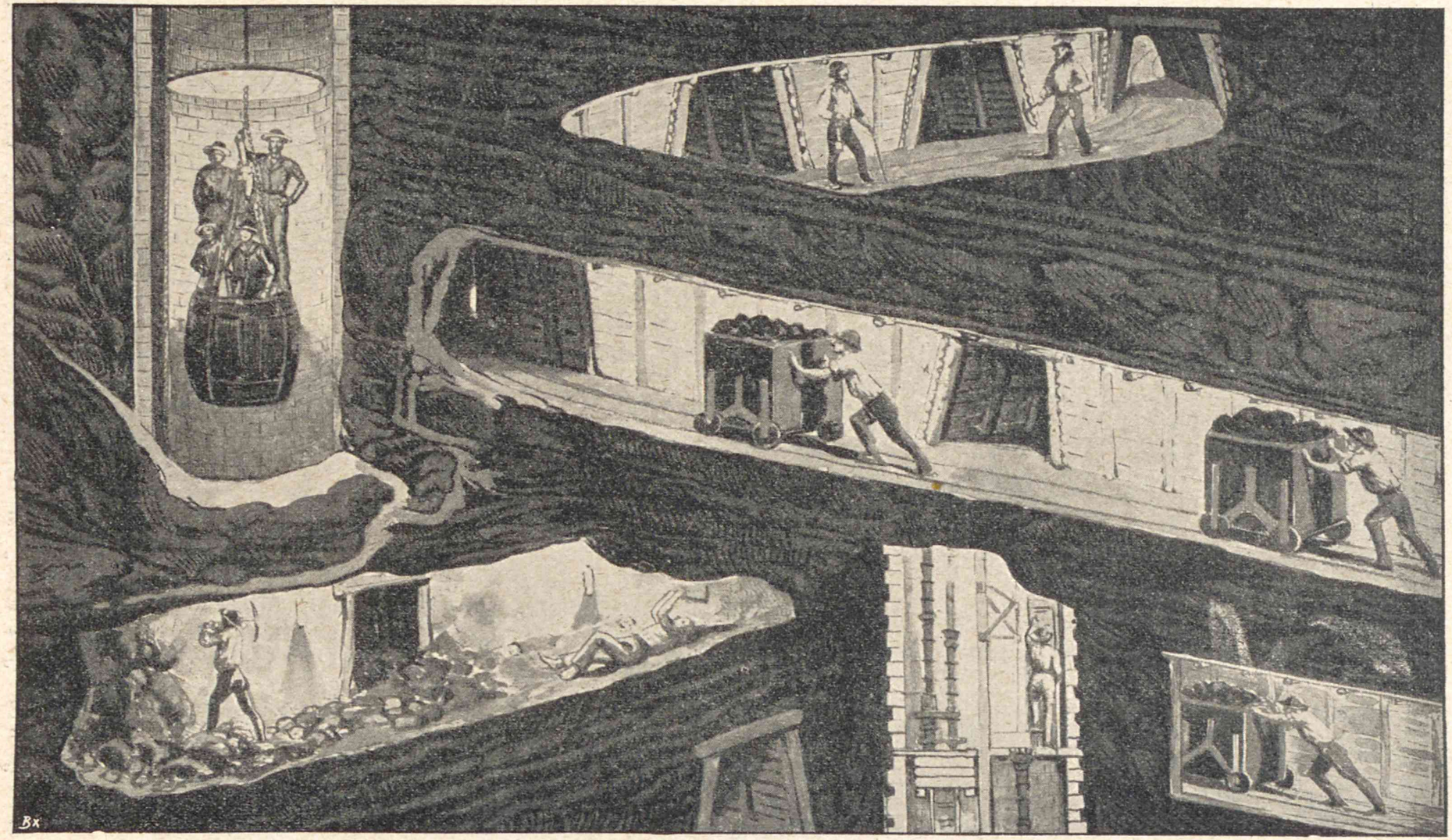
Po ukończeniu szybu dostać się trzeba najkrótszą drogą przez galerję poziomą do złoża, o ile szyb nie przebił go bezpośrednio; następnie prowadzą się poziome chodniki do odstawy materjałów wyłamanych, a całe złoże dzieli się według pewnego planu obranego na działy czyli pola, w których ma być prowadzona odbudowa, t. j. dobywanie użytecznego minerału z jego złoża. Podobne chodniki, poziome i pochyłe (pochylnie), powtarzają się bardzo często w różnych głębokościach, zkąd całe podziemie rozpada się

na osobne części, piętrami zwane. Na naszym rysunku przecięcia kopalni widzimy kilka takich piętr (T. S.). Chodniki muszą być ze swej strony zabezpieczone oprawą, a próżne przestrzenie, pozostałe w kopalni po wybraniu materjału, wypełniają się piaskiem lub okruchami skał („podsadzką“); gdy wszakże postępowanie takie jest zbyt kosztowne, dozwala się załamać warstwom skał, rozłożonym ponad przestrzeniami wyrobionemi („system rabunkowy“).

Wybieranie użytecznych minerałów dokonywa się oczywiście w różny sposób, zależnie od natury skały: Masy luźne, jak piasek lub węgle brunatne, ładują się poprostu w odpowiednie skrzynie lub inne naczynia i odstawiają na zewnątrz, gdy masy są bardzo zbite, rozsadza się je najczęściej; w kopalniach tylko pierwotnych skała wyłamuje się jeszcze młotem i drągiem żelaznym, zwykle jednak pomagają tu materjały wybuchowe, które umieszczają się w otworach wybijanych świdrami uderzającemi czyli dłótowemi albo machinami wiertniczemi; przyrządy te wprawiane są w ruch powietrzem ścieśnionem, parą lub elektrycznością, zapalanie zaś materjałów wybuchowych dokonywa się lontem i kapiszonem, albo zapalniczką elektryczną.

Materjał dobyty sprowadza się do szybu w odpowiednich wózkach (zwanych „psami“), ciągnionych lub popychanych przez ludzi (wozaków), a w kopalniach pierwotnych, gdzie podstawą robót są sztolnie, w ten sposób odstawia się go też na zewnątrz. W kopalniach nowoczesnych łączy się zwykle pewną liczbę wózków na kółkach w jeden pociąg, odstawiany końmi, które się utrzymują w stajniach podziemnych, albo machinami za pośrednictwem liny drutowej bez końca. Do odstawy szybami w górę służą w urządzeniach pierwotnych jeszcze kołowroty ręczne lub konne, przeważnie jednak wózki naładowane przesuwają się na klatki, które pociągane są w górę machinami parowemi za pomocą lin z drutu żelaznego lub stalowego; w górze ładunek przesypuje się za pośrednictwem lejków bezpośrednio do wozów lub wagonów, często też przewóz z szybu do huty dokonywa się na kolejach linowych, w powietrzu przeprowadzonych.

Jak przy odstawie występują obok siebie metody najprostsze i najbardziej wydoskonalone, tak toż samo dzieje się ze zjazdem czyli z przenoszeniem się górników w kopalni. W Ameryce hiszpańskiej, zwłaszcza w Meksyku, napotykamy nieraz jeszcze pionowo ustawione pnie drzewne, opatrzone karbami, które służyły zapewne do schodzenia i do wychodzenia z kopalni; w innych miejscach widzimy prawdziwe drabiny, w stromem pochyleniu spoczywające na podporach osadzonych w pewnych odstępach; w szybach płytkich znajdują się często schody, a obok nich do zjeżdżania ześlizgujące się wózki. W szybach jednak głębokich na schodzenie i wychodzenie takie trzebaby łożyć zbyt wiele czasu i siły, liczne bowiem szyby posiadają głębokość 500, a niektóre nawet 1000 metrów; dla tego też trzeba tam było zaprowadzić urządzenia umożebniające ruchy szybsze, jak kołyszące się pręty i windy. Kołyczące się pręty (z niem. farkunsty) składają się naczęściej z dwóch zwieszających w szybie drągów, drewnianych lub żelaznych, opatrzonych szczeblami i antabami; za pomocą machin parowych lub kół wodnych nadaje się prętom tym ruch pionowy w taki sposób, że



Przecięcie kopalni z połowy XIX wieku.

Według „L'Écorce terrestre“ Emila Withe, Paryż. 1874

współcześnie przesuwa się jeden ku górze, a drugi ku dołowi, po krótkiej zaś przerwie ruchy te dokonywają się w kierunku przeciwnym. Podczas tej przerwy przechodzi górnik na szczebel pręta drugiego i posuwa się na nim dalej w kierunku dotychczas przebieganym, a przechodzenie takie wciąż się powtarza. Częściej jednak używane są windy, które przenoszą górników w klatkach, przesuwających się w szybie.

Przez odprowadzanie wody rozumie się ogół urządzeń, mających na celu usuwanie wody z kopalni na zewnątrz. W kopalniach, których odgałęzienia najgłębsze kończą się w sztolni, gromadząca się woda odpływa przez przekop w sztolni tej urządzony. Gdy sztolnia taka nie istnieje, woda z kopalni zbiera się w „bagnie“ czyli w „czerpaku“, zkąd podnosić ją potrzeba za pomocą systemu pomp ssących, umieszczanych w odstępach co 10 metrów najwyżej, albo za pomocą pomp tłoczących.

Przez przewietrzanie rozumieją się urządzenia, które mają na celu doprowadzanie powietrza świeżego, a usuwanie powietrza zepsutego i gazów szkodliwych. Powietrze w kopalni psuje się coraz bardziej przez oddychanie koni i ludzi, przez palenie się lamp, przez wybuchy materjałów używanych do rozsadzania, oraz przez rozkłady chemiczne, zachodzące w skałach i drzewie (wywiązywanie się kwasu węglanego, tlenku węgla, siarkowodoru), tak dalece, że ostatecznie palenie lamp i oddychanie staje się utrudnionem; gaz wywiązujący się w kopalni może z powietrzem atmosferycznem wydawać mięszaninę wybuchającą (powietrze piorunujące), której eksplozje powodowały nieraz ciężkie katastrofy. Aby temu przeszkodzić, wytwarza się za pomocą rozmaitych urządzeń prąd powietrza, który się rozprowadza rurami. Najczęściej używane są piece ciągowe, które uchodzący prąd powietrza ogrzewają, a tem samem rozrzedzają, tworząc ztąd przeciąg czyli przewiew, oraz wentylatory czyli opatrzone skrzydłami koła o wielkiej średnicy, które powietrze porywają przez wessanie i wyrzucają je na zewnątrz.

W treściwym tym szkicu obecnych urządzeń i metod górniczych zaledwie zaznaczyć mogliśmy, jak olbrzymiego potrzeba było nakładu pracy umysłowej i zdolności wynalazczych, by dobywanie i odstawianie minerałów użytecznych doprowadzić z biegiem czasu do obecnej wysokości; nowoczesne pomoce techniczne górnictwa opisane będą dokładniej jeszcze w dalszym ciągu. Słuszne wszakże pojęcie o postępach osiągniętych w ostatnich czasach dać może jedynie zwiedzenie wielkiej kopalni nowoczesnej, by własnemi oczyma ujrzeć wspaniałe machiny i urządzenia, cały obieg zawiły robót, wiążących się wzajem tysiącem sprzężonych ramion, a wreszcie też niesłychane ilości materjałów dobywanych; wtedy tylko godnie uznać możemy wielkie znaczenie ekonomiczne i doskonałość techniczną całego tego potężnego warsztatu. Gdy rozpatrzymy rysunki Agricoli lub Löhneyssa, którzy przecież skreślili obraz znacznie już rozwiniętego stanu górnictwa, wtedy dopiero ocenić zdołamy zdumiewające postępy, jakie i w tej dziedzinie ludzkiej wiedzy i mocy w biegu ostatnich stuleci dokonane zostały.



Podobizn a tytułu dzieła Mercatiego „Metallotheca", Rzym, 1719.



Podobizna tytułu dzieła Scheuchzera „Herbarium diluvianum“ z r. 1723.

Staraliśmy się dotąd przedstawić dzieje badań skorupy ziemskiej i stan teraźniejszy naszych o niej wiadomości, w rozdziale zaś obecnym pragniemy w rysach ogólnych ująć wpływ, jaki skorupa ziemska i jej skarby na człowieka wywarły, a obok tego wykazać, jak rozwój tych badań wpłynął na całą kulturę duchową rodu ludzkiego i pogląd nasz na świat przeobraził. Będziemy zmuszeni nieco szerzej rozwinąć wzajemne stosunki, jakie między skorupą ziemską a człowiekiem zachodzą, nietylko bowiem same przez się budzą zajęcie, ale nadto na ich podstawie zrozumieć zdołamy znaczenie różnych procesów geologicznych w należytem ich świetle. Działania przyrody są nader zawiłe, a wpływy najrozmaitsze zewsząd zaczepiają o poruszające ją koła, już to je tamując, już przyspieszając, zkąd oddzielne czynniki i ich działalność nader trudno dają się wyosobnić i dokładnie ocenić. Trudność ta odstraszyć nas nie może od podjęcia tego zadania, a chociaż niepodobna nam będzie zupełnie go rozwiązać, to może z zawiłej gry działań i oddziaływań wydobyć zdołamy rysy najistotniejsze i wskazać doniosłość ich dla rodu ludzkiego. Że człowiek w znacznej mierze zależny jest od gruntu, na którym żyje, od jego ukształtowania i od klimatu, poznali to już starzy filozofowie greccy, zwłaszcza zaś Hippokrates, a od wieku XVI począwszy myśl ta niejednokrotnie się wynurzała, chociaż najczęściej wyrażano ją w sposób tak nieokreślony, że z podobnych rozważań filozoficznych niewiele można było uchwycić. Stosunek człowieka do jego otoczenia jaśniej ujęli Reinhold Forster, Herder, B. Cotta i Karol Ritter, pełną wszakże jego działalność wykazał dopiero Fryderyk Ratzel, który w swej antropo-geografji (1882) wzajemne te stosunki naukowo zgłębił i umysłem filozoficznym objął. Za jego świetnemi wywodami nie możemy iść bezpośrednio, tu bowiem oczywiście na

punkt naczelny wysuwa się skorupa ziemska, cały przeto obszar tych zjawisk wyprowadzić musimy z ruchów skorupy ziemskiej i z procesów na jej powierzchni zachodzących. Człowiek zależny jest nietylko od objawów geologicznych i od ich następstw, ale bardziej jeszcze od klimatu, oraz od otaczającego go świata roślinnego i zwierzęcego, i to zatem pociągnąć musimy w obręb rozważań naszych; ponieważ zaś życie roślinne i zwierzęce znowu bezpośrednio od gruntu i od klimatu zawisło, a grunt i klimat w dalszym ciągu warunkują się po większej części procesami geologicznemi, poznajemy przeto, że człowiek przez klimat, przez świat roślinny i zwierzęcy pozostaje w pośredniej zależności od objawów geologicznych.

I. Skorupa ziemska i człowiek.

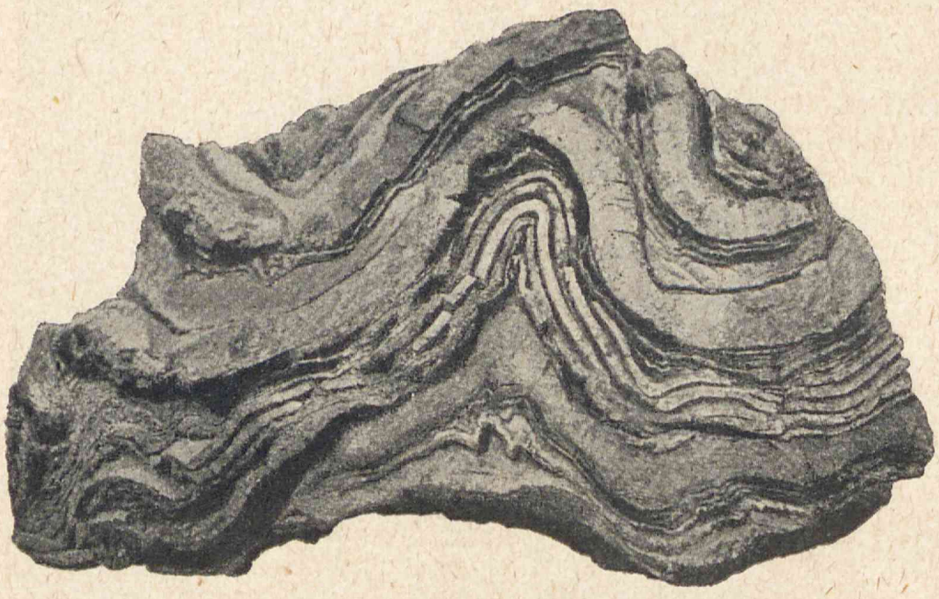
Gdy poznać pragniemy wpływ objawów geologicznych na człowieka, nie mamy potrzeby zwracać się do zarodkowego i dziecięcego stanu ziemi, w tym bowiem czasie, gdy późniejsza ziemia przedstawiała się jeszcze jako olbrzymia kula gazowa, albo bryła nader słabą skorupą okryta, życie na niej nie istniało, na jej powierzchni dokonywały się jedynie procesy nieorganiczne. Dla celów naszych nie będziemy też śledzić i dalszych losów ziemi, ani też nie będziemy usiłowali rozwiązać zagadek, które w ludzkiej naszej wiedzy wiążą się z początkiem na niej życia; jak życie organiczne stopniowo coraz się obficiej rozrastało i do doskonalszych wciąż form rozwijało, możemy to na tem miejscu pominąć, podobnie jak początek i dawne losy rodu ludzkiego. Wystarcza nam przyjąć teraźniejszość geologiczną i historyczną, którą wszyscy dobrze znamy, i śledzić wpływ, jaki na przyrodę pozostałą i na człowieka wywierają różne czynniki geologiczne, opisane w części pierwszej. Winniśmy przytem wciąż mieć na uwadze, że powierzchnia ziemi, która człowiekowi za mieszkanie służyć musi, jest wytworem najrozmaitszych wydarzeń geologicznych i rozwoju długotrwałego, a sprowadzone ztąd stany skorupy ziemskiej po niezliczonych jeszcze okresach na człowieka oddziaływać mogą. Tak np. rozważmy przypadek, że w pewnem miejscu na ziemi pod wpływem znacznego ciśnienia bocznego poziomo ułożone warstwy skalne uległy sfałdowaniu, a ztąd wytworzyły wysokie pasmo górskie, ale pasmo to skutkiem ścierającej działalności wody i wiatru stało się potem okolicą płasko-falistą, która ukształtowaniem swojem zgoła dawnego charakteru górskiego nie okazuje, to jednakże ujawniać się on może w sposób rozmaity: warstwy skalne podniesione są stromo i tem opowiadają o potężnych wypadkach czasów dawno minionych; twarde ławice skalne wytwarzają może jeszcze gdzieniegdzie progi w rzekach, czem wpływ doniosły wywierać mogą na komunikację wodną, gdy razem ze skałami podniesione pokłady węgla, jakoteż szczeliny wtedy wytworzone i następnie rudami



Nil w okolicy drugiej katarakty.
Według fotografji.

wypełnione położeniem swojem, przez odwieczne zdarzenia wywołanem, przedsiębierczości ludzkiej pracę górniczą wskazują. W ten sposób wypadki geologiczne po miljonach lat jeszcze oddziaływać mogą na człowieka, a gdyby szło o wykazanie wpływu stosunków geologicznych pewnej okolicy dobrze znanej na ludność tameczną, należałoby w każdym przypadku oddzielnym rozpatrzyć łączność z przeobrażeniami, które tam w dawnych dziejach ziemi się zdarzyły. Teraz jednak, gdy pragniemy w ogólności tylko ująć wpływ, jaki oddzielne procesy geologiczne wywierać mogą na klimat, na świat roślinny i zwierzęcy, na człowieka wreszcie, pominąć możemy podobne przypadki szczegółowe.

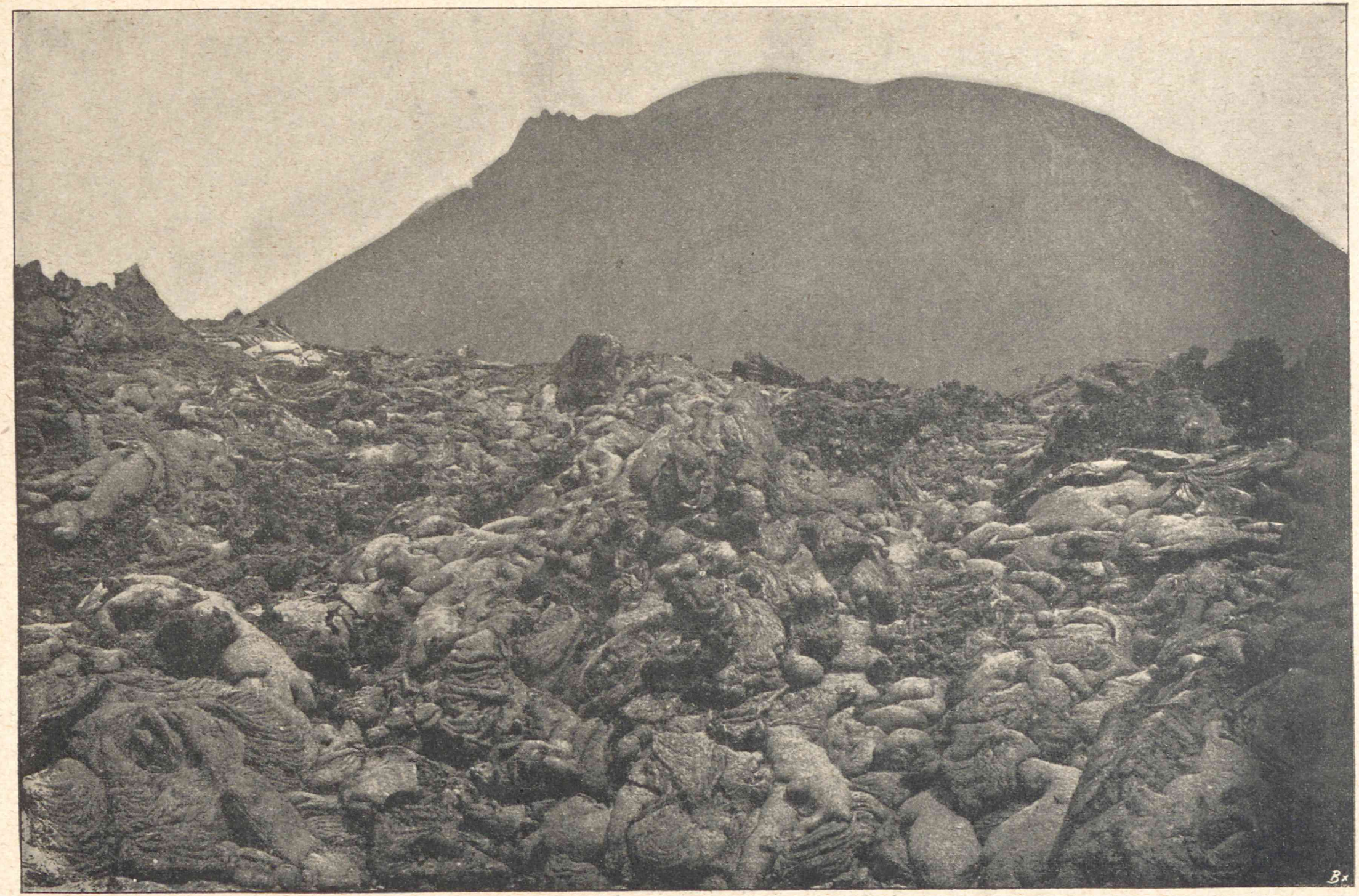
Wielkie utwory na powierzchni ziemi, potężne kotliny morskie, olbrzymie skały lądowe, rozległe pasma górskie, równiny tarasowato nieraz rozłożone, zagłębia jeziorami wypełnione i t. p., powstały wskutek procesów tektonicznych, jak przez załamanie się wielkich pasów ziemi, przez podniesienie pewnych obszarów skorupy skutkiem sfałdowania, lub przez podobne działania. Obok tego wszakże wylewy masy ognisto-płynnej ze szczelin skorupy lub wyrzuty sypkich wytworów wulkanicznych mogą również wytwarzać góry, albo zapełniać zagłębienia lądu, a tem samem wywierają wpływ znaczny na ukształtowanie powierzchni ziemi.



Fałdy w wapieniu.
Według fotografji.

Wskutek przytoczonych tu objawów tektonicznych i wybuchowych powstały wielkie nierówności na powierzchni ziemi, a skutkiem nich dopiero ląd stały wynurzył się z morza, ilość bowiem wody na ziemi jest tak znaczna, że grubą warstwą pokryłaby całą jej powierzchnię, gdyby ta nie posiadała wielkich zagłębień i wyniesień. Ztąd dopiero stało się możebnem życie roślin i zwierząt lądowych, a wielokrotne zmiany warunków życia, rozkładu geograficznego wody i lądu, przyczyniły się w znacznej mierze do wywołania niesłychanej rozmaitości rodzajów i gatunków, jaką na powierzchni ziemi widzimy; istoty żyjące przedstawiają w różnych obszarach tak uderzające właściwości, że wyodrębniać musimy oddzielne państwa i prowincje faunistyczne i florystyczne, chociaż w każdym razie pewne gatunki kosmopolityczne rozpostarły się poza granice osobnych dzielnic.

Przeważnie wziąć tu musimy pod uwagę powierzchnię lądową na ziemi, ona to bowiem jest siedliskiem rodu ludzkiego, gdy morze bezpośrednio



Zakrzepłe bryły lawy w sąsiedztwie krateru.

Według fotografji Sommera w Neapolu.

ma znaczenie tylko pod względem komunikacji i wyżywiania człowieka. Gdyby powierzchnia lądu zupełnie była płaska, czyli, gdyby siły górotwórcze przez załamanie lub powolne zapadanie rozległych obszarów wytworzyć jedynie zdołały zagłębienia, w których zebrałby się nadmiar wody, to klimat, a wraz z nim i życie organiczne na powierzchni lądu byłoby daleko jednostajniejsze, aniżeli nam się przedstawia obecnie, przy tak rozmaicie ukształtowanej powierzchni, z jej górami i zagłębieniami. Góry więc dopiero nadały powierzchni ziemi, klimatowi i światu żyjącemu właściwe im piętno.

Nie będziemy się teraz zajmowali szczegółowo rozpoznawaniem przyczyn, które powodują rozmaitość klimatów na ziemi, będzie bowiem o tem mowa w jednym z następnych rozdziałów tej książki; wskażemy tu tylko krótko, jakie następstwa klimatyczne wywołać musiało bezpośrednio wyniesienie się pasma górskiego. Gdy część skorupy ziemskiej zwolna wygina się w górę, a zatem coraz wyżej nad poziom morza się wznosi, tworzy jakby wyspę chłodniejszą w pośrodku otoczenia cieplejszego, wraz bowiem ze wzrastającem wyniesieniem nad poziom morza opada średnia temperatura, a spadek ten wynosi średnio nieco więcej nad $^1/_2$ stopnia Celsiusa na sto metrów.

Wskutek więc wyniesienia góry lub pasma górskiego następuje mniej lub więcej zawiłe wyodrębnienie się sfer różnej temperatury w okolicy, gdzie poprzednio temperatura panowała jednostajna, ale to nie wyczerpuje jeszcze bynajmniej wszelkich następstw klimatycznych; wraz bowiem z wytworzeniem się góry lub pasma górskiego powstają znaczne przeszkody dla niezakłócanego poprzednio obiegu powietrza: gdzie dawniej wiatry przebiegały ponad równiną, teraz, z powodu podniesienia gruntu, zmuszone są do unoszenia się w górę i do przekraczania zawady, przyczem powietrze się oziębia, a ponieważ wiatry obciążone są zawsze większą lub mniejszą ilością wilgoci, przy ochłodzeniu zatem temperatura ich dosięga punktu nasycenia, zkąd następują opady. Gdy w danej okolicy przeważają pewne kierunki wiatrów, a pasmo górskie ciągnie się względem nich mniej więcej prostopadle, to po jednej stronie tego pasma będą bardzo często się trafiały silne opady, gdy przeciwległy stok górski wilgoceniu takiemu nie ulega; podobnież będzie suchą równina rozpościerająca się poza pasmem górskiem, o ile jest ona od wiatrów osłoniona, i dopiero oddzielne góry albo nowe pasma, w obrębie tego obszaru osłonionego rozłożone, wywoływać mogą znowu wzmaganie się opadów, tworząc w ten sposób wyspy klimatu wilgotnego w obrębie otoczenia suchszego. Skoro więc pasmo górskie zwolna wznosić się zaczyna, oddziaływa to nietylko na klimat bezpośrednio dotkniętych części skorupy ziemskiej, zmieniając stosunki temperatury i wzmagając opady po jednej stronie, ale pociąga też często do współudziału w tem rozległy obszar lądu sąsiedniego. Grzbiety gór stają się w ten sposób ostro wybitnemi przegrodami w warunkach pogody i klimatu.



Lodnik Kjendalskrona w Norwegji.
Według fotografji tow. Photoglob w Zurichu.

Wyniesienie gór może łatwo stawać się tak znaczne, że opady bywają już nie w ciekłej, ale w stałej formie, a zamiast deszczu śnieg pada, bądź to w ciągu całego roku, bądź tylko w pewnej jego porze. W Europie środkowej śnieg pada zwykle corocznie podczas zimy i w nizinach, a w górach gromadzą się tak ogromne jego ilości, że następować musi odpływ w postaci lawin i lodników do obszarów niżej położonych. W okolicach cieplejszych ziemi śnieg już nie pada nigdy w nizinach i potrzeba tam dostatecznie wielkich wyniesień, by w ogólności śnieg kiedykolwiek padał; we właściwych pasach zwrotnikowych granica opadu śnieżnego rzadko tylko i to w wyjątkowych okolicznościach schodzi niżej 3 000 metrów, gdy bardzo często przypada znacznie wyżej, niekiedy prawie na wysokości 4 000 metrów. W każdym razie wpływ przeważny wywierają tu znowu warunki wilgotności, w wielu bowiem okolicach zwrotnikowych podczas zimniejszej pory roku właśnie susza panuje, opady wtedy nie występują, a śnieg padać tylko może w cieplejszej ale wilgotnej porze roku. Dla tych samych powodów granica wiecznego śniegu na wilgotnym stoku górskim schodzi niżej daleko, aniżeli na stoku suchym, a ztąd i promieniowanie słońca zyskuje wpływ znaczniejszy, po słonecznej bowiem stronie gór granica śnieżna przypada wyżej, aniżeli po stronie cienistej. Wyniesienie gór przeto sprowadza nietylko drobniejsze różnice klimatyczne,

ale wysuwa także pewne części powierzchni ziemi do wyżyn, gdzie panuje charakter klimatyczny, odrębny zgoła od klimatu pozostałej okolicy; ztąd to pochodzi, że różne góry okolic zwrotnikowych w pewnej wysokości mają klimat, który średniemi swemi temperaturami oraz pewnemi innemi cechami przypomina klimat naszych stref umiarkowanych, szczyty zaś ich i grzbiety sięgają do dziedzin wiecznego śniegu, a temperaturą swą, śniegiem i lodnikami budzą wspomnienie strefy zimnej. Kolejne to następstwo różnych pasów klimatycznych, które oczywiście znów między sobą połączone są stopniowemi ogniwami pośredniemi, jest w Ameryce środkowej tak uderzające, że lud tameczny oddawna je już rozpoznał i scharakteryzował potocznemi tam nazwami: tierra caliente (kraj gorący), tierra templada (kraj umiarkowany) i tierra fria (kraj zimny).

Gdy łańcuch gór ciągnący się w kierunku linijnym sprowadza wydłużone pasy klimatyczne, to góra oddzielna, jak np. wulkan, wytwarza raczej pierścieniowe i kołowe obszary klimatu jednorodnego, a gdy pasmo górskie stać się może wybitną przegrodą klimatyczną dla rozległej okolicy, to wysmukły stożek wulkaniczny sam przez się nie może od wiatru osłaniać przestrzeni znacznej. Wtedy zmiana klimatu występuje tu wybitnie jedynie w obrębie szczupłym, który ma postać stożka szybko zwężającego się w miarę wznoszenia się nad powierzchnię ziemi, poza tym obszarem zaś rozpościera się klimat jednostajnie wilgotny. Inaczej układają się stosunki, jeżeli pewna liczba wulkanów mieści się obok siebie w gęstem skupieniu, a ogólny ich porządek ma kierunek prostopadły do panujących wiatrów wilgotnych, jak to nieraz bywa w Ameryce środkowej, zwłaszcza w Gwatemali, Salwadorze i Nikaragwie; i w tym wprawdzie przypadku zupełnie od wiatru ochroniony jest pas stosunkowo niewielki, ale zmniejszoną ilość opadów otrzymuje powierzchnia bardzo znaczna, poza szeregiem gór rozłożona. Pochodzi to ztąd, że wysmukłe góry stożkowate w wyższych swych strefach podczas pory dżdżystej dają podnietę do rozwoju chmur, które szerokiemi i grubemi warstwami pierścieniowo się dokoła wulkanów układają, niekiedy rozpościerając się tak daleko, że nawzajem się stykają i tworzą jakby ścianę z obłoków spiętrzoną, gdzieniegdzie tylko pozostawiającą wązkie przejścia. W ten sposób otrzymuje okolica osłonę od wiatrów, a szereg wulkanów staje się ztąd istną przegrodą klimatyczną, jaką zresztą tworzyć mogą jedynie spoiste pasma górskie.

Gdy pasmo gór lub też góra oddzielna wskutek jakiegokolwiek procesu geologicznego ulega powolnemu wynoszeniu, to sprowadza nietylko istotną zmianę klimatyczną, ale oddziaływa też przemożnie na warunki wietrzenia skał, na stosunki odpływu wód bieżących, na świat roślinny i zwierzęcy. Widzieliśmy już wyżej, jak różnorodne wpływy współdziałają przy wietrzeniu, że przypomnimy tu tylko chwiejność temperatury, zwłaszcza przy bezpośredniem promieniowaniu słonecznem, działania mrozu i rozmaite procesy chemiczne; wszystkie te wpływy czynne są przy wietrzeniu pokła-



Morze obłoków między szczytami górskiemi.

Według fotografji dr. M. W. Meyera w Berlinie.

dów skalnych w wyniesieniach gruntu, ale w różnych pokładach z niejednakiem natężeniem. W dziedzinach najwyżej położonych po suchej stronie gór skuteczne pole działalności będzie miał wpływ mrozu, gdy po stronie od wiatru osłonionej główną rolę odgrywać będzie wietrzenie mechaniczne skutkiem chwiejności temperatury i insolacji, na stoku zaś wilgotnym i w rozpościerającej się przed nim, wilgotnej okolicy przeważać będzie wietrzenie chemiczne. Usuwanie rumowisk powstających z wietrzenia także dokonywać się będzie różnemi środkami; główna praca przypada w każdym razie na karb zapadania i spłókiwania, unoszenia przez wodę bieżącą i przez wiatry; w obszarach jednak wysoko położonych przybywają jeszcze lawiny i lodniki jako środki przewozu, a im bardziej od równika przesuwamy się ku biegunom, tem mniejszej potrzeba wysokości gór, by ukazały się na nich śniegi i lodniki. W obrębie kół biegunowych, a w niektórych miejscach już przed niemi nawet, sięgają lodniki aż do poziomu morza i na odpływających górach lodowych ku dalekim, cieplejszym okolicom wysyłają obfite ilości gruzu skalnego.

Rodzaj przeważającego wietrzenia i odprowadzania rumowisk wywiera wpływ wielki na ukształtowanie powierzchni, zajmiemy się tem jednak dopiero następnie, potężnie bowiem oddziaływa tu i powłoka roślinna, najpierw więc o niej pamiętać winniśmy. Nie mamy zamiaru dotykać nieskończonej rozmaitości form życia roślinnego, ani niesłychanej ilości różnych gatunków, która zadowalająco wyjaśnić się daje przyczynami historycznemi, t. j. wędrówkami roślin i zmiennemi wpływami coraz nowych siedlisk; nie chcemy też śledzić rozwoju stopniowego oddzielnych form wybitnych, ale pragniemy rozpoznać najogólniejsze warunki i stosunki życia roślinnego.

Pomyślny rozwój roślin zależny jest od klimatu i od ich podłoża, najczęściej zatem od gleby. Gdzie podłoże nie zdoła dostarczyć materjałów pożywnych, a przedzieraniu się korzeni bezwzględny stawia opór, rozwinąć się nie może wyższe życie roślinne, a ztąd lód i nagie skały pozbawione są roślinności. Obok tego roślina wymaga pewnego stopnia ciepła, wilgoci i światła, by żyć i rozradzać się mogła; zależnie od miary tych czynników rozmaicie ukształtować się musi jej rozwój, a kto zna środki ochronne, jakiemi roślina stara się bronić od nadmiaru lub chwilowego braku jednego z tych czynników, ten z charakteru powłoki roślinnej wysnuwać potrafi wnioski o klimacie i o naturze gruntu.

Wpływ znaczny na świat roślinny wywiera skład chemiczny gleby, korzenie bowiem roślin dobywają pokarm swój z gruntu. Ponieważ zaś grunt przeważnie powstał przez wietrzenie skał przyległych, jest rzeczą wprost zrozumiałą, że natura geologiczna danej okolicy posiada dla powłoki roślinnej znaczenie niesłychane, karty zatem geologiczne w wielu razach dawać mogą pewne wskazówki: w których miejscach przy danych warunkach klimatycznych oczekiwać można roślinności bujnej, a w których roślinność zapowiada się skąpa. Nadto i różne chemiczne części składo-



Potoki w okolicy zwrotnikowej (dolina Reventazon, Costarica).

Według fotografji Art Gallery w S. José de Costarica.

we wywierają pewien wpływ właściwy na niektóre rośliny, zwłaszcza zawartość w gruncie soli, wapna i krzemionki. Bardzo też wielką doniosłość dla wegetacji mają i własności fizyczne gruntu, a chociażby wszystkie warunki klimatyczne sprzyjały wzrostowi drzew i rozwojowi lasów, jeżeli przepuszczalność gruntu jest tam znaczna, napotykamy często w obszarach lasów pierwotnych niwy porosłe trawą lub zajęte roślinnością stepową, gdyż korzenie drzew znajdować nie mogą wilgoci, tak dla nich niezbędnej. Zdarza się to często, gdy rozległe i grube pokłady piasku lub zwiru rozpościerają się wpośród urodzajnych krain napływowych; niekiedy wszakże ten sam objaw występuje tam, gdzie popioły wulkaniczne, bogate w sole pożywne, nagromadzone są w luźnych nasypach, a przesiąkająca woda deszczowa przez masy te przedziera się zbyt szybko, by mogła dostarczyć korzeniom drzew potrzebnego pokarmu.

Podobnie jak brak wody, spowodowany przenikliwością gruntu, czyni dotkliwe szczerby w roślinności leśnej, tak też w rozmiarach mniejszych sprowadzać to może i nadmiar wody, gdy przy nieckowatem zagłębieniu powierzchni grunt jest gliniasty, zatem nieprzepuszczalny. W miejscach takich podczas pory dżdżystej tworzą się jeziora mniej lub bardziej rozległe, w których przeważna liczba różnych gatunków drzew ulega zagładzie, a ostatecznie pozostaje tylko trawa i krzewy, albo też jeszcze nieliczne drzewa niewybredne, niskie zwłaszcza i drobnolistne, które obecnością swoją podróżnikowi nawet podczas suszy wskazują miejsce i rozległość obszarów perjodycznie zalewanych.

Powietrza i światła, tych dwu bezwzględnych warunków rozwoju roślin wyższych, nie brak nigdzie na powierzchni ziemi, jakkolwiek zasób przypadający oddzielnym roślinom jest często bardzo zmienny. Różne też rośliny wymagają światła w niejednakowej mierze; gdy jedne lubią cień, inne dążą wszelkiemi sposobami ku światłu, a w dziewiczych lasach zwrotnikowych, gdzie sprzeczności między światłem a cieniem najsilniej i najbardziej nagle występują, powstaje współubieganie się powszechne między roślinami wymagającemi światła; gdziekolwiek też powstaje wyłom między drzewami, miejsce wykarczowane w lesie lub na jego brzegu, podnieta światła wywołuje wzrost gorączkowy drzew do niego dążących, a przerwa w jak najkrótszym przeciągu czasu znów zamyka się bujną obfitością zieleniejących liści. Dzika, nieubłagana walka o światło i ziemię toczy się między roślinami lasu dziewiczego, a jak wszędzie, tak i tutaj, silniejszy zostaje zwycięzcą i na swój sposób wiedzie przodownictwo nad słabiej uprzywilejowanymi współzawodnikami.

Jeżeli światło i powietrze znajduje się wszędzie na powierzchni ziemi w mierze dostatecznej, to tak nie dzieje się bynajmniej z ciepłem i wilgocią; owszem, istnieją bardzo wielkie przestrzenie w okolicach podbiegunowych, oraz mniejsze obszary górskie w szerokościach pośrednich i w pasach bliższych równika, dla wzrostu roślin wyższych niedostępne z powodu zbyt szczupłego zasobu ciepła, a obok tego, w strefach podzwrotnikowych,



Krajobraz górski w Norwegji ze śniegami i nisko schodzącemi lodnikami (Geiranger).

Według fotografji.

występują rozległe obszary pustynne, na których brak powłoki roślinnej z powodu niedostatecznej wilgoci. Rozmaite zresztą rośliny okazują bardzo odmienną potrzebę ciepła i wilgoci, a ztąd stan wegetacji zmienia się ustawicznie nawet pod wpływem słabej chwiejności obu tych czynników. Prawda, że każda roślina znosi pewne wahania temperatury i wilgotności, a przez czas krótszy lub dłuższy wytrzymuje ich nadmiar lub niedostatek, nie ulegając ztąd jeszcze śmierci, ale wreszcie nadchodzi dla każdej rośliny kres, którego przekroczyć już jej nie wolno. Ponieważ rozległość, w jakiej byt swój utrzymywać mogą inne, podobnie usposobione rośliny, sięga nieco dalej, znajdujemy ztąd ciągłą zmianę w składzie powłoki roślinnej, czy to poruszamy się w kierunku pionowym, czy też poziomym. Zresztą zmiany w kierunku pierwszym są gwałtowniejsze i szybsze, o ile warunkowane są potrzebą ciepła, w kierunku zaś poziomym zachodzą prędzej, o ile powodowane są potrzebą wilgoci, tu bowiem grzbiety górskie, jako przegrody klimatyczne, tworzą zarazem wybitne linje graniczne w charakterze powłoki roślinnej. Znaczenie to gór pamięta dobrze każdy podróżnik alpejski, który, przybywając z północy, przekroczył główny grzebień Alp i wstępując w większe, ku południowi otwarte doliny, widzi wynurzające się przed sobą pierwsze drzewa kasztanowe i inne charakterystyczne rośliny włoskie, albo też rozległe, winoroślą pokryte, obszary Tyrolu południowego i Włoch północnych. Zmianę wegetacji zależną od wysokości obserwować możemy dobrze na wszystkich górach Europy środkowej, szczególniej pięknie jednak w Alpach, gdzie w Szwajcarji północnej lasy liściaste sięgają do wysokości 1350 metrów, poczem następuje pas borów iglastych, który w wysokości 1800 metrów ustępuje miejsca roślinności alpejskiej.

Najbujniej rozwija się roślinność tam, gdzie przyroda szczodrą dłonią rozsypała wysoką miarę jednostajnego ciepła i wilgoci, a zatem w zraszanych deszczem okolicach zwrotnikowych. Tam, gdzie roczny spadek deszczu nie okazuje się mniejszym nad 2 metry, często zaś dosięga 4 — 5 metrów i więcej nawet, gdzie żaden miesiąc roku nie jest pozbawiony opadów, gdzie dzienna chwiejność ciepła obraca się w umiarkowanych granicach, a średnie temperatury miesiąca najcieplejszego i najzimniejszego o kilka tylko stopni różnią się między sobą, tam krzewi się życie roślinne zdumiewającej okazałości i obfitości: organy liściaste roślin przybierają tam zwykle wymiary wielkie, a rośliny pożądające cienia, gdy są usunięte od bezpośredniego promieniowania słonecznego, wydają liście powycinane w formy najwytworniejsze i najsubtelniejsze; paprocie zwłaszcza, zarówno drzewiaste, jak zielne i wijące się, oraz selaginelle, posiadają listowie, które pomimo swej wielkości nie ma współzawodników zalecających się równą pięknością, w osobliwej zaś pozostają sprzeczności z grubemi liśćmi bananów, helikonji i innych roślin, albo z grubo unerwionemi, często ogromnemi, pierzastemi i wachlarzowatemi liśćmi palm licznych gatunków. Jednostajna temperatura i wilgotność sprzyja nadto długotrwałości życia gatunków, zkąd rośliny drzewiaste w okolicach zwrotnikowych mają tak licznych przedsta-



Las dziewiczy na Nowej Zelandji.

Według fotografji.

wicieli. Obok tego stateczna wilgotność w każdym czasie podniecająco działa na wzrost roślin, zkąd życie roślinne nigdy się nie przerywa, jak to dzieje się w szerokościach naszych, ale wiecznie błyszczy radosną zielenią. Przy sprzyjającej naturze gruntu znajdują się na szczupłej przestrzeni drzewa liściaste rozlicznych gatunków, dlatego dziewiczy las zwrotnikowy, mający obfitość deszczu, składem swoim nie przypomina zgoła europejskich naszych lasów, które obejmują drzewa jednego tylko, lub niewielu gatunków, ale wyróżnia się wielką rozmaitością drzew między sobą rozproszonych, a należących do jakich 40—50 rozmaitych gatunków. Do tego przybywa jeszcze bujne podszycie, roślinność u stóp drzew rozpostarta, oraz zdumiewające bogactwo roślin epifitycznych czyli narostów, krzewiących się wysoko na gałęziach i w ich kątach, ziół pnących się i wijących, które zamieszkują pnie drzew, wreszcie drzewiastych lianów czyli plątorośli, które od gruntu wydzierają się ku światłu, tak, że całe wnętrze lasu dziewiczego pełnią swą form i wytwornie rzuconemi linjami na oko mieszkańca północy wywiera wrażenie prawdziwie porywające. Skoro wszakże tak wyborne warunki rozrostu ulegają ograniczeniu, bądź to, że grunt, jak wyżej już nadmieniliśmy, staje się zabardzo lub zamało przepuszczalnym, bądź też że zawiera pewne chemiczne części składowe, które, jak sól, nie sprzyjają rozwojowi wielu roślin, bogactwo gatunków szybko słabnie, a zamiast tego znajdujemy niewielką liczbę gatunków wytrwałych, rozprzestrzeniających się towarzysko po takich obszarach. Na wybrzeżu morskiem np. i daleko jeszcze w okolicach ujść rzecznych lub obok jezior nadbrzeżnych, dokąd tylko woda jest słona, napotykamy osobliwe korzeniodrzewy czyli drzewa mangrowe, z gładkiemi liśćmi i z korzeniami przybyszowemi, które jakby szczudła podpierają gałęzie, albo też na miejscach nader wilgotnych, gdzieniegdzie błotnistych, znajdujemy bambusy w dzikiej gmatwaninie (str. 321), lub palmy nieprzeliczone w zbiorze jednolitym prawie, co stanowi uderzającą sprzeczność z urozmaiceniem pozostałego lasu zwrotnikowego. W ogólności, uważać to można niemal za prawo powszechne, że w miarę, jak warunki stają się mniej przyjazne, słabnie nietylko bujność rozrostu, ale zmniejsza się także liczba charakterystycznych, wybitnych form wegetacji; potwierdzenie tego znajdujemy przy zmniejszaniu się ciepła, czy to w obrębie stref zwrotnikowych wznosimy się z nizin na wyżyny, czy też w kierunku poziomym posuwamy się od zwrotników ku biegunom; ten sam objaw dostrzegamy również w obszarach temperatury jednostajnej przy zmniejszaniu się wilgotności.

Las tworzy się jedynie przy pewnej, niezbyt niskiej mierze ciepła i wilgoci. W miarę wznoszenia się w górę w okolicach zwrotnikowych zmniejsza się najpierw ilość drzew liściastych składających las; zamiast wielkolistnych gatunków drzewnych występują formy z liśćmi mniejszemi; zwolna też w niektórych obszarach zwrotnikowych do lasu liściastego przybywają sosny; wreszcie drzewa liściaste usuwają się, a jeżeli wyżej jeszcze wstępujemy, przechodzimy pas drzewostanu sosnowego i jodłowego; następnie

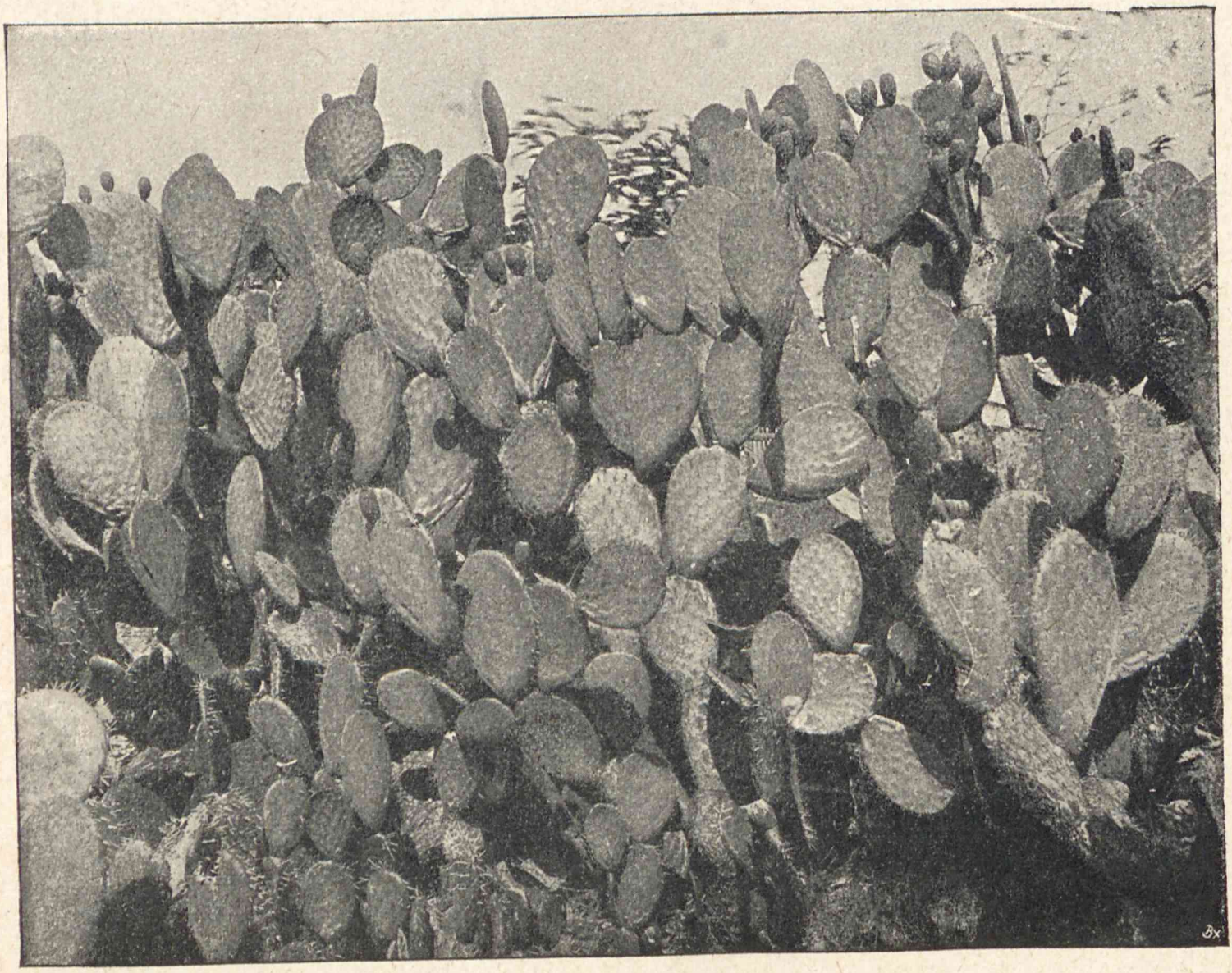


Bór iglasty na zaśnieżonych szczytach Sierra Nevada (Ameryka północna).

Według fotografji Geo F Wheelera.

las zwarty pozostaje poniżej nas, jedynie tylko drzewa oddzielne, zwykle okazy rozmaicie pokrzywione, sterczą w pośród krzewów i trawy, a ostatecznie panuje tylko trawa ze skąpo rozrzuconemi krzewami aż do granicy śniegu wiecznego, przy którym kres znajduje powłoka roślinna ziemi. W wielu innych obszarach zwrotnikowych brak pasa drzew iglastych, a w takim razie pomiędzy obszary lasu i trawy wdziera się najczęściej formacja krzewów.

Nigdzie może następstwo kolejne pasów roślinnych w różnych wysokościach nie daje się śledzić tak dobrze i dokładnie, jak na wulkanie wy-



Kaktusy w okolicach zwrotnikowych.
Według fotografji.

gasłym Orizaby, czyli na górze Ciltlaltépetl Azteków, której okazały, śniegiem pokryty stożek podróżnik dostrzega już zdaleka w zatoce Meksykańskiej. Chociaż na równinie nadbrzeżnej pod Veracruz rozpościerają się ubogie sawanny, to jednak już od stóp gór na brzegu się wznoszących podziwiać można najwspanialszy las liściasty, rozpostarty na spadzistych stokach wulkanu; na wysokości 600 — 800 metrów pozostawiamy poza sobą właściwy las zwrotnikowy kraju gorącego (tierra caliente), nieco wyżej 3 400 metrów nikną ostatnie drzewa liściaste, na wysokości 3 830 m. dosięgamy górnej granicy zwartego lasu sosnowego, gdy sosny oddzielne sięgają na za-

Bibl. Univ. Lub.

chodniej stronie góry jeszcze do 4 000 metrów, a na wilgotnej stronie wschodniej do 4 100 metrów, poczem rozpoczyna się pas alpejski, ze swemi trawą porosłemi łąkami i skąpemi krzewami, które dochodzą do 4 500 na jednej i do 4 550 metrów na drugiej stronie góry, kończąc się u stóp pól śnieżnych stożka szczytowego. W szerokościach większych schodzą oczywiście granice te znacznie niżej, a w Pirenejach roślinność wiecznie zielona sięga jeszcze tylko do 400 metrów ponad morze; las liściasty, złożony z drzew zieleniących się tylko w lecie, rozpościera się aż do wysokości



Bambusy na Cejlonie.
Według fotografji.

1 600 metrów, poczem następuje pas borów iglastych do 2 400 metrów, a wreszcie roślinność alpejska aż do granicy śnieżnej (2 750 metrów). W Wogezach granica lasów zstępuje już do wysokości 1 300 metrów nad poziom morza, na Harzu do 1 040 metrów,*) w Norwegji pod kołem biegunowem na stronie zachodniej do 360 metrów, na stronie wschodniej

*) W Tatrach buki i jodły nikną w wysokości 1 260 metrów, świerki znajdują kres przy 1 545 metrów wysokości; dalej występuje kosodrzewina czyli sosna karłowata, której granica górna przypada na wysokości 1 960 metrów, a wyżej występuje już dziedzina nagich turni czyli martwych głazów, gdzie jednak sięgają jeszcze mchy i porosty.

Przyp. tłom.

pod tą samą szerokością do 700 metrów. Ale w Ziemi Ognistej, na półkuli południowej pod 54° szerokości, dochodzi granica lasów zaledwie do 450 metrów; na dalej ku południowi położonych wyspach półkuli południowej lasu już niema, gdy w osłonionych miejscach półkuli północnej bory sosnowe wdzierają się dosyć daleko poza koło biegunowe, a na półwyspie Taimur znajdują się nawet jeszcze pod $72^1/_2$ stopniem szerokości północnej. Na półkuli północnej zarówno jak i na południowej bory szyszkowe są ostatniemi placówkami leśnemi; ale na półkuli północnej pomiędzy wiecznie zielone lasy obszarów cieplejszych a strefę drzew iglastych okolic zimniejszych wdziera się jeszcze szeroki pas drzew liściastych, w lecie tylko zielonych, które w Europie i Azji wschodniej rozpościerają się aż do 60 stopnia szerokości północnej, gdy na lądzie amerykańskim już pod 47 stopniem znajdują kres swój biegunowy.

Jak wraz z wysokością i szerokością geograficzną ulega las co do swej natury i swego składu znacznym przeobrażeniom, od warunków temperatury zawisłym, tak też dzieje się i ze zmianą stosunków wilgotności. Gdy w okolicach zwrotnikowych wchodzimy na górę po obfitującym w deszcze stoku przez las najbujniejszy, najgęstszy, i przekraczamy przesmyk na pewnej wysokości, poznajemy natychmiast, że w niewielkiem ztąd oddaleniu charakter roślinności naraz się zmienia; czy to występują teraz sosny, czy drzewa liściaste z dosyć silnym opadem liści, czy też oba rodzaje drzew wzajem zmieszane, w każdym razie w miejsce wybujałego i zwartego lasu dziewiczego ukazuje się formacja leśna rzadsza, z dosyć skąpem podszyciem, bez roślin wijących się i czołgających, które podziwialiśmy w wilgotnym lesie dziewiczym, z nielicznemi już tylko narostami na drzewach. Gdy schodzimy po suchym stoku górskim, dostrzegamy, że drzewa z perjodycznym opadem liści stają się coraz częstsze, a dalej występują przeważnie, podczas zaś pory suchej jedynie tylko w pobliżu prądów wodnych zielone drzewa wdzięcznie się wznoszą; zresztą wszystko ma charakter zimowy, jest suche i nagie, pomimo bowiem wysokich stopni ciepła, z braku wilgoci niezbędnej wszelkie życie w roślinach zasypia (lasy suche). Gdy bardziej jeszcze zbliżamy się do niziny, to widzimy, że drzewa silniejsze w wielu razach ustępują coraz bardziej, rozpościera się jeszcze tylko plątanina drobnolistnych krzaków ciernistych i krzewów ubogich w liście, niekiedy też rozległe łąki trawą porosłe. Chociaż gdzieniegdzie znowu ukazują się porozrzucane grupy drzew i strzępy leśne, to jednak przewaga łąk trawą pokrytych (sawann)i formacji krzewiastych jest tak znaczna, że znamionuje charakter geologiczny tych krain. Z pierwszemi ulewami pory dżdżystej wszystkie te obszary, od wiatrów górami osłonione, pokrywają się wprawdzie bajecznie szybko rozkoszną zielenią, natychmiast jednak po ostatnim deszczu stają się znów jałowe i puste.

Z sawannami zwrotnikowemi spokrewnione są stepy, trawą porosłe niwy okolic podzwrotnikowych i umiarkowanych. I tu susza klimatu jest najczęściej przyczyną braku drzew, ale jak w krajach zwrotnikowych pewne



Obóz Lapończyków w okolicy biegunowej (Tromsö).

Według fotografji.

właściwości gruntu taki sam brak powodować mogą, tak też w wielu stepach stron bardziej umiarkowanych rozwój drzew powstrzymuje bądź zawartość soli w ziemi, bądź woda zaskórna, bądź też nadmierna miałkość gruntu.

Gdzie klimat dosięga najwyższego stopnia suszy, gdzie zatem deszcz pada zaledwie w przerwach całoletnich, a rosa również skąpo lub wcale się nie ukazuje, tam oczywiście i roślinność staje się zupełnie nędzną i ubogą— powstaje pustynia. Zupełnie pozbawione roślinności są zresztą tylko miejsca Sahary, pokryte piaskiem ruchliwym, przez zaspy znoszonym, i przestrzenie zwane tam serir, mające grunt kamienny, oraz pewne części perskiej pustyni solnej; poza niemi napotykamy i w pustyniach tu i owdzie w większej lub mniejszej ilości trawy, krzewy, nawet drzewa, które jednak najczęściej szczególnemi środkami ochronnemi strzeżone są od wpływów klimatu suchego. Ważne znaczenie mają tu właściwe kaktusy i twardolistne agawy, któremi cechują się amerykańskie krainy pustynne w okolicach mniej suchych. Istotną wszakże żyzność znajdujemy tylko w oazach, w owych obszarach różnej rozległości, które posiadają niejaką ilość ziemi gliniastej, a wilgoć potrzebną otrzymują z rzek, z wody podskórnej lub ze studzien artezyjskich. Od stepów trawiastych nie daje się pustynia ostro odgraniczyć, a przestrzenie pustyń, mniej w roślinność ubogie, które trzodom koczującym mogą jeszcze służyć za pastwiska, wyróżniono jako stepy pustynne.

W obrębie strefy umiarkowanej i gorącej zajmują pustynie, według obliczeń E. G. Ravensteina, w świecie starym 12 odsetek ogólnej jego powierzchni, w nowym zaś tylko odsetkę; natomiast stepy, dające się zużytkować jedynie jako pastwiska, zajmują w świecie starym jak i nowym jednakowo prawie część trzecią (mianowicie 30 odsetek) całego lądu; ziemia urodzajna ocenia się w świecie starym na 58 odsetek, w świecie nowym na 69 odsetek ogólnej powierzchni.

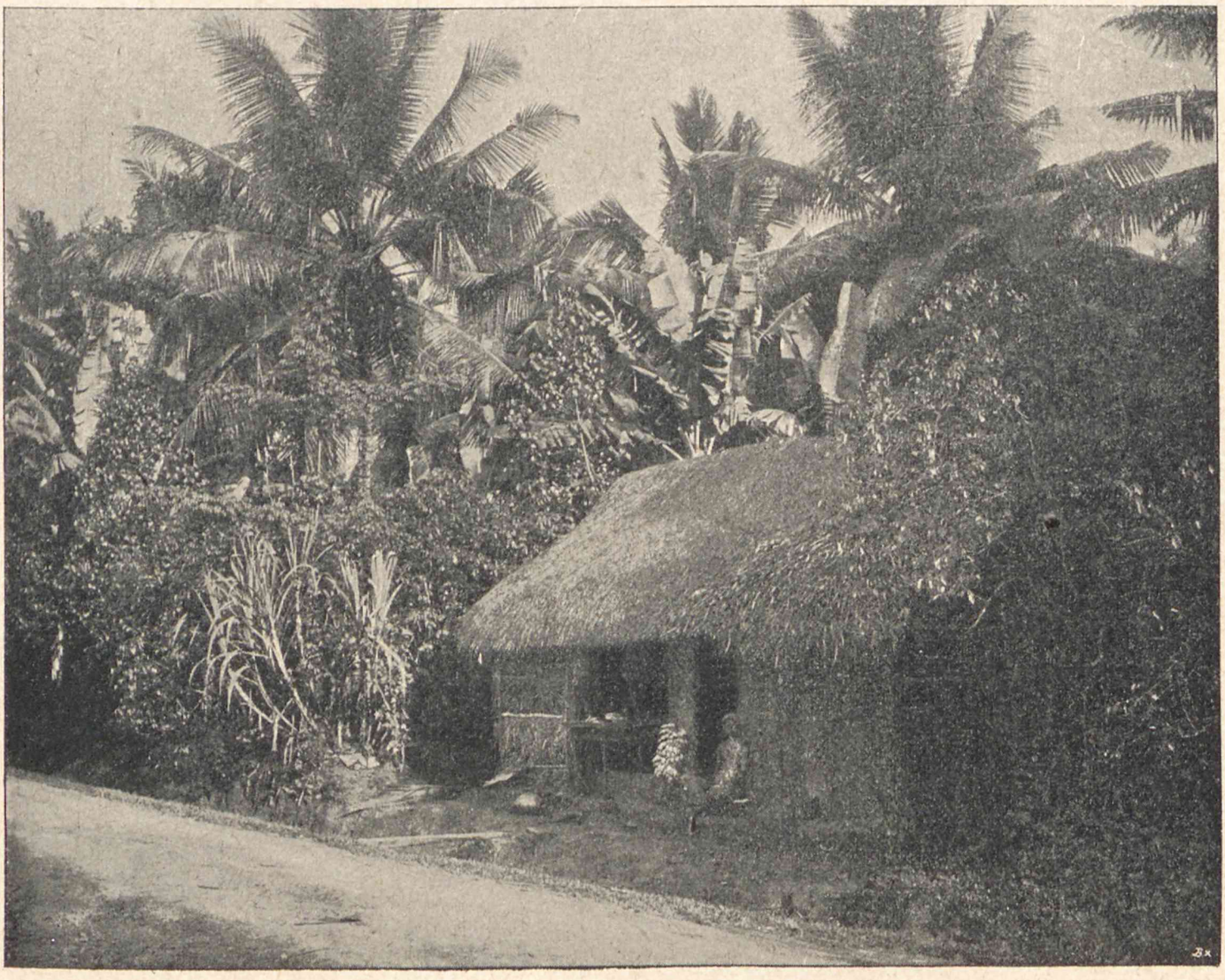
Brak wilgoci i ciepła uniemożliwia rozrost drzew i przytłumia całą roślinność. Że lasy poza północne koło biegunowe wdzierają się jedynie w miejscach najkorzystniej uposażonych, a poza południowem zupełnie ich niema, o tem już wspomnieliśmy; tu dodać jeszcze możemy, że w niewielu dotąd znanych okolicach stałego lądu antarktycznego wykazano jedynie rośliny skrytopłciowe. Korzystniej przedstawiają się stosunki w krajach arktycznych, gdzie w nizinach rzecznych widzieć można łąki z ziołami i krzewami i gdzie stoki pochylone podczas lata trwającego przez kilka miesięcy wydają wielkie, wspaniale zabarwione kwiaty i piękne kobierce zieleniejące, na których trzody piżmowców i reniferów mogą znajdować swą paszę (ob. rys. str. 323). Na powierzchniach słabo pochylonych, które posiadają niekorzystne warunki odpływu, rozsiadł się przeważnie mech, gdy suche wyniosłości okolic falistych pokryte są głównie porostami: są to tundry Azjatów, barren-grounds Amerykanów północnych, gdzie w ogólności grunt przemarznięty taje tylko w miejscach korzystnie położonych, w innych zaś jest



Krajobraz nadbrzeżny Nilu w Egipcie dolnym.

Według fotografji tow. „Photoglob“ w Zurichu.

stale pod powierzchnią zlodowaciały. Na niezmiernych przestrzeniach krajów biegunowych ciepło słoneczne nie wystarcza do stopienia powłoki śnieżnej, a wszelkie życie roślinne jest zupełnie przytłumione; śnieg i lód pokrywają pola, a wyjątkowo chyba tylko przytrafiają się samotne rośliny jawnokwiatowe, na nunatakrach lodowca grenlandzkiego. Są to skrajne posterunki życia roślinnego pośród wielkich pustyń lodowych; zuchwalstwem swem dorównywające tym okazom flory alpejskiej, które na najwyższych górach przekraczają granicę wiecznego śniegu, utrzymując krótkie swe życie na szczytach skalnych i głazach kamiennych, otoczone śniegiem i lodem.



Roślinność zwrotnikowa w Indjach.
Według fotografji.

Widzieliśmy już, że świat roślinny częścią bezpośrednio (przez grunt), częścią pośrednio (przez klimat) pozostaje w pewnej zależności od dawnych objawów geologicznych; toż samo powiedzieć można o zwierzętach lądowych, chociaż zawisłość ta występuje tu mniej wyraźnie, natura bowiem gruntu w drobnej tylko części wprost wpływa na świat zwierzęcy. Od klimatu są wprawdzie zwierzęta zależne, lecz dzięki swobodnej swej ruchliwości nie w tym stopniu, jak silnie w gruncie zakorzenione rośliny. W niekorzystnych porach roku mogą się one przenosić do okolic odpowiedniejszych, — co, jak wiadomo, przed zimą ptaki przelotne stref umiarkowanych na wielką skalę

przedsiębiorą, gdy w pasach zwrotnikowych w daleko mniejszym zakresie widzimy wędrówkę z miejsc otwartych do wilgotnych obszarów leśnych. Inne zwierzęta zbliżone są raczej do roślin, przepędzają bowiem spokojnie porę martwą, a zatem zimę w okolicach chłodniejszych i porę suchą pod zwrotnikami, nie potrzebując zmiany miejsca podczas tego okresu roku. Liczne zwierzęta, podobnie jak rośliny, potrzebują pewnej oznaczonej miary wilgotności klimatu, a ztąd ograniczone są bądź do okolic suchych, bądź też dżdżystych; inne znów pośrednio są zawisłe od klimatu, znajdują bowiem swe pożywienie tylko na stepach, lub tylko w lasach. Silniej jeszcze oddzia-



Odsłonięte korzenie drzew zwrotnikowych.
Według fotografji.

ływa na nie potrzeba ciepła, dlatego istnieją dla zwierząt pewne granice rozprzestrzenienia, zarówno w kierunku wysokości, jak i szerokości geograficznej, granice te w wielu razach nie są jeszcze tak ściśle oznaczone, jak dla roślin, tem bardziej, że z powodu ruchliwości zwierząt chwiejność tych granic jest tu znaczniejsza. W świecie zwierzęcym, zarówno jak w roślinnym, wybija się prawo, że okolice cieplejsze, pasy zwrotnikowe i niziny, okazują życie bogatsze i różnorodniejsze, aniżeli okolice chłodniejsze, strefy umiarkowane i zimne, jakoteż wyższe wyniesienia górskie.

Ponieważ wszystkie te właściwości rozprzestrzenienia zwierząt mają

dla człowieka ważne znaczenie, a po części przynajmniej i pośrednio sprowadzają się do procesów geologicznych, należało nam o nich wspomnieć. Przytoczymy tu zarazem, że oddziaływanie wzajemne świata zwierzęcego na stosunki geologiczne znacznie jest mniejsze, aniżeli świata roślinnego. K. Darwin wykazał, że dżdżowniki, mrówki i raki w niektórych okolicach przyczyniają się bardzo do tworzenia czarnoziemu; wszystkie zwierzęta ryjące i grzebiące wywierają pewien wpływ na krążenie wody i na mieszanie gruntu; mrówki, które krają liście, i inne zwierzęta niszczące roślinność, jak gąsienice, gryzonie i t. p., przez usuwanie roślinnej powłoki gruntu wywołują niejakie zmiany w warunkach jego spłókiwania i erozji; szczątki zwierząt padłych przyczyniają się cząstkami swemi do powiększania gruntu wierzchniego i do wytwarzania kwasów organicznych, które przechodzą do wód spływających, nadając im moc większą przy działaniu na skały przyległe. Wszystkie te wpływy, chociaż w biegu długich okresów wydają skutki potężne, okazują się jednak nieznaczne w obec działań doniosłych, jakie świat roślinny wywiera na swe podłoże geologiczne.

Nie chcemy tu bynajmniej mówić o tem, że obumierające części roślinne, które się z gruntem surowym mieszają, dopiero go w czarnoziem przeobrażają, ale w tem miejscu odwołać się nam wypada do doniosłego wpływu, jaki świat roślinny może wywierać na wietrzenie podłoża geologicznego. Im bujniejsza jest powłoka roślinna, tem potężniejsze jest działanie mechaniczne i chemiczne korzeni roślin na ich podłoże, tem też większe są ilości powstających z ich rozkładu kwasów próchnicowych, które mieszają się z wodą deszczową, obładowaną kwasem węglanym, i oddziaływają na skały, gdy przez nie przesiąkają, rozkładając je, przeobrażając i rozpuszczając. Ponieważ zaś w wilgotnych okolicach zwrotnikowych nietylko świat roślinny jest najbujniejszy, a ztąd wody spływające posiadają największą ilość kwasów próchnicowych, ale i wody deszczowe są stosunkowo najcieplejsze, a ztąd chemicznie najskuteczniejsze, pojmujemy przeto łatwo, że tam także działania chemiczne sięgają do najznaczniejszych głębi, zarówno, czy to się tyczy wietrzenia, czy też idzie o rozpuszczanie skał niewietrzejących, jak wapieni i dolomitów. Mniejsza jest już doniosłość wietrzenia chemicznego i rozpuszczania w leśnych obszarach stref umiarkowanych, słaba w pasach zimnych. Jak skuteczność wietrzenia chemicznego i rozpuszczania, przy jednakich zresztą warunkach, zmniejsza się wraz z temperaturą średnią danego miejsca, tak też dzieje się z ubytkiem wilgotności. Jest to rzecz wprost zrozumiała, gdyż mniejsze ilości wody przez skałę przesiąkające muszą oczywiście wywierać słabsze działanie, aniżeli ilości większe, a gdy zważymy, że w okolicach zwrotnikowych często po stoku na deszcze wystawionym pada ośm lub dziesięć razy więcej deszczu, aniżeli po ochronionym od wiatrów zboczu pasma górskiego, to pojmiemy łatwo, że tu i chemiczne działanie wody musi być daleko słabsze, aniżeli po stronie tamtej. Do tego przybywa i to jeszcze, że wskutek mniejszej wilgotności rozwój świata roślinnego jest uboższy, a ztąd przesiąkająca



Krajobraz leśny w Ameryce środkowej (Salvador).
Według fotografji.

woda mniej zabiera kwasów próchnicowych, po suchszej więc stronie pasma górskiego woda okazuje się nietylko ilościowo, ale i jakościowo upośledzona. Stan obumarłych części roślinnych dozwala się także domyślać, że w obszarach gorących podczas okresu suszy zachodzi pewien rodzaj bardzo powolnej destylacji suchej, zkąd znów pewne części pochodzenia roślinnego nie mogą

działać chemicznie na swe podłoże geologiczne, ani też powiększać mechanicznie gruntu. Im większa jest suchość okolicy, tem nędzniejsza staje się roślinność, tem mniejszy jest udział wietrzenia chemicznego. Gdy przechodzimy z lasu zwrotnikowego, obficie deszczem skrapianego, kolejno do przerzedzonych, wiecznie zielonych, podzwrotnikowych lasów liściastych, następnie do borów iglastych i do lasów perjodycznie liśćmi się pokrywających, wreszcie do zarośli krzewiastych, do stepów trawiastych, do stepów pustynnych i do pustyń, przybywamy do obszarów coraz słabszego opadu deszczu, coraz mniej wilgotnego powietrza i zmniejszającego się rozkładu chemicznego. Gdy w tych przypadkach wilgotność, bujność powłoki roślinnej i wietrzenie chemiczne tworzą linję obniżającą się, to siły działające mechanicznie na powierzchnię ziemi przedstawiają zupełną z niemi sprzeczność i okazują linję tem wyżej się wznoszącą, im bardziej maleje ilość deszczu i wilgotność powietrza. Okoliczność ta nie jest bynajmniej wywołana bezpośrednio ilością wilgoci, ale pośrednio przez roślinność, a ponieważ rozwój jej znowu w przeważnej mierze zawisł od warunków ciepła, a ubytek ciepła w dosyć podobny sposób działa na wytworzenie lasów, zarośli krzewiastych i łąk trawiastych, mówić tu przeto będziemy tylko o wpływie geologicznym formacji wegetacyjnych a okolicznościowo zwrócimy uwagę na pewne różnice, które wypływają ztąd, czy te wywołane zostały przez zmiany wilgotności, czy też przez zmiany ciepła.

Znaczenie geologiczne formacji roślinnych.

Najskuteczniej ochrania glebę zwrotnikowy las dziewiczy od sił działających mechanicznie, jak od chwiejności temperatury i insolacji, lub od uprowadzania przez wiatr i wodę. Rozpoznając budowę i skład z najrozmaitszych żywiołów, dostrzegamy, że wszystkie ich czynności zmierzają do jak najskuteczniejszej ochrony gruntu. Jest to rzecz obojętna, że drzewa do składu lasu wchodzące należą do wielu różnych gatunków, ważnem jest natomiast, że ich gęsto ulistnione i szeroko rozpostarte korony bez przerwy prawie okrywają cały grunt, a gałęzie krzyżują się wciąż wzajemnie i tworzą splot gęsty, który w bardzo niewielu tylko miejscach gdzieniegdzie pozostawia szparę dosyć wielką, by spadające krople deszczu miały swobodne przejście. Przeważna ilość spływającego deszczu zatrzymuje się na sklepieniu liściastem koron drzewnych, a energja nagromadzona w ciężkich kroplach deszczu ulega tu zatracie. Na wielkich liściach drzew lasu dziewiczego zbiera się wprawdzie deszcz rozpylony znowu w duże krople, które pomimo dosyć drobnej wysokości spadku od korony na ziemię (zwykle 25 — 30 metrów) jeszcze zyskują znaczną siłę żywą, ale najczęściej nie padają bezpośrednio na ziemię, gdyż ponad nią wznoszą się do pewnej wysokości liczne palmy, paprocie drzewiaste i inne mniejsze drzewka, które tworzą drugi, choć niedoskonały dach liściasty; drugie piętro we wnętrzu lasu dziewiczego chwyta część znaczną deszczu opadającego z koron wyniosłych i ze zmniejszoną siłą żywą odsyła go ku dołowi. Woda deszczowa, ściekająca z palm i paproci drzewnych, pada przeważnie na bujnie rozpostarte podszycie lasu, a ztąd dopiero zwolna dostaje się na



Pustynia Libijska.

Według obrazu W. Kuhnerta.



Bór iglasty w Europie środkowej bez podszycia.
Według fotografji tow. Rotophot w Berlinie.

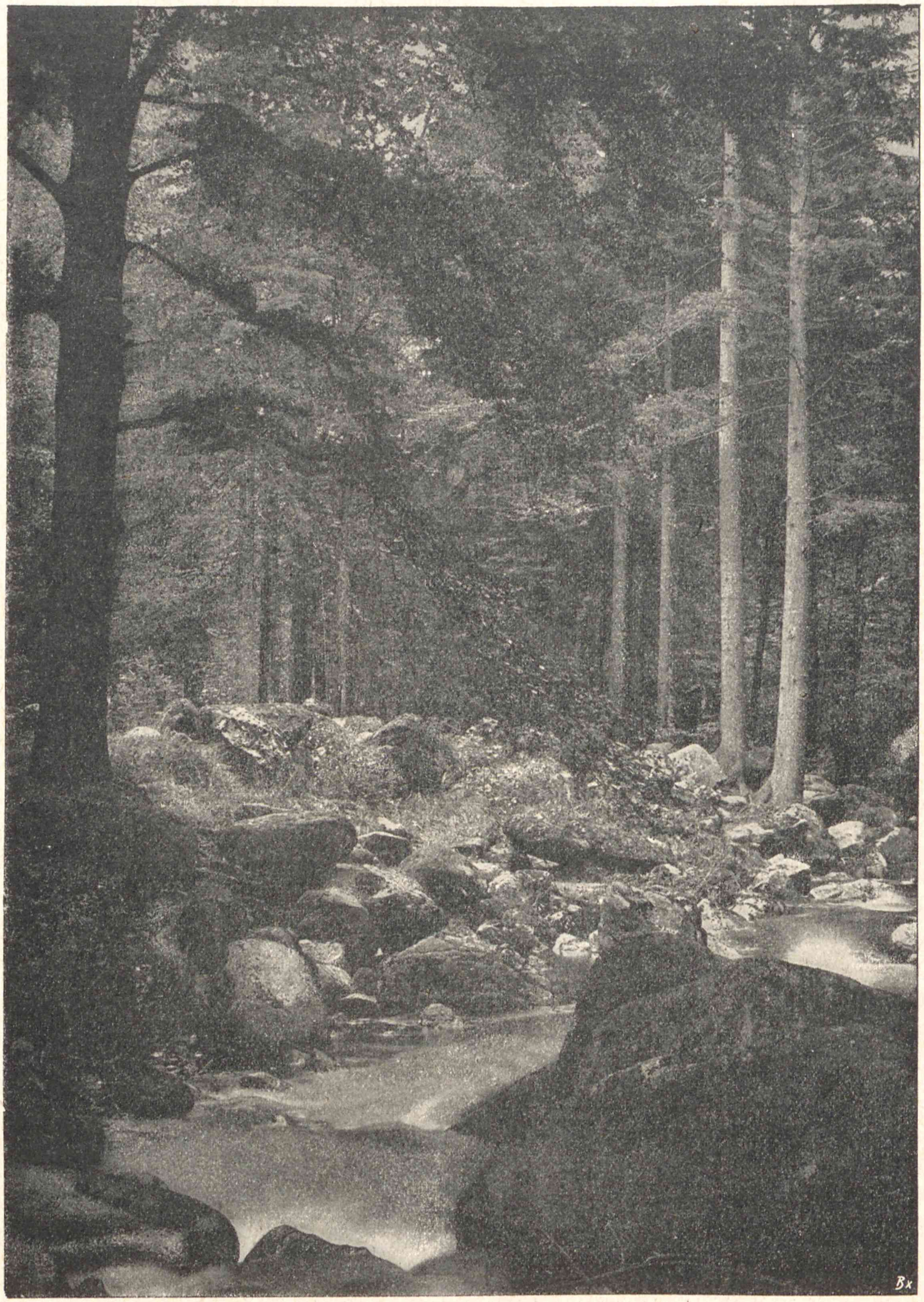
ziemię; bezpośrednio więc deszcz nie uderza zupełnie gruntu, spłókująca zaś jego działalność ulega nader znacznemu osłabieniu. Również i liany pnące się w górę powabnemi skrętami, oraz liczne, pionowo opadające korzenie przybyszowe pomagają do rozproszenia i osłabienia siły żywej deszczu,

zamiast bowiem spadku zachodzi staczanie się tylko. Ten sam skutek wywierają nieprzeliczone liście roślin czepiających się i pasożytnych, które się osiedliły na pniach drzewnych, a zwłaszcza na drzewach ukośnie sterczących budują dla deszczu jakby schody, po których krople przeskakują ze szczebla na szczebel i po nich się ześlizgują, o ile nie staczają się wzdłuż samych pni. Narosty, czyli rośliny epifityczne, które przebywają wysoko na gałęziach drzew, łagodzą działanie mechaniczne wody deszczowej, w rozetach bowiem liści różnych tych roślin zbiera się dosyć znaczna ilość wody, która w ten sposób wytrącona zostaje z obiegu, albo wraca do niego jedynie przez powolne ulatnianie, gdy znów inna część wody kryje się przez czas pewien przynajmniej w wydrążeniach liści i kwiatów, zkąd ją dopiero powiew wiatrów wyrywa i sprowadza stopniowo na ziemię.

Woda deszczowa, która się wreszcie na grunt dostaje, w części przesiąka w ziemię, w części zostaje zatrzymana przez rozpostarte na dole i butwiejące szczątki roślinne, w części odpływa; spłókująca jej działalność jest przytem bardzo słaba, woda bowiem spływająca napotyka wszędzie łodygi i korzenie, które ją zatrzymują i zmniejszają jej szybkość, a nadto w obrębie lasu dziewiczego ziemia nigdy nie wysycha, stawia zatem uprowadzaniu jak największy opór. Z tego względu uprowadzająca i zmywająca siła wody wtedy tylko wywierać może skutki doniosłe, gdy zbiera się już w prądy większe o silnym spadku, ale i teraz jeszcze szybko na brzegach rozwijająca się roślinność osłabia te działania, ostatecznie więc bez wyraźnej przeszkody erozja dokonywać się może tylko w zagłębieniach. Jeżeli skały są do pewnej głębokości chemicznie rozłożone, strumień lub rzeka przy znacznym spadku bez trudu mogą łożysko swe szybko pogłębić. Ponieważ zbocza dolin są od spłókania dosyć dobrze ochronione, łożysko wkrótce wrzyna się głęboko, a gdy nadto strumień podmywa ziemię, albo też skała rozłożona zaczyna się zsuwać własnym ciężarem, lub z jakiejkolwiek podniety, jak np. wskutek trzęsienia ziemi, przytrafia się czasem zapadanie góry na mniejszej lub większej rozległości, co się przyczynia do zmniejszania spadzistości zbyt gwałtownych, przyczem dolina rozszerza się w górnem swem przecięciu, a wtedy szerokie grzbiety górskie przeobrażają się w wązkie krawędzie.

Las zwrotnikowy nietylko chroni ziemię od bezpośredniego dostępu deszczu, lecz nie dopuszcza do niej promieni słońca, które rzadko tylko przedzierają się gdzieniegdzie do wnętrza lasu, oblewając go falą światła rozproszonego. Do gruntu nie sięgają prawie nigdy promienie słoneczne, w plątaninie bowiem podszycia, drzew, lianów i narostów, drogę zatamuje zawsze jakiekolwiek ciało zacieniające; dlatego też o wpływie insolacji na glebę lasu pierwotnego mowy być nie może. Z powodu tego wyłączenia bezpośredniego światła słonecznego i chwiejność ciepła jest nader ograniczona.

Od prądów wiatru daje las także silną ochronę; chociaż bowiem gwałtowne podmuchy wdzierać się mogą do wnętrza gęstwiny, zarówno przez



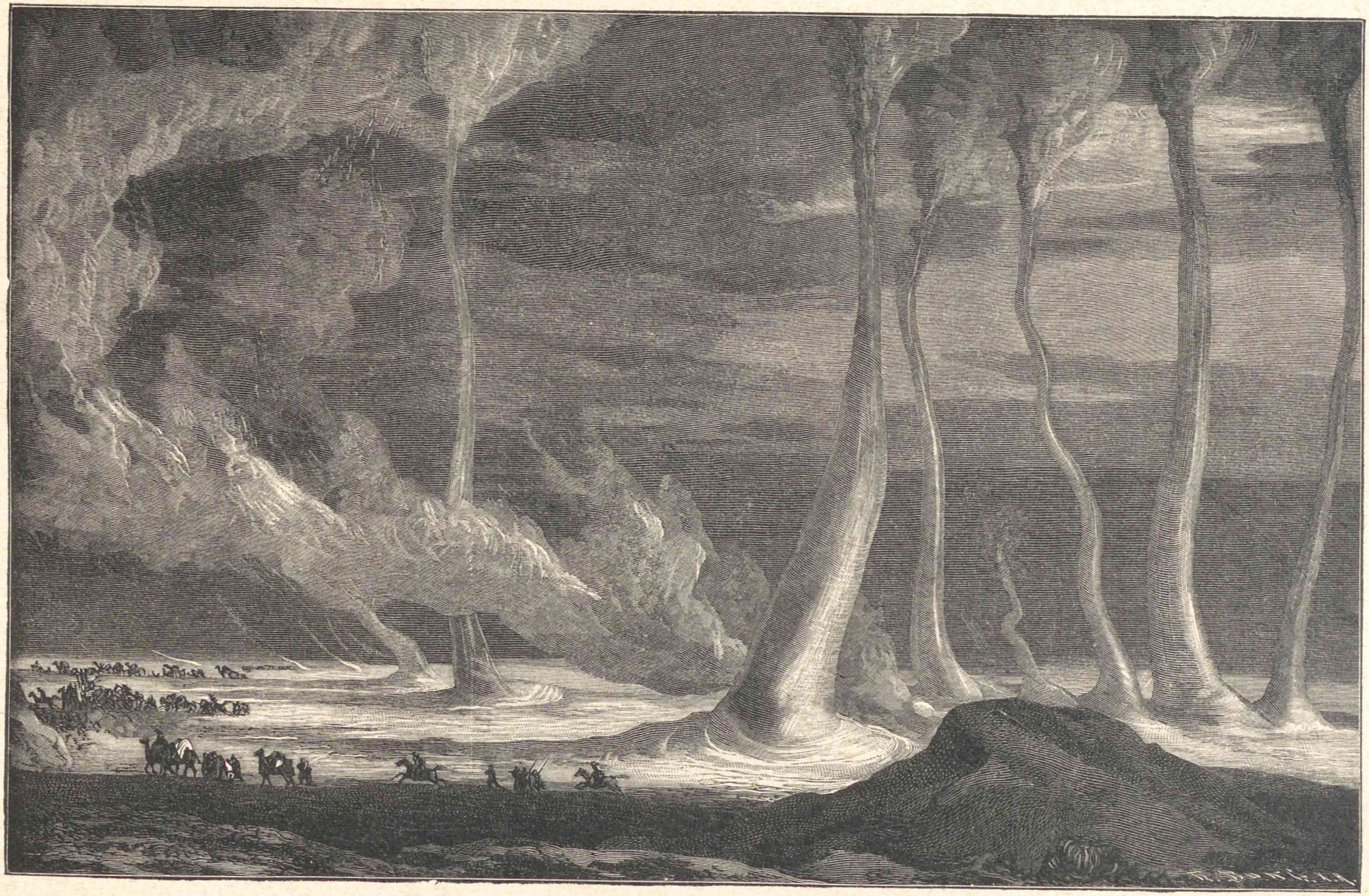
Krajobraz leśny w Harzu (dolina Ilzy).

Według fotografji „Rotophot“ w Berlinie.

boczną jej ścianę, jak i z góry między koronami drzew, to jednak tracą tu nader szybko swą siłę z powodu nieprzeliczonych oporów, jakich doznają od świata roślinnego, a ztąd istotnego działania na ziemię wywierać nie mogą. Pył i inne stałe materjały może wprawdzie wiatr do lasu wprowadzać, ale ich już nie wyprowadza, odgałęzienia bowiem prądów powietrznych tu się natychmiast wyczerpują. O tyle tylko wicher może niekiedy do organizmu lasu dziewiczego sięgać, o ile wyrywa to lub owo z płytko zakorzenionych drzew, a ztąd na krótki przeciąg czasu drobną część lasu otwiera wodzie, słońcu i wiatrom; ale natychmiast z bajeczną szybkością rozwija się znów roślinność, tworząca podszycie lasu, wyrastają liany i małe drzewka, uzdrawiając ranę w czasie jak najkrótszym.

Gdy w taki sposób dziewiczy las zwrotnikowy daje jak najskuteczniejszą ochronę od działań mechanicznych deszczu, chwiejności temperatury i wiatru, nie dzieje się już tak bynajmniej z wiecznie zielonemi lasami podzwrotnikowemi. I tu wprawdzie dach liściasty powstrzymuje bezpośrednie uderzanie deszczu, przynajmniej w głównej jego masie, a promienie słoneczne i wiatry znajdują dostęp nader utrudniony, ale brak tu już drugiego dachu niższego, który w lesie dziewiczym tak skuteczne daje poparcie głównemu pokryciu liściastemu; podszycie jest już mniej bujne, niekiedy brak go zupełnie, liany i narosty, które w lesie dziewiczym występują, tu już nikną. Korony drzew liściastych już niezawsze tak się gęsto splatają, ale niekiedy szerokie między sobą pozostawiają przerwy, bezpośrednie przeto uderzanie deszczów ulewnych wraz ze ściekaniem kropel deszczowych z liści działa tu już znacznie silniej, aniżeli w lesie dziewiczym, spłókiwanie dokonywa się energiczniej; pod wpływem słońca, prądów powietrznych i chwiejności temperatury powierzchnia ziemi wysycha, a ztąd woda znajduje wciąż nowy materjał, który uprowadza przez zmywanie; odpływ wody deszczowej następuje prędzej, ztąd też mniejsza jej ilość przedostaje się do podłoża, by tam wywierać chemicznie rozkładową działalność; erozja rzek i strumieni nie napotyka przeszkód, spłókiwanie doprowadza im większe już okruchy skalne. Wiatr nie może wprawdzie zachować w lesie szybkości dostatecznej, by piasek i pył w wyraźnej ilości unosił, ale zdoła niekiedy krążyć po lesie, a wtedy po pochyłym gruncie toczy suche kamyki i przenosi je w doliny.

Ochrona od sił mechanicznie działających okazuje się tu znacznie zmniejszona, a w wyższym jeszcze stopniu zdarza się w borach iglastych i w lasach perjodycznie tylko liśćmi pokrytych. Ponieważ w lasach iglastych podszycie jest często nader słabo rozwinięte lub zupełnie go niema, a nadto korony drzew iglastych najczęściej nie rzucają silnego cienia, więc promienie słoneczne, chwiejność temperatury i wiatr znajdują bardzo znaczne pole działalności. Ochrona gruntu od padającego nań deszczu jest słaba, w pewnych więc okolicznościach zmywanie osiągać może znaczną doniosłość. Gdzie odpływ wody deszczowej szybko następuje, jest też nieznaczne działanie chemiczne na podłoże, zapewne jednak odpadłe i na gruncie rozrzucone igły,



Trąby pyłu w stepach azjatyckich.

Według „Le tour du monde“

a w okolicach zimniejszych mchy po ziemi rozpostarte, wywierając wpływ opóźniający na odpływ wody, oddziaływają korzystnie na rozkład chemiczny podłoża, gdy natomiast szczątki roślinne w okolicach gorętszych zsychają się bardzo prędko, a tem samem wody nie dopuszczają pochłanianej do podłoża.

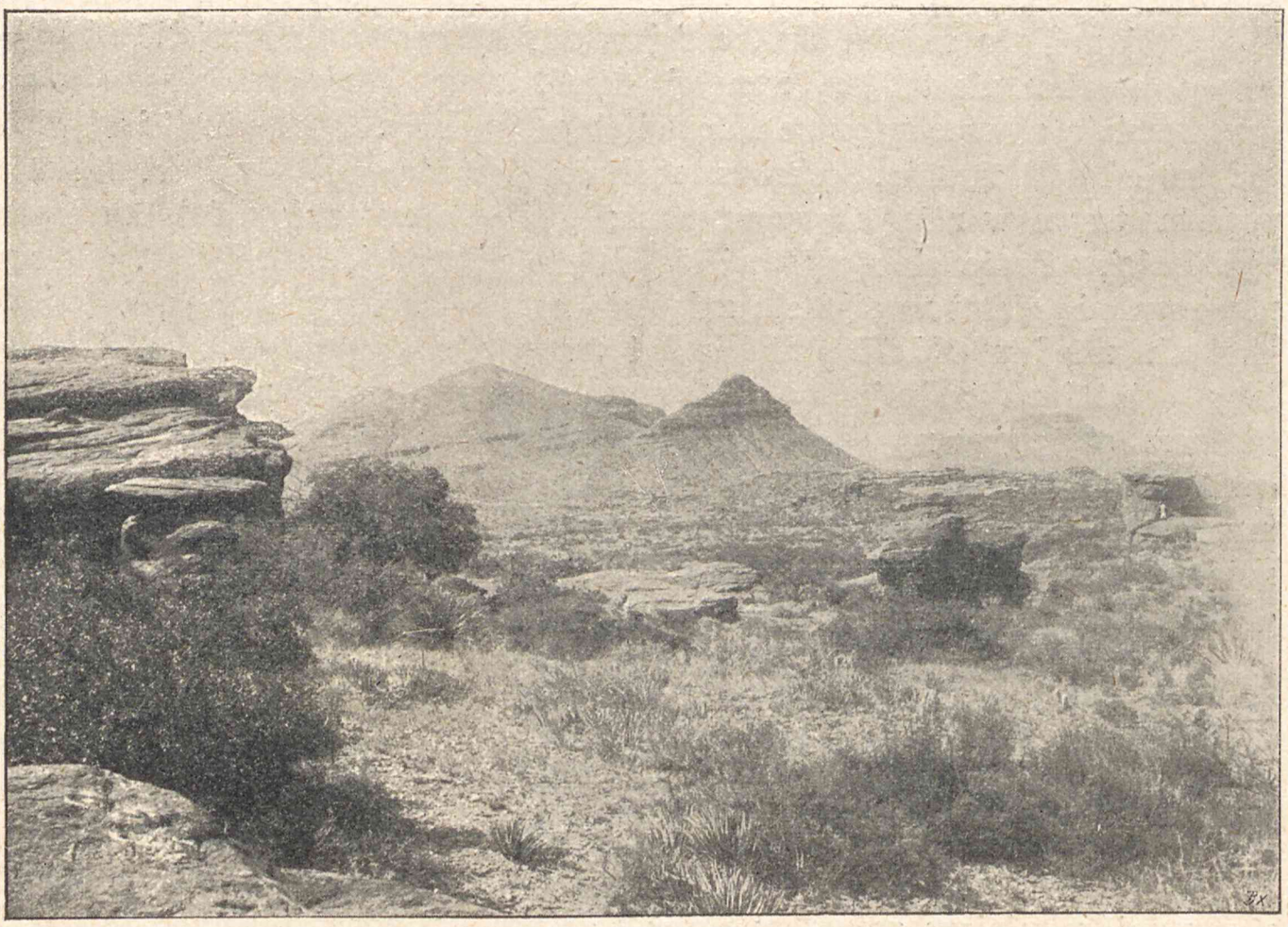
Podobnie jak bory iglaste, zachowują się też zapewne lasy rozdrębowe (eukaliptusowe) Australji, gdy w lasach pokrywających się liśćmi perjodycznie panują inne stosunki; czy to lasy te znajdują się w okolicach zwrotnikowych i liście swe tracą z powodu suszy długotrwałej, czy też występują w strefie umiarkowanej i ograniczają życiowe swe czynności



Sierra del Diablo w Ameryce.
Według fotografji prof. J. Walthera.

z powodu zimowego obniżenia temperatury, zawsze pod względem geologicznej swej działalności okazują oblicze podwójne: podczas okresu ulistnienia udzielają podłożu swemu takiej samej prawie ochrony, jak wiecznie zielone lasy zwrotnikowe i podzwrotnikowe, po utracie zaś liści podlegają nowym warunkom. W okolicach zwrotnikowych słońcu i wiatrom otwiera się droga swobodna do działań natężonych, a ztąd zmiany temperatury na powierzchni ziemi przebiegają w granicach rozleglejszych, wpływają na rozluźnienie gruntu, a w pewnej mierze przyczyniają się nawet do mechanicznego kruszenia skał: wiatr zaś, który dmie przez gołe lasy, uprowadza drobne cząstki ziemi jako pył, a piasek i kamyki wyrywa z ich związków, na gruncie pochyłym przekazuje je sile ciężkości i przesuwa na dół. Chociaż okruchy

te najczęściej zatrzymują się już po krótkiej wędrówce, to nowy podmuch wiatru wytrąca je rychło ze spoczynku i znagla do dalszego posunięcia się w tej wędrówce ku dołowi. Gdy zaś dobiegają zakątka osłonionego od wiatru, gdzie mogłyby pozostać niezakłócone, to niewątpliwie płoszy je ztamtąd pierwsza ulewa zbliżającej się pory dżdżystej i spłókuje do najbliższego strumyka, który je chwyta i sprowadza na nizinę. Początek zatem pory dżdżystej jest okresem natężonego zmywania i erozji, ale rozwijające się natychmiast ulistnienie oraz zwilgocenie gruntu tamuje rychło pracę spłókiwania, chociaż erozja w ciągu całego okresu dżdżystego czynną pozostaje.



Charakter roślinności doliny pustynnej w Texas.
Według fotografji.

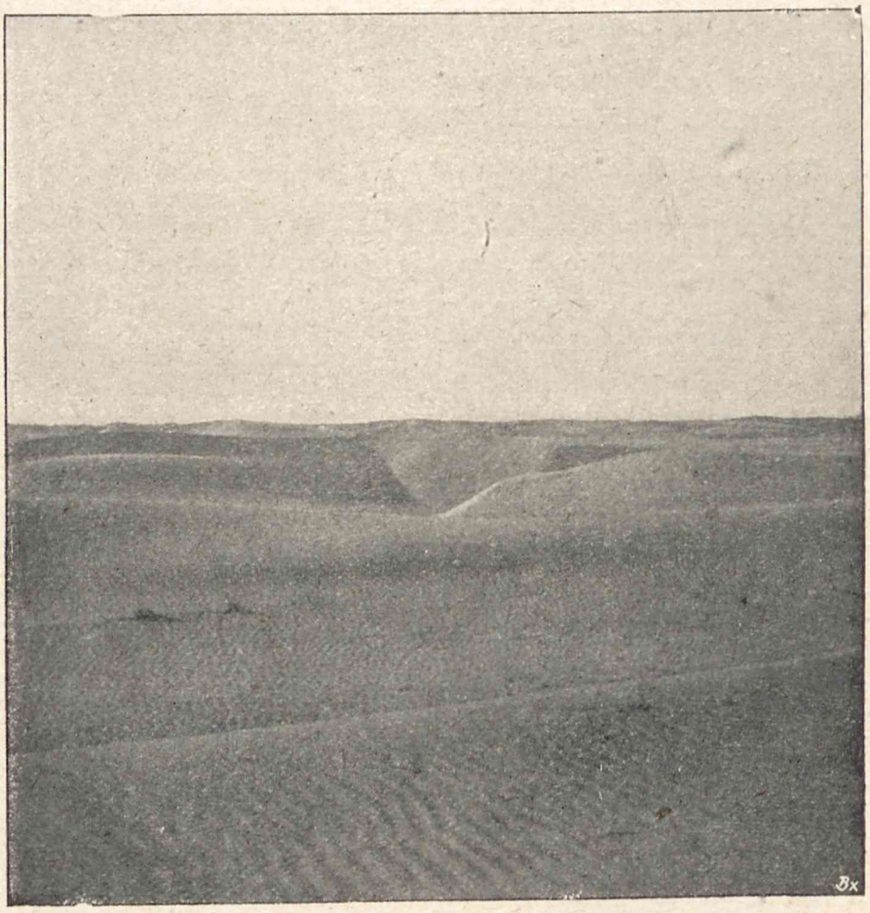
Podobnie, jak zieleniejące się podczas deszczu lasy zwrotnikowe, zachowują się też krzewiaste zarośla tych obszarów, pokrywające się również liśćmi w tym czasie, z tą różnicą, że tu podczas pory dżdżystej ochrona gruntu przez ulistnienie jest słabsza, gdy w porze suchej insolacja i wiatr działać mogą swobodniej, aniżeli w lasach. Zupełnie różne są warunki w zielonych podczas lata lasach strefy umiarkowanej, tu bowiem przyczyną opadu liści nie jest ubywająca wilgotność, ale ubywające ciepło, a insolacja i wiatry wywierają działania słabsze. Szron natomiast, albo raczej zamrażanie wody w szczelinach, przez dłuższy lub krótszy ciąg czasu rozluźnia glebę i skały, a tem samem staje się potężnym sprzymierzeńcem wymienionych wyżej czynników. Z drugiej jednak strony całą powierzchnię ziemi przez pewien

czas pokrywa śnieg, usuwając ją z pod naporu czynników geologicznych, zanim woda powstająca z jego stopienia nie rozpocznie znowu niszczącej swej działalności.

Gdy w naszym szeregu formacji roślinnych, jakie ubywająca wilgotność w przyrodzie wytworzyła, posuniemy się o krok dalej, widzimy się przeniesieni w zwrotnikowe i podzwrotnikowe sawanny i stepy. Sawanny zwrotnikowe są to po części czyste niwy trawiaste, po części niwy trawiaste, w których rozproszone są zarośla drzewne i wyspy leśne; dokąd te ostatnie sięgają, oddziaływają na grunt oczywiście w tenże sposób, co i lasy same. Zająć się tu wszakże mamy niwami porosłemi trawą, które i podczas pory dżdżystej podłożu swemu skutecznej osłony od spłókania udzielić nie mogą, trawy bowiem nie tworzą zwartej darni, ale między oddzielnemi kępami pozostawiają zawsze większe lub mniejsze przerwy. Od insolacji i od wiatru, tudzież od spłókiwania, ochrona roślinna jest tem doskonalsza, im wyżej porasta trawa w różnych sawannach; gdzie trawa dochodzi kilku metrów wysokości, osłania glebę oczywiście daleko potężniej, aniżeli tam, gdzie nad powierzchnię ziemi wznosi się zaledwie na 10—20 centymetrów, a odstępów pustych między oddzielnemi kępami trawy nie okrywa cieniem. Sawanny tego ostatniego rodzaju całem swem zachowaniem i znaczeniem geologicznem stoją już na stopniu stepów podzwrotnikowych, z tą tylko różnicą, że sawanny zwrotnikowe zielenią się podczas pory dżdżystej, a w porze suchej są puste i jałowe, gdy trawiaste stepy podzwrotnikowe okazują przeważnie zamieranie podwójne, w zimie i podczas skwaru letniego, a ztąd też niszczenie skał i rozluźnianie gruntu dwukrotnie dosięga najwyższego natężenia, przez działanie mrozu i przez chwiejność temperatury. W stepach i sawannach wiatr podczas zasypiania roślinności ma prawie zawsze znaczną pracę do spełniania, unosi bowiem małe cząstki gruntu i drobne okruchy skalne, opuszczając je znowu, skoro siła jego słabnie. Żaden podróżnik, który kiedykolwiek wędrował po obszarach stepowych, nie zapomni potężnych obłoków miotanego wiatrem pyłu, który przenika przez najdrobniejsze szczeliny okien i drzwi, i wewnątrz nawet domów lub wagonów kolei żelaznych powleka wszystko jasnobarwną warstwą; podobnież każda roślina pokrywa się pyłem, dopóki go nie strącą i dalej nie uniosą nowe, gwałtowniejsze podmuchy wichru, lub nie spłóka deszcz w czasie późniejszym. Ponieważ skutkiem działalności wiatru, który przenosi pył i piasek, oraz pod wpływem chwiejności temperatury, która niweczy skały i rozluźnia grunt, na powierzchni ziemi wciąż gromadzą się obfite ilości materjału sypkiego, przeto spłókująca praca pierwszych deszczów ulewnych i czynność erozyjna wód bieżących podczas pory dżdżystej może mieć znaczną doniosłość.

Podobne warunki przedstawiają też trawą porosłe niwy niektórych gór zwrotnikowych, gdy kobierce górskie stref umiarkowanych oraz tundry okolic zimnych stawiają znaczniejszy opór, unoszącej działalności wiatru i wody ale natomiast otwierają rozleglejsze pole wpływom mrozu.

Szereg formacji roślinnych zamykają obszary ubogie w roślinność, albo zupełnie jej pozbawione, jakie powstają w okolicach zwrotnikowych i podzwrotnikowych dla braku wilgoci (pustynie), w naszych zaś górach i w krajach biegunowych z powodu niskiej temperatury. W pustyniach ochrona gruntu przez roślinność ograniczona jest do miary nader nieznacznej; zachmurzenie jest wciąż bardzo słabe, promieniowanie słoneczne podobnie jak i nocne promieniowanie ziemi wcale prawie przeszkody nie napotykają, zkąd powstawać mogą wielkie różnice między temperaturą dnia a nocy, a niszczenie mechaniczne skał skutkiem niejednostajnego rozszerzania i kurczenia zachodzi w wysokim stopniu. Ztąd wytwarza się bezustannie sypki materjał skalny, który przekazywany zostaje unoszącej pracy wiatru i wody. W samej rzeczy działalność obu tych czynników jest w obszarach pustynnych nader potężna, gdy jednak woda bardzo rzadko tylko czynność swą wywierać może, jest wiatr wszędzie przy pracy bezustannej, a ztąd też na ukształtowanie powierzchni pustyni wywiera wpływ znacznie większy, aniżeli woda. Inaczej dzieje się w jałowych okolicach górskich i biegunowych, o ile nie są okryte: wiecznym śniegiem i lodem działanie promieniowania słonecznego nie jest tu już wprawdzie silne, ale tem donioślejszy jest wpływ mrozu, który wciąż nowe części skał rozluźnia, czyniąc je podatnemi do unoszenia przez wiatr i przez wodę ciekłą lub zakrzepłą.



Piasek pustynny z powierzchnią pomarszczoną.
Według fotografji prof. J. Walthera.

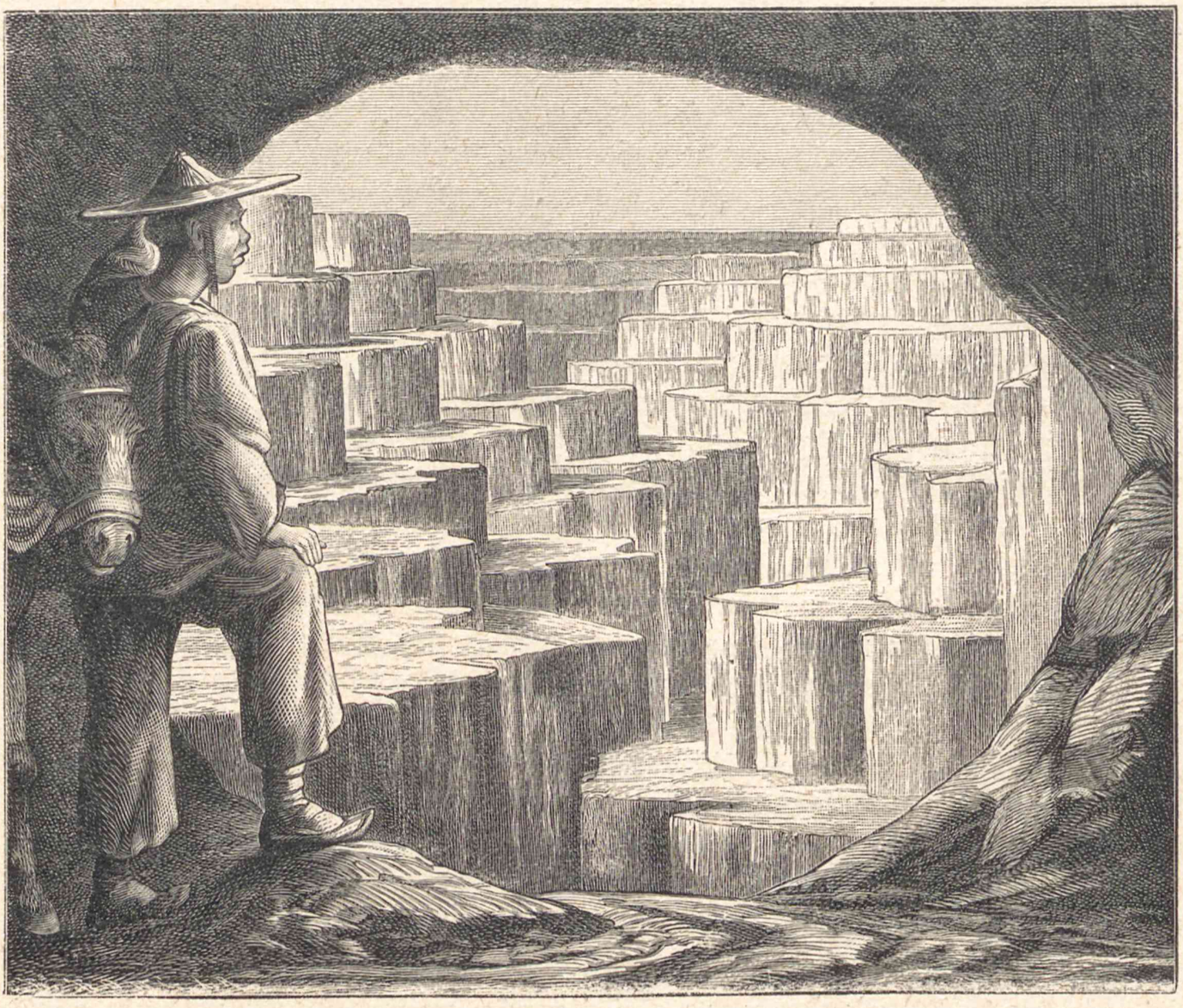
W ten sposób zbadaliśmy główne typy formacji roślinnych pod względem ich znaczenia geologicznego i przekonaliśmy się, że w obrębie niezmiennych warunków ciepła przy ubywającej wilgotności ciągnie się szereg stopniowy, od wilgotnych lasów dziewiczych aż do pustyń, a w obrębie tego szeregu rozkład chemiczny i rozpuszczanie wciąż słabną, gdy natomiast wietrzenie mechaniczne wciąż wzrasta; poznaliśmy też, że w szeregu tym woda wywiera działania swe w ciągu czasu coraz krótszego, a unosząca jej praca, jeżeli ją wykonywać może, obejmuje obszar coraz rozleglejszy, gdy wiatr w obrębie tego szeregu, zarówno pod względem długotrwałości jak i doniosłości, coraz odgrywa wybitniejszą rolę. Nie w tak prosty sposób kształ-

tują się stosunki, gdy szereg formacji roślinnych porządkujemy według ubytku ciepła, tu bowiem wysuwają się już te, już owe czynniki doniosłego znaczenia i nie dopuszczają podziału tak prostego, jak przy szeregu ułożonym według wilgotności. W pustyniach materjał z wietrzenia powstający uprowadzany jest najczęściej wyłącznie przez wiatr, który go odkłada znów w sąsiedztwie, w obszarach stepowych usuwany jest częścią przez wodę, a częścią przez wiatr, w obszarach leśnych woda prawie sama tylko przejmuje odprowadzanie produktów wietrzenia; w okolicach górskich i biegunowych ważne znaczenie jako środek przewozowy mają też obok niej śniegi i lody (lawiny i gleczery), a wreszcie i morze ujawnia swą działalność w dalszem roznoszeniu materjału skalnego, który samo oswobadza, lub który doń jest doprowadzany.

Rodzaje gruntu.

Przez potężne procesy geologiczne wytworzyły się wielkie formy powierzchni ziemi, które wywarły wpływ istotny na klimat, oraz na świat roślinny i zwierzęcy, ale przez cichą i powolną działalność wody, powietrza i ciepła, przy współudziale świata roślinnego i zwierzęcego, nastąpiło tak ważne dla człowieka, dalsze jej przeobrażanie, które powiodło do wytworzenia różnych rodzajów gruntu i do wymodelowania drobiazgowych form lądu, do wyrzeźbienia ziemi. W pracy tej brały udział liczne czynniki: podłoże geologiczne, wielkie formy lądu, klimat, świat roślinny i zwierzęcy, jako też geologiczne środki przewozu: wiatr, woda i lód, a to wszystko wywołało na globie ziemskim niezmierną rozmaitość ukształtowania, którą podróżnik zawsze na nowo podziwia. Gdy badamy lasem pokryte pasmo górskie w strefie zwrotnikowej lub w okolicach umiarkowanych, poznajemy przy ściślejszem dochodzeniu, że powłoka gruntu w obu razach powstała ze zwietrzenia skały przyległej, albo z pozostałości po rozpuszczeniu skały rozpuszczalnej, jak np. wapienia. Mamy tu przeto do czynienia z rodzajem gruntu, który wytworzył się na miejscu, — z gruntem „eluwialnym“. W strefach umiarkowanych grunt ten eluwialny przedstawia się jako glina ciągliwa, wodanem tlennika żelaza zabarwiona brunatno lub żółto, która nieraz zawiera nierozłożone jeszcze lub nierozpuszczone okruchy skalne; eluwialna ta glina jest bardzo rozpowszechniona na powierzchni ziemi, oceniono bowiem, że zajmuje część jej szóstą. W pasie zwrotnikowym grunt eluwialny utworzony jest najczęściej z gliny czerwonej lub brunatnej, zabarwionej tlennikiem żelaza i jego wodanem, niekiedy nieco piasczystej, zwanej laterytem; często jednak grunt gliniasty jest tam jasny, żółty, który różne swe zabarwienie zawdzięcza może redukcji tlennika żelaza przez przesiąkającą wodę, zawierającą kwasy próchnicowe. Rozprzestrzenienie laterytu oznaczono jako szóstą część lądowej powierzchni ziemi, zapewne jednak przeceniono ją o wiele. Różnica rozmaitych odmian gruntu eluwialnego w strefach umiarkowanych i zwrotnikowych zależy głównie od rodzaju skał przyległych. W strefach zwrotnikowych są skały daleko głębiej osadzone, aniżeli w klimacie umiarkowanym, co złożyć przeważnie należy na karb różnej roślinności, gdyż bujny las zwrotnikowy podłoże swe dale-

ko skuteczniej ochraniać może od unoszenia, aniżeli uboższy las pasów umiarkowanych. Oba przytoczone rodzaje gruntu eluwialnego napotykają się w górach i na równinach, trzeci natomiast jego rodzaj ograniczony jest do krajów górskich: są to rumowiska skalne, które się na miejscu wytworzyły i tam pozostały. W wielu natomiast okolicach górzystych produkty niszczenia są rychło usuwane, co otwiera pole do dalszego rozkładu. Stan taki występuje w przeważnej części pasm górskich i krajów wzgórkowatych strefy umiarkowanej, obejmuje zaś około $^1/_{25}$ części ogólnej powierzchni



Dolina w glinie nawianej w chińskiej prowincji Szanzi.
Według dzieła F. Richthofena „China".

lądu. W strefach zwrotnikowych podobny „grunt zmienny" napotyka się tylko w suchych, miernie zalesionych, lub też w stromych i pokrytych sawannami górach.

Gdy czynniki usuwające zyskują przewagę nad niszczącemi, na jaw występuje naga skała, — powstaje grunt skalisty. Wszystkie geologiczne środki transportu, jak wiatr, woda bieżąca, fale morskie, lodniki, mogą w okolicznościach sprzyjających wytwarzać grunt taki; w większych jednak wymiarach skutek ten osiągnęły jedynie wiatry i lodniki, pierwsze w pusty-

niach okolic zwrotnikowych i podzwrotnikowych, drugie w zlodowaciałych niegdyś obszarach górskich wszystkich stref i w zimniejszych dziedzinach ziemi na obu półkulach. Tillo ocenił rozległość pustyń skalistych na $^1/_{16}$, rozległość zaś gruntu skalistego, przez lody wytworzonego, na $^1/_{20}$ (niewątpliwie zbyt wysoko) ogólnej powierzchni ziemi. Gdy skały pustynne po większej części zupełnie są jałowe, to na ogładzonym przez lodniki gruncie skalistym rozpościera się gdzieniegdzie cienka powłoka porostów, w zagłębieniach zaś wytwarza się i gleba, wprawdzie uboga, która jednak żywić może często rośliny wyższe, a w pewnych okolicznościach nawet las. Stanowczo nienawistnym natomiast dla roślinności okazuje się grunt lodowy: na górach wysokich i w okolicach biegunowych, gdzie śnieg i lód zajmują trwale powierzchnię, świat roślinny już nie posiada ojczyzny.

Materjały, wytworzone przez zwietrzenie, które unosi lód, woda i wiatr, opadają znowu, skoro wyczerpuje się siła przewozowa tych czynników, a ztąd powstają grunty nasypowe, zajmujące według Tilla 42 odsetki powierzchni lądu. Z tego 8 odsetek przypada na rumowiska lodników, 5 odsetek na napływy przez rzeki znoszone, a 28 odsetek na osady eolskie, t. j. na produkty zwietrzenia, naniesione przez wiatr. Nasypy przez morze na lądzie stałym wytworzone rozprzestrzenienia wielkiego w ogólności nie osiągają, jedynie tylko piasek koralowy posiada w Australji i Oceanji ważność donioślejszą. Znaczna rozległość obszaru zajętego rumowiskami gleczerów oraz skałami przez nie wygładzonemi (ogółem 13 odsetek powierzchni lądu) świadczy, jak potężnie wpłynął dyluwialny okres lodowy na powierzchnię ziemi, a tem samem pośrednio na losy człowieka. Zdumienie wywołuje też niezmierne rozprzestrzenienie osadów eolskich, zajmują bowiem przeszło czwartą część powierzchni lądu i dobitnie stwierdzają niezmierne znaczenie wiatru, jako środka przewozowego. W dziedzinach naszych, zapewne, wiatr rzadko ukazuje pełną swą potęgę, w innych także krajach Europy środkowej i zachodniej nie ujawnia działalności znaczniejszej, a ztąd stosunkowo późno dopiero poznano całą jego ważność geologiczną. Główną swą rolę, jak widzieliśmy wyżej, odgrywa w obszarach klimatu suchego, w pustyniach zwłaszcza, których piasek lotny w ruch wprawia i w ciągłym ruchu utrzymuje, przyczem usiłuje pustynię coraz dalej posuwać. Piasek lotny pustyń i wydm nadbrzeżnych zajmuje część czwartą wszystkich nasypów eolskich, a względem roślinności zachowuje się nader nieprzyjaźnie. Łaskawszy już jest dla niej drobnoziarnisty grunt stepów, które często rozpościerają się dokoła pustyń w szerokim obwodzie, sięgając nawet poza wysokie góry. Grunt taki zbudowany jest z drobnego pyłu gliniastego, pochodzącego z pustyń i sąsiadujących z niemi okolic, który przez wiatry dla większej swej lekkości mógł być unoszony dalej, aniżeli piasek lotny. Ponieważ grunt stepowy występuje po większej części w obszarach bezodpływowych, jest więc najczęściej solonośny; im bardziej zawartość soli ulega wyługowaniu przez wodę słodką, tem korzystniejsze w ogólności warunki znajduje roślinność.



Trzy zęby w Dolomitach.
Według fotografji tow. „Photoglob" w Zurichu.

Jak obszary stepowe występują w pasach otaczających pustynie, tak znów dokoła niektórych obszarów stepowych znajdują się krainy lesu czyli gliny nawianej, zbudowane z wapiennego i gliniastego pyłu stepów, sprowadzonego przez wiatry. Les jest to obfitująca w wapno glina żółtobrunatna, nieuwarstwowana, nader dziurkowata i przejęta rozgałęzionemi, ku dołowi zwróconemi, kanałami. Jest to grunt w najwyższym stopniu dla wody przepuszczalny, dlatego też roślinności drzewnej nie utrzymuje. Taka glina nawiana zajmuje około siódmej części wszystkich nasypów eolskich i rozprzestrzeniona jest zwłaszcza w Chinach, w pampach południowo-amerykańskich, oraz w okolicach zachodnich rzeki Mississippi.

Dostrzedz można niejakie podobieństwo własności fizycznych pomiędzy gliną nawianą a narzutami wulkanicznemi; grunt taki powstaje również z osadów przez wiatr znoszonych, materjał jego wszakże nie pochodzi z wietrzenia skał sąsiednich, ale wywiany został bezpośrednio z łona ziemi przy wybuchach wulkanicznych. Gdy więc wszystkie wyżej przytoczone rodzaje gruntu okazują wyraźną zależność od warunków klimatycznych okolicy, wulkaniczny grunt nasypowy jest od tego wolny, a w występowaniu swojem zawisły jedynie od przyczyn geologicznych (od istnienia wulkanów) i od panujących kierunków wiatru. Ostatnia ta okoliczność ujawnia się szczególniej wyraźnie pod zwrotnikami, gdzie niższe chmury popiołu i pumeksu porywane są zwykle i odprowadzane przez stateczne pasaty, gdy wysoko

wzbijające się słupy popiołu i lapilli, które sięgają aż do dziedziny antypasatu, odbiegają w kierunku przeciwnym.

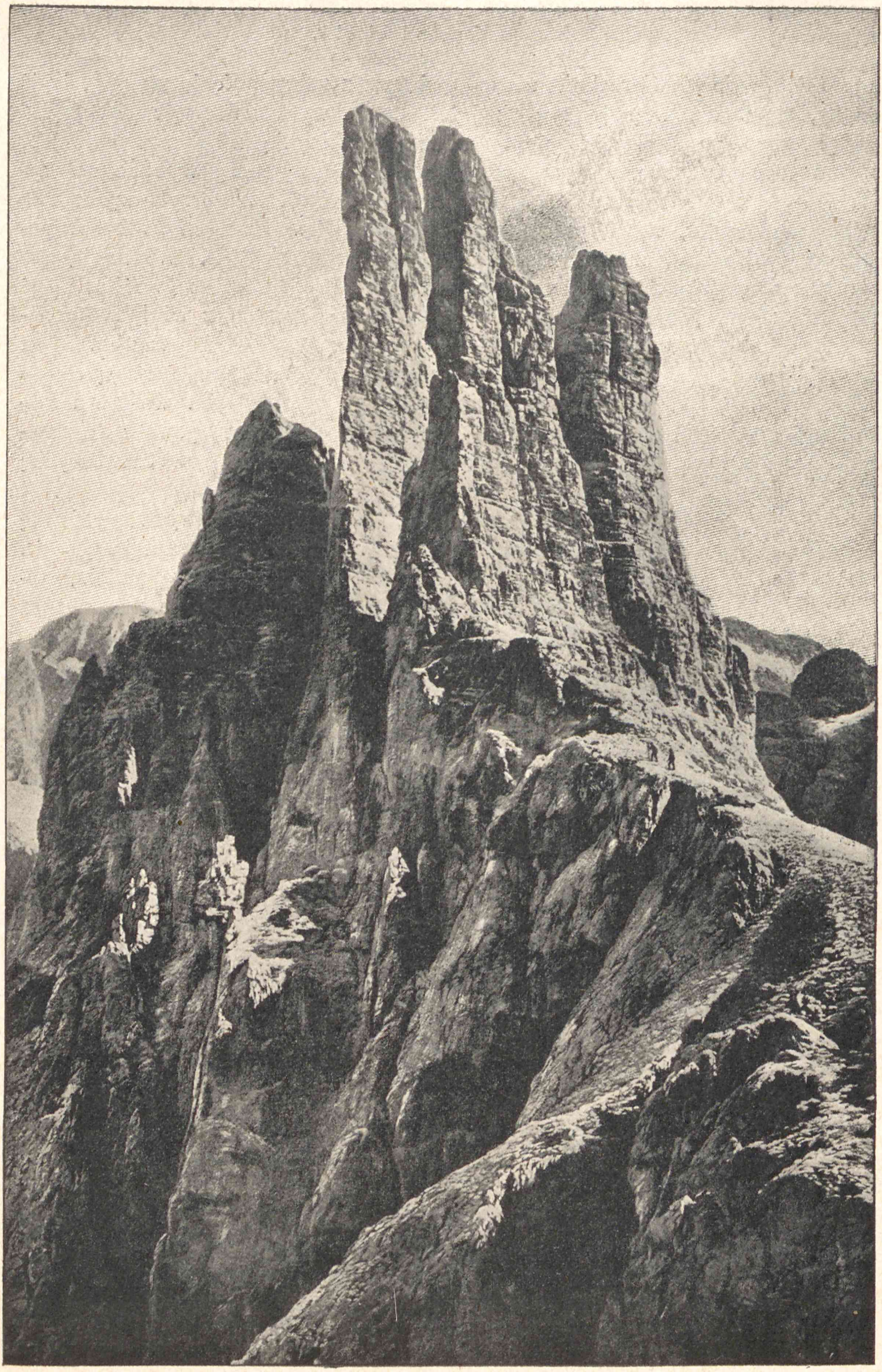
Jak nasypy wulkaniczne, tak też niezależne są od warunków klimatycznych i skaliste grunty wulkaniczne, wytwarzane przez świeże prądy lawy. Grunty takie utrzymują się bardzo długo jedynie w klimatach chłodnych lub suchych, w okolicach bowiem wilgotnych i ciepłych poddają się wietrzeniu chemicznemu i ulegają władzy bujnie krzewiącej się roślinności.

Rozprzestrzenienie gruntu wulkanicznego jest słabe, czyni zaledwie około jednej odsetki powierzchni lądu; pomimo to, znaczenie jego dla człowieka jest bardzo wielkie, jak to następnie zobaczymy. Ważniejszy, gdyż powszechnie rozpostarty, jest czarnoziem, czyli wierzchnia odmiana gleby, która powstaje pod wpływem obumierającej roślinności, a pod wpływem pracy dżdżowników i mrówek ulega przeobrażeniu. Warstwa czarnoziemu ma często grubość niewielu tylko centymetrów, niekiedy jednak dochodzi kilku metrów, a często brak jej zupełnie. Znaczna obfitość obumierających części roślinnych oraz pewna miara wilgotności szczególniej sprzyjają powstawaniu czarnoziemu, a jak się zdaje, warunki te występują szczególnie w wilgotnych obszarach umiarkowanych i w chłodniejszych okolicach zwrotnikowych, zdarzają się jednak i w gorących okolicach zwrotnikowych, jeżeli posiadają odpływ powolny wody. Zresztą i w najbujniejszych nawet obszarach lasów zwrotnikowych napotykamy często uderzająco cienką warstwę czarnoziemu, ztąd zapewne, że deszcz nadmiernie ulewny zbyt silnie ją spłókuje, albo też, że opadające liście i inne szczątki roślinne z powodu bujnego podszycia po większej części nie dosięgają gruntu i z nim przeto łączyć się nie mogą.

Jak różne rodzaje gruntu przeważnie pozostają w silnej zależności od klimatu, tak dzieje się w ogólności i z drobiazgowemi formami lądu, chociaż te w silniejszej mierze zależne są od natury geologicznej skał, oraz od panujących w danej okolicy wielkich form lądu (góry, krainy stołowe, równiny).

Wyrzeźbienie ziemi.

Weźmy przedewszystkiem pod uwagę dalsze ukształtowanie form górskich. Już sam sposób, w jaki dane góry wytworzone zostały, czy to przez sfałdowanie, czy przez załamanie, czy też przez wyrzucone a następnie zakrzepłe masy wybuchowe, sprowadza pewien rys jednolity w zewnętrznej ich postaci. Góry fałdowe tworzą zwykle cały ciąg równoległych wyniesień i dolin, a tenże widok łańcuchów równoległych i dolin podłużnych obserwować możemy w górach, gdzie fałdowanie występuje w towarzystwie z załamaniami podłużnemi. W takich razach drogi wodne biegną najczęściej na rozległych przestrzeniach w kierunku dolin podłużnych, zanim w innym łańcuchu wytworzą krótką dolinę poprzeczną; ztąd też i w biegu rzek wybija się często bardzo wyraźna i daleko śledzić się dająca równoległość, która się następnie powtarza w kierunku dróg kumunikacji i w położeniu głównych osiadłości ludzkich. Inaczej dzieje się w wybuchowych pniach górskich, gdzie odpływającej wodzie deszczowej drogę wyznacza jedynie



Wieże Bajoletu w Dolomitach, w grupie Rosengarten.

Według fotografji B. Jehannesa w Meranie.

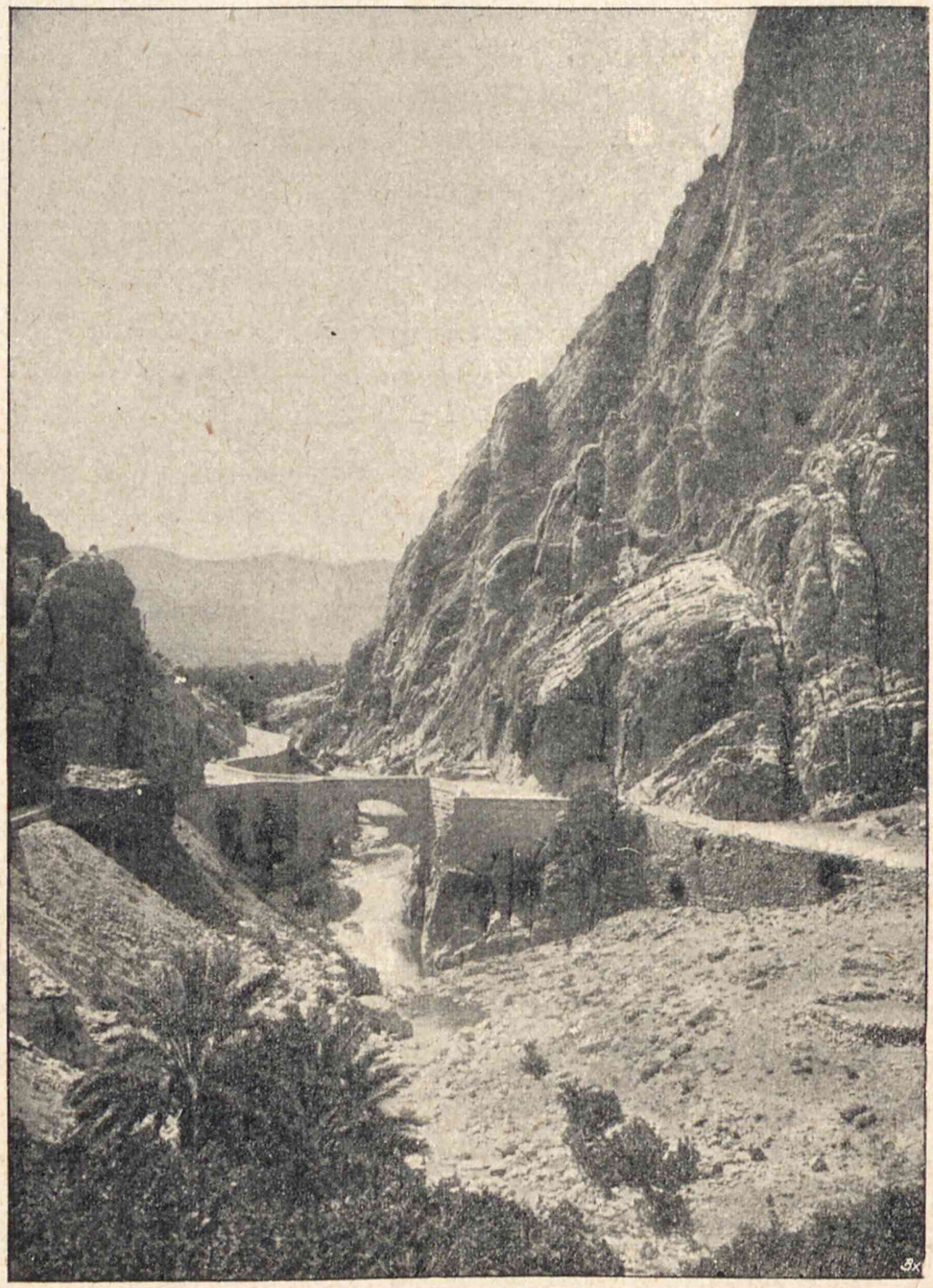
ukształtowanie powierzchni, utworzonej przez zakrzepnięcie magmy, bądź mniej, bądź też więcej płynnej; jeżeli masy wybuchowe ugrupowały się dokoła pewnego środka, to prądy rzeczne wybiegają zwykle promienisto z punktu centralnego, w tych zaś przypadkach, gdy masy wybuchowe wydobyły się z długich szczelin skorupy ziemskiej i ztąd utworzyły wydłużone grzbiety górskie, rzeki przebiegają najczęściej w licznych dolinach poprzecznych, a ztąd znowu ujawniają pewną równoległość. W mniejszych natomiast odgałęzieniach brak wszelkiego uporządkowania według linji prawidłowych, jednostajny bowiem w ogólności charakter skał wybuchowych nie sprzyja wytworzeniu się pewnych, szczególniej uprzywilejowanych lub upośledzonych kierunków. W górach fałdowych, które okazują ciągłą zmianę różnych warstw skalnych, z powodu pochylenia tych warstw i rozmaitej twardości oddzielnych ławic, prądy wodne obierają pewien oznaczony kierunek jako szczególniej korzystny, a według tej linji wytwarzają się i pogłębiają doliny.

Jeżeli stosownie do tego już sam sposób geologicznego wytworzenia się i geologicznej budowy gór oddziaływa na wielkie linje późniejszego ich ukształtowania, to drobiazgowym formom lądu, szczytom, grzebieniom, stokom, podnóżom dolin i t. d. znamienne ich cechy nadaje ostatecznie natura skał, klimat i świat roślinny.

Dopóki pozostajemy w wilgotnych strefach klimatycznych, ma dla ukształtowania form lądowych najdonioślejsze znaczenie, czy dane skały ulegają wietrzeniu lub rozpuszczaniu, czy też opierają się tym działaniom. Do skał nierozpuszczalnych, a zarazem nierozkładających się, należą przedewszystkiem gliny i łupki glinkowe, które powstały z ziemi zwietrzałej lub ze szczątków pozostałych po uprowadzeniu rozpuszczalnych jej części w dawnych okresach geologicznych, dalej kwarcyty, piaskowce krzemionkowe i t. p. Na skały te deszcz i ciepło nie wywierają działania chemicznego; natomiast ulegają przeobrażeniom mechanicznym, powodowanym przez chwiejność temperatury, przez przedzierające się korzenie, przez uprowadzającą pracę wody i wiatru, przyczem oczywiście miarodajne są i własności fizyczne tych skał, jak ich twardość lub dziurkowatość. Gliny i skały glinkowe mogą się w okolicach dżdżystych tak dalece wodą napawać, że stają się prawie plastyczne, a wtedy łatwo spływają i zsuwają się, albo też stłaczają się wzajem, co oczywiście oddziaływa znów na ukształtowanie powierzchni; obok tego są dla wody nieprzepuszczalne i łatwo dają się przez nią porywać, zkąd też w górach glinkowych prądy wodne są bardzo liczne, bardzo często rozwidlają się, łożysko swe szybko zagłębiają i wytwarzają stoki jednostajnie spadziste, grzbiety ostre i rozgałęzione z wązkiemi szczytami lub grzebieniami, co dla komunikacji ma ważne znaczenie. Pod cieniem gęstego lasu wszystkie te formy wydają się złagodzone i przytłumione, silniej wszakże jeszcze w starych, bardzo już zniszczonych górach tego rodzaju, gdzie rzeki łożyska swego więcej już zagłębiać nie mogą, tam bowiem odprowadzanie skał miękkich szybko dalej postępuje, a wreszcie z gór

nader ostro wyrzeźbionych z wązkiemi grzebieniami powstaje kraj wzgórkowaty z szerokiemi grzbietami. Twarde natomiast skały, które długo opierać się mogą unoszeniu, nadają górom z nich utworzonym kształty dzikie i dumne, albo też, przy niewielkiej wysokości, sięgają ponad swe otoczenie, jakby mury osobliwe, daleko rozpostarte.

Inaczej układają się stosunki w skałach rozpuszczalnych, między któremi wapieniom i dolomitom główne przypada znaczenie. Gdzie skały te nie są pokryte roślinnością, tam woda kwasem węglanym obładowana rozpuszczającą swą działalnością rzeźbić może powierzchnię ziemi w formy dziwacznie ukształtowane. Na obszarach spadzisto pochylonych woda odpływa szybko, czy to stoki pokryte są roślinnością, czy też są nagie; ale w krainach bardziej płaskich znaczna część wody ginie w rozpadlinach i przyjmuje bieg podziemny, gdzie drogę swą przez ciągłe rozpuszczanie coraz dalej rozpościera i wreszcie przeobraża ją w szereg wielkich pieczar. Przez zapadanie takich jaskiń powstają zagłębienia lejkowate, które często pokrywają obficie całą okolicę, wywierając ztąd wpływ znaczny na komunikację. Ponieważ zaś prądy wodne przeważnie zachowują tam bieg podziemny, nie są przeto zmuszone do trzymania się wielkich dolin podłużnych, wytworzonych przez fałdowanie, ale w pewnych okolicznościach mogą w tym biegu podziemnym przełamywać pasma gór wapiennych w kierunku prostopadłym, nie wytwarzając przytem zgoła doliny otwartej, albo chociażby tylko znaczniejszego zagłębienia, a objaw ten na komunikację znowu wy-

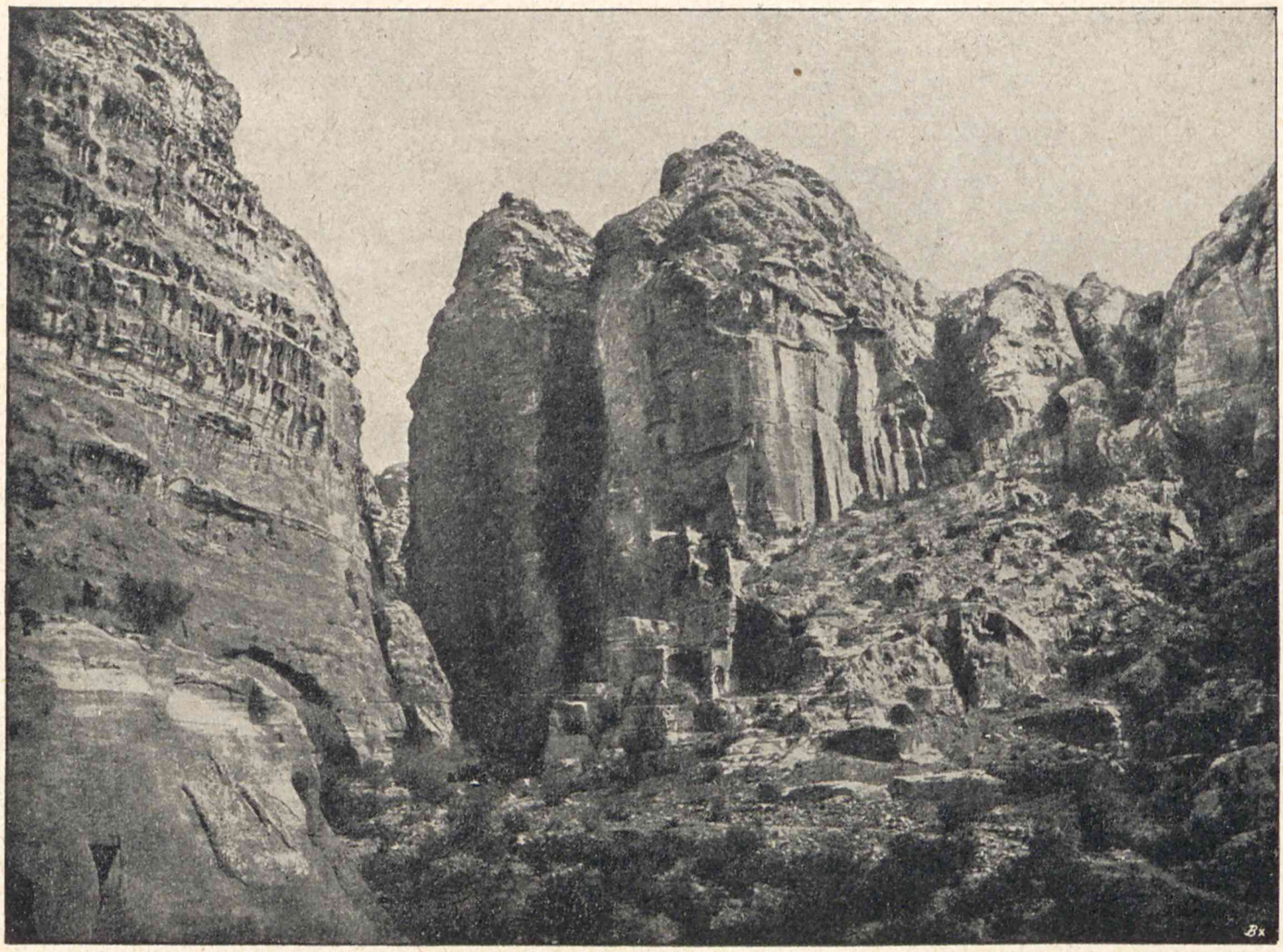


Wąwóz El Kantara na skraju Sahary.
Według fotografji tow. Photoglob w Zurichu.

wiera wpływ silny i to nader niekorzystny. A nawet i w tym razie, gdy rzeka wybija sobie poprzecznie przez pasmo gór wapiennych dolinę otwartą, jest ona najczęściej tak wązka i tak stromemi ścianami otoczona, że dla komunikacji zgoła nie może być dostępna, albo przynajmniej ze znacznym tylko mozołem, śród nagich skał i stromych stoków, gdy znowu brak wody w górach wapiennych wpływa niekorzystnie na rozwój kultury i osiadłości ludzkich. Szorstkie formy gór w obszarach wapiennych ztąd pochodzą, że z powodu słabego wietrzenia wapień w strefach klimatu wilgotnego i ciepłego nie rozpada się na drobne odłamy, pochyłość przeto jego stoków łagodzić się nie może; w tych tylko okolicach, gdzie silniej występuje chwiejność temperatury i działanie mrozu, wapień ulega wreszcie tym atakom, rozpadając się na drobne bryły graniaste, które następnie u stóp skał gromadzą się w wielkich usypiskach. Pod tym względem na ukształtowanie powierzchni wywiera też wpływ istnienie lub brak roślinności. Podobnie jak wapień, zachowuje się też i dolomit, o ile nie okazuje skłonności do rozsypywania się w drobny piasek dolomitowy, co się w niektórych okolicach przytrafia. W krajach ciepłych i dżdżystych rozpuszczanie dokonywa się z natężeniem znacznie większem, aniżeli w chłodnych i suchych, ztąd też zagłębienia dochodzą tam wymiarów większych, ogólny wszakże charakter gór pozostaje jednaki.

Większe różnice powoduje wyższy zasób ciepła i wilgoci w skałach łatwo ulegających rozkładowi chemicznemu, w ciepłych bowiem i wilgotnych okolicach zwrotnikowych rozkład przenikać może głęboko w skałę. Wskutek tego skały najrozmaitsze, jak gnejs, granit, serpentyn, djoryt, bazalt i t. d., w wierzchnich swych częściach zachowywać się mogą zupełnie jak skały glinkowe, a ztąd góry przybierają niekiedy formy podobne, jeżeli tylko wietrzenie i unoszenie trwało dostatecznie długo. Ponieważ w tych okolicach zwrotnikowych roślinność nader bujna chroni grunt od uprowadzania, rzeki zaś i strumienie szybko pogłębiają swe łożysko, a tem samem podmywają ściany dolin, w obszarach przeto zwrotnikowych lasów dziewiczych często następuje ześlizgiwanie się brył skalnych po stokach rozmiękłych i chemicznie rozłożonych, a w następstwie tego rozwijają się bardzo strome i na całej swej wysokości dosyć jednostajne zbocza dolin, z któremi wiążą się w górze płaskie i szerokie grzbiety górskie. Gdy jednak erozyjne to działanie coraz dalej postępuje, zbliżają się stopniowo ku sobie zbocza dwóch sąsiednich dolin równoległych, szeroki więc grzbiet górski coraz się bardziej zwęża i zamienia wreszcie na ostry grzebień. W ten sposób tedy w górach, które są złożone z jednakowych skał i posiadają jednakowy klimat wilgotny, występować mogą ostre grzebienie lub grzbiety szerokie, stosownie do tego, jak daleko posunął się rozwój dolin przyległych.

W krajach mniej wilgotnych skały nie ulegają wietrzeniu tak głęboko, jak w okolicach dżdżystych pod zwrotnikami, dlatego też właściwy ich charakter daleko się wyraźniej wybija; czynniki zewnętrzne napastować tu mogą jedynie tylko warstwy wierzchnie, a przy uboższej roślinności zwie-



Wyjście z wąwozu pod Oktrą, jako przykład zwietrzenia.
Według fotografji prof. J. Walthera.

trzałe części skał łatwiej są uprowadzane, dlatego też widzimy rzeczywiście, że granit, serpentyn, gnejs i t. d. wytwarzają bardzo różnorodne formy gór. Granit, djoryt i przeważna część innych skał dawnych, jakoteż młodsze skały wybuchowe, okazują dążność do wytwarzania kopuł i grzbietów płaskich, stoków stromo pochylonych i dolin rozwidlonych, gdy gnejs (zwłaszcza przy spadzistym układzie warstw) oraz serpentyn i inne skały mają większą skłonność do budowania szczytów ostrych na wzór gór glinkowych. Ponieważ w okolicach mniej wilgotnych, opatrzonych słabą powłoką roślinną, chwiejność temperatury wywiera wpływ znaczny na mechaniczne wietrzenie skał, odprowadzanie zaś rumowisk nie napotyka zbyt silnych przeszkód, u stóp przeto stoków górskich zbiera się gruz w znacznych ilościach, a ztąd stoki te u spodu tracą swą spadzistość, chyba że rzeki uprowadzają rumowiska. W wysokich obszarach górskich, gdzie ujawniają się działania wody marznącej w szczelinach, wietrzenie mechaniczne dokonywa się prędzej, aniżeli na stokach niżej położonych, ztąd i zmiana form najszybciej tu dokonywać się może.

Rozważaliśmy dotąd los gór w klimatach wilgotnych i poznaliśmy, że rozmaite ich formy w znacznej mierze zależą od niejednakowego zachowania się różnych skał względem działań wody. Skoro wszakże zwracamy się do klimatów suchych, gdzie woda tylko przez czas bardzo krótki wywierać

może wpływ swój na skały, różnica ta odpada oczywiście i miarodajną pozostaje jedynie spoistość skał, od niej bowiem zależy oporność ich względem zmian temperatury i mrozu. Dlatego też niektóre skały wytwarzają tam góry form zgoła odmiennych, aniżeli w okolicach europejskich; tak np. granit, którego kopuły zaokrąglone często widzieć można w Europie, wytwarza tam szczyty ostre i zębate, a inne skały, które tu zwykle łagodne dają stoki, występują tam w ścianach spadzistych.

Czy to wszakże woda, czy zmienność temperatury napastuje powierzchnię skał, czy to woda, czy też wiatr uprowadza produkty zniszczenia, jest to rzecz obojętna zupełnie dla kresu ostatecznego, do którego zmierzają wszystkie wyniosłe góry ziemi naszej: w każdym razie zostają starte. Gdy



Wydmy na wybrzeżu morza Baltyckiego (kępa Kurońska).

wiatr i woda rozpoczynają swe dzieło zniszczenia, wytwarzają niesłychaną rozmaitość ukształtowania: tu pochylenia stoków wzmagają się, owdzie łagodzą, tu powstają wydrążenia, owdzie gromadzą się usypiska, tu wierzchołki i grzebienie przeobrażają się w kopuły i grzbiety szerokie, owdzie w ostrza i zęby, a z biegiem czasu formy te stają się coraz bardziej urozmaicone i coraz bardziej odrębne. Ostatecznie wszakże dosięga to wszystko najwyższej swej miary, a jak wszędzie na świecie, tak i w życiu gór, po okresie młodzieńczym wybijają się zwolna znamiona starości. W okolicach, gdzie woda jest siłą działającą, obniżają się przedewszystkiem wyniosłe szczyty i grzebienie, rzeki coraz słabiej mogą zagłębiać łożysko swe, różnica wysokości między górą a doliną wciąż się zmniejsza, a ztąd wszelkie w ogólności pochylenia ulegają spłaszczeniu; góry wysokie zyskują łago-

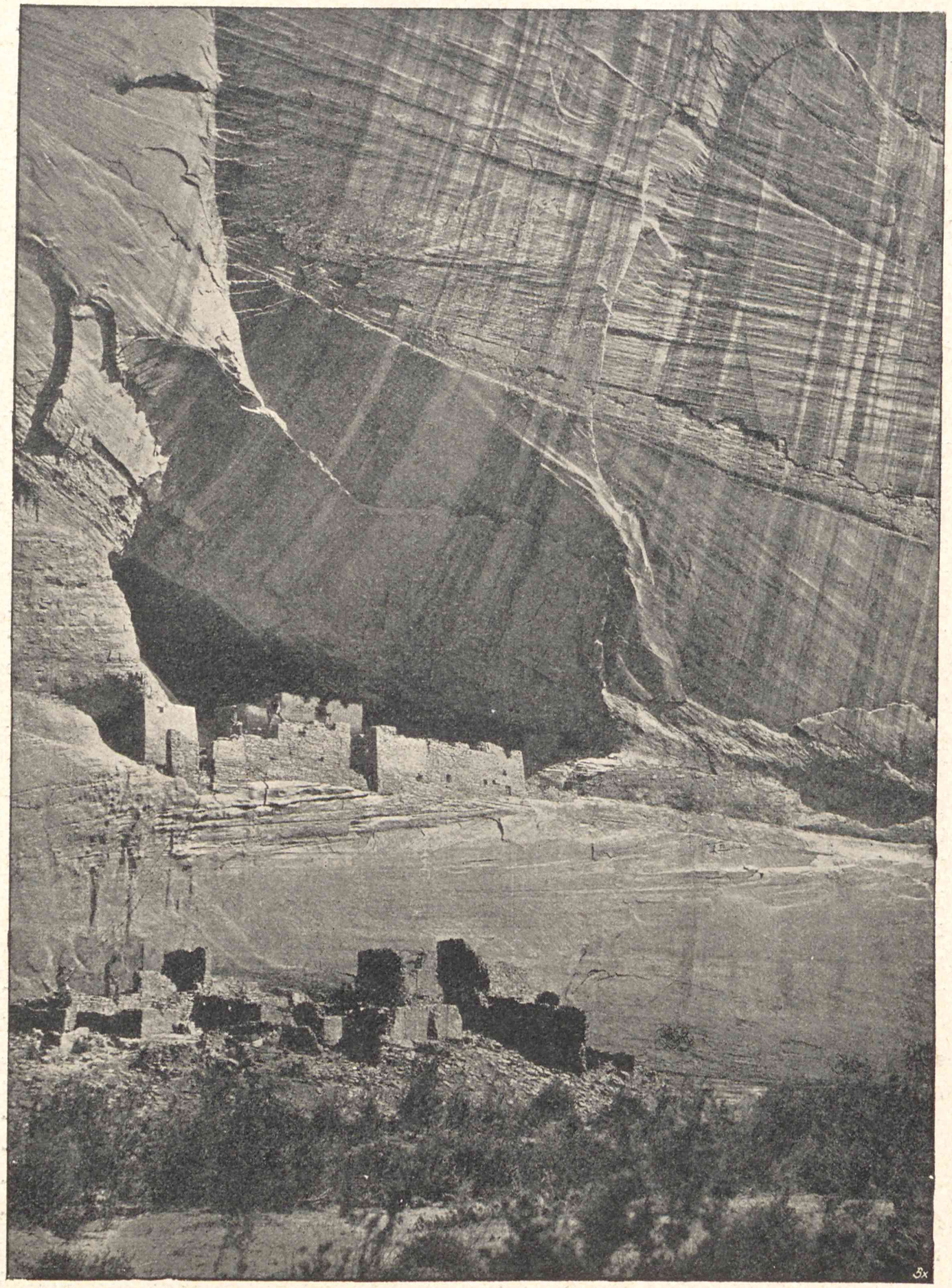


Lodnik Burdjula na Kaukazie.

Według fotografji Wiktora Sella w Bielli.

dniejsze linje gór średnich, a gdy praca wody i wiatru wciąż się dalej prowadzi, obniżają się wreszcie i góry średnie coraz bardziej, a kresem całego tego przebiegu jest kraina płaskofalista, która zasługuje już nieledwie na nazwę równiny, penepleine (prawie równina) geologów i geografów angielskich. W okolicach, gdzie wiatry występują jako główne czynniki uprowadzania, objawy te przebiegają nieco inaczej, aniżeli w okolicach wilgotnych, już dlatego, że wiatr ze swoim pyłem lotnym przekracza swobodnie góry i wzgórza, gdy woda zarówno w postaci swej ciekłej jak i stałej ulega zawsze ściśle prawom ciężkości i zmierza ku dołowi. Pod tym wszakże względem woda i wiatr zupełnie są między sobą zgodne i pracą swą usiłują zwolna usuwać wszelkie istniejące wyniosłości lądu, a uprowadzanym pyłem i gruzem wypełniają zagłębienia; zarówno zatem uprowadzeniem jak i nanoszeniem zmierzają ostatecznie do jednego celu, do możliwie największego wygładzenia powierzchni ziemi.

Widzieliśmy wyżej, że wyrzeźbienie gór dokonywa się w sposób zgoła odmienny, gdy różne są warunki klimatyczne, a wraz z niemi i powłoka roślinna, czy to różnice te sprowadza rozmaita wysokość, czy też rozmaita szerokość geograficzna. Szczególnie doniosłe znaczenie posiada tu powłoka leśna, która stosownie do swej rozłożystości z większem lub mniejszem powodzeniem ochrania zewnętrzną formę gór; ztąd to góry zwrotnikowe, które sterczą ponad regjonem leśnym i sięgają do dziedziny działań mrozu, otrzymują w wyższych swych częściach naraz zgoła odmienny wygląd; przedstawiają wtedy często dzikie, zębate szczyty i grzebienie, jakie i w górach europejskich obserwować możemy, w obu bowiem miejscach panują jednakowe stosunki klimatyczne. W sposób najwidoczniejszy wszakże ujawni się nam ten wpływ klimatu i świata roślinnego na formy gór, jeżeli zestawimy jednorodne góry umiarkowanej wysokości pod zwrotnikami i w Alpach. Tak np. weźmy pod uwagę góry dolomitowe Xucaneb (2550 metrów) w wilgotnym departamencie gwatemalskim Alta Verapaz, albo też sąsiednie Altos Cuchumatanes, położone również pod $15^1/_2$ stopniem szerokości północnej i w obszarze wilgotnym, których wapienne i dolomitowe grzebienie wzbijają się do 3 800 metrów wysokości, i porównajmy z niemi Dolomity w Tyrolu południowym, albo wapienne i dolomitowe góry Karwendel, a różnica ta odrazu nam się wyjaśni. W wilgotnych górach zwrotnikowych las gęsty sięga aż do grzbietów najwyższych i sowitą swoją osłoną sprawia, że szczyty i grzebienie przedstawiają się z oddali w linjach łagodnie zaokrąglonych, chociaż stoki gór spadają nader stromo i dosyć jednostajnie. Zupełnie inaczej dzieje się w Alpach tyrolskich, gdzie las w niższych tylko strefach ochrania swe podłoże, gdy wyżej wznoszące się części gór zaledwie słabą mają osłonę w trawie i krzewach, albo też zupełnie są nagie i pozostają bez wszelkiej osłony. Tu zatem chwiejność temperatury i mróz swobodnie mogą prowadzić swą robotę; pierwotne stoki górskie stają się nagiemi ścianami skalistemi z nagromadzonemi u ich stóp potężnemi usypiskami gruzu (ob. rys. str. 343), a grzebienie górskie zaostrzają się w wązkie, dzikie szczyty, albo rozpadają



Szczątki dawnej osiadłości w szczelinie stromej ściany kanonu rzeki Colorado.

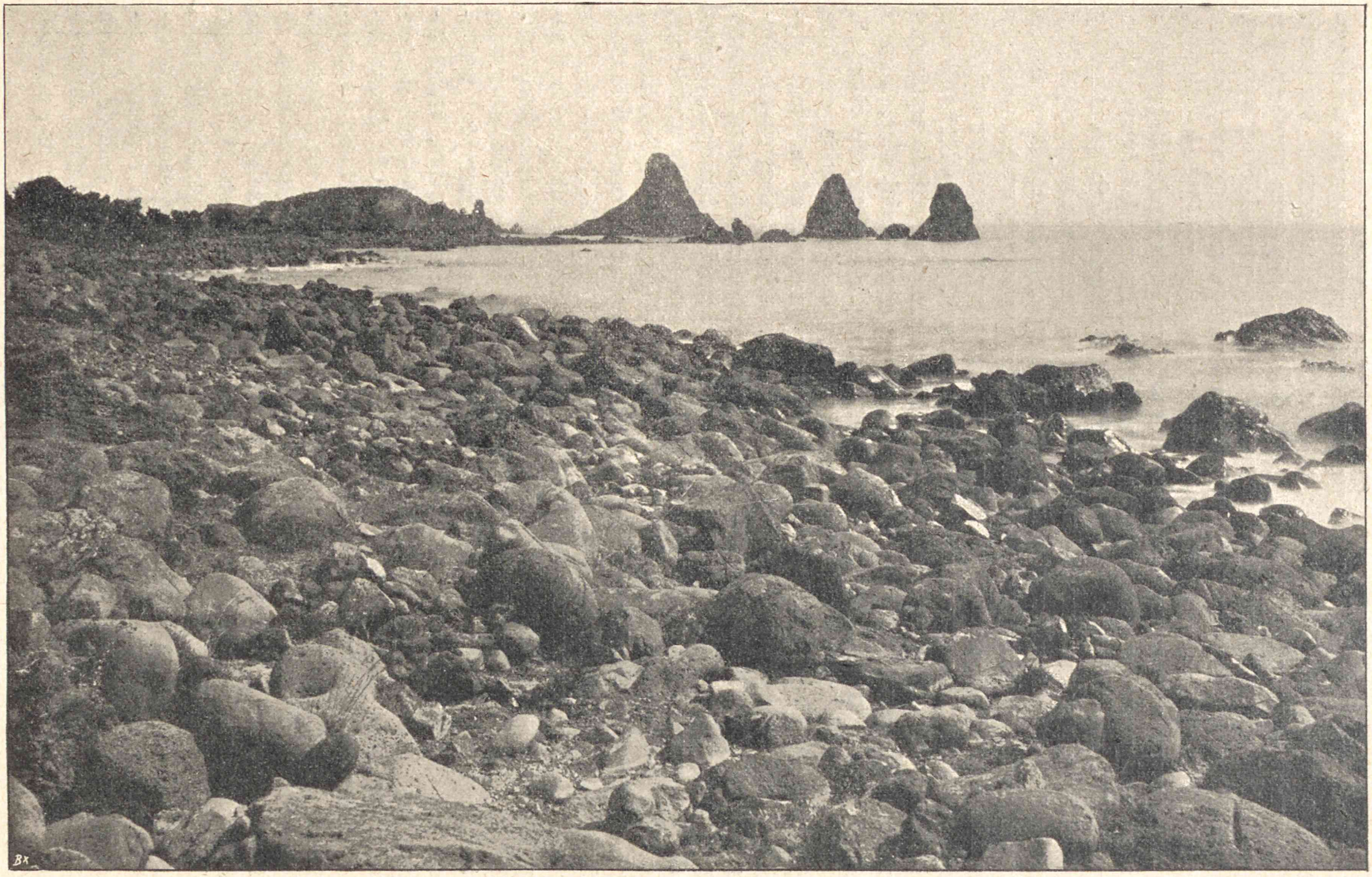
Według fotografji Geo M. Wheelera.

się na szereg wież wyniosłych, których zdobycie przedstawia zadanie tak ponętne i mozolne dla wędrowca (ob. rys. str. 345).

Większe jeszcze, oczywiście, napotkalibyśmy różnice, gdybyśmy porównać chcieli wilgotne góry zwrotnikowe z górami zimnych pasów ziemi. Tu las w bujnej pełni, który podłoże swe chroni jak najstaranniej od uprowadzania, tam skąpo porosłe lub zupełnie nagie stoki górskie, na których mróz odrywa kamień od kamienia; tu głęboko wcięte doliny z podnóżem nader wązkiem, które wciąż bardziej jeszcze pogłębić pragną rzeki bystro biegnące, tam zaś opieszały i powolnie spływający prąd lodnikowy, który na szerokim swym grzbiecie znosi ku dołowi gruz, ze zboczy dolin opadający,—sprzeczności większej trudno chyba sobie wyobrazić.

Od gór przejdźmy teraz na równiny. Widzieliśmy już, że zarówno uprowadzanie jak i nanoszenie ma na celu możliwie jak najgładsze ukształtowanie powierzchni ziemi; jedynie tylko wydmy i zbiorowiska rumowisk lodnikowych ukazują się jako nasypy wzgórkowate, ale w istocie rzeczy w nieznacznej mierze zakłócają wyrównanie ziemi. Ponieważ równina jest celem ostatecznym działalności nasypowej, przeto położone nisko równiny przedstawiają kres możliwego szeregu przekształceń i nie są już zdolne do dalszego przeobrażania bez nowych, zasadniczych przewrotów geologicznych, jak podniesienie, zapadnięcie, sfałdowanie i t. p. Tyczy się to zwłaszcza nizin wznoszących się nader łagodnie od poziomu morza, które gdzieniegdzie tylko zyskują drobny przyrost lądu, albo też przez wdzieranie się morza ponoszą słabe straty, w ogólności wszakże przedstawiają się jako utwory wykończone. Zupełnie inaczej dzieje się z wyżynami, które sięgają znacznie ponad część swego otoczenia, a ztąd znów siłom uprowadzającym nastręczają miejsca do ataku. W zasadzie jest przytem rzeczą obojętną, czy równina wysoko wzniesiona jest krainą stołową i składa się z poziomo ułożonych warstw skalnych, czy też wyżyną naniesioną, wytworzoną przez wyrównanie nasypami chropowatości pierwotnych. Gdy wyżyna taka szerokim frontem styka się z obszarem niżej położonym, to odprowadzanie—bądź to przez wiatr, bądź przez wodę—rozpoczyna się na stronie spadku, działając w jednych miejscach prędzej, w innych powolniej, zkąd cała wyżyna coraz się dalej usuwa. Jeżeli to jest kraina stołowa, pokryta twardą, oporną warstwą skalną (jak np. wapieniem lub piaskowcem), to pozostają często zachowane pewne części oddzielne tej powłoki, gdy cały brzeg wyżyny dawno już dalej się usunął; góry te dziś jeszcze w Szwabji i Saksonji świadczą o większem rozprzestrzenieniu wyżyn tamecznych w czasach ubiegłych, a w okolicach pustynnych napotykamy je często rozłożone przed właściwemi krainami stołowemi.

Sama powierzchnia wyżyny zaledwie jest dostępna odprowadzaniu przez wiatr lub wodę; matematycznie wyrównaną i poziomą nie jest wprawdzie nigdy, zawsze więc pewne jej punkty są narażone, działania wszakże nie mogą być znaczne. Stosunkowo jeszcze są najsilniejsze, gdy wyżyna składa się z warstw skały rozpuszczalnej, jak np. z wapieni, tu bowiem woda



Skały Cyklopów na wybrzeżu Sycylji.

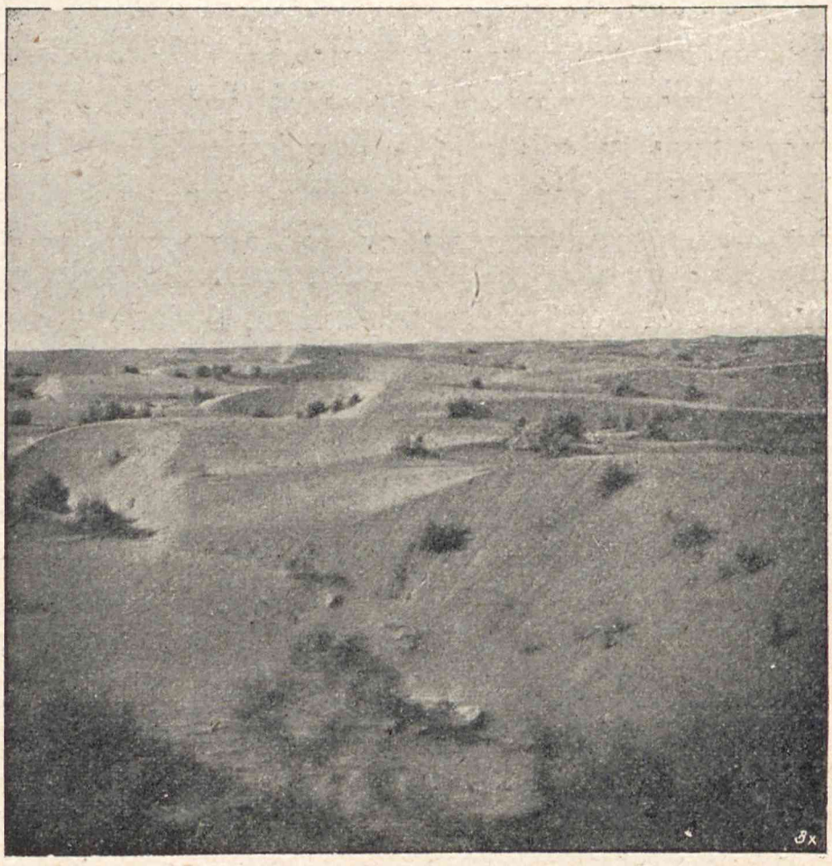
Według fotografji.

przesiąkać może bezpośrednio, sprowadzając w niej zmiany wyraźne przez wytwarzanie wydrążeń, jak to się zdarza na wyżynie wapiennej Yucatanu. W ogólności jednak przeobrażanie wyżyn dokonywa się przez przebiegające ją rzeki, bądź to że wyrzynają sobie one coraz dalej nowe koryto, bądź też, że przy coraz dalszem narastaniu wyżyny przez doprowadzane nasypy stare koryto wydaje się coraz głębiej wtłoczone. Oba te przypadki można najłatwiej obserwować na narzutowych gruntach wulkanicznych, nasypywanie bowiem i odprowadzanie najszybciej tu zachodzą. Przy kształtowaniu dolin przypada tu znowu ważne znaczenie klimatowi i naturze skał; gdzie krainy stołowe istnieją w obszarach klimatu wilgotnego, tam wytwarzają się doliny postaci również charakterystycznej, jak w krajach górzystych, z takich samych skał zbudowanych; jeżeli śród warstw poziomych występują skały miękkie, w profilu poprzecznym doliny powstają tarasy, gdy warstwy twardsze mają skłonność do wytwarzania spadków stromych. Gdzie spłókiwanie dla natury skał lub dla klimatu silnie jest przytłumione, dążność do wytwarzania ścian pionowych lub prawie pionowych jest szczególniej silna, a rzeki płyną głęboko poniżej poziomu wyżyny w wąwozach niesłychanie ciasnych, w tak zwanych kanonach. Najwspanialej przedstawiają się takie osobliwe krajobrazy na wyżynie Colorado w Ameryce północnej, gdzie rzeki płyną w wąwozach głębokich, których ściany wznoszą się niesłychanie stromo (ob. rys. str. 9 i 353). Przy obniżaniu się koryta rzeki ściany kanonu rozszerzają się zwolna coraz bardziej wskutek urwisk bocznych, szerokość więc przegrody między dwoma kanonami zmniejsza się ustawicznie, a w pewnych okolicznościach pozostają wtedy odosobnione tylko szczątki dawnej krainy stołowej, sterczące niby wieże między wąwozami o stromych ścianach.

W wyżynach nasypowych postać dolin wynika również głównie z natury materjału nanoszonego; w okolicach stepowych i w obszarach lesu rzeki płyną najczęściej w wąwozach ciasnych, o ścianach niezwykle stromych, a tenże sam objaw napotykamy na gruncie utworzonym z nasypów wulkanicznych. W obszarach stepów i lesu grunt wznosił się zwolna, wciąż bowiem opadały tam nowe ilości pyłu, roślinność tedy ciągle wysuwać się musiała na poziom wyższy. Przewody zatem, w których się mieściły dawne korzenie traw, a które w glinie nawianej przetrwały obficie w stanie zwapnionym, nadają całemu temu utworowi skłonność do rozpadania się pionowego. Wulkaniczne natomiast nasypy opadają często w ilości tak niezmiernej, że roślinność dawna zostaje niemi zupełnie zasypana, a ztąd nader nieznaczną tylko dawać może podnietę do wytwarzania urwisk pionowych. Wulkaniczny jednak materjał nasypowy, czy to składa się z większych brył pumeksowych, czy też z drobnego popiołu i pyłu, wyróżnia się powierzchnią szorstką, wskutek czego drobne okruchy, jedne nad drugiemi i obok siebie rozłożone, zaczepiają się nawzajem i dosyć ściśle się wiążą. Gdy więc podłoże takich narzutów usunięte zostaje przez wodę bieżącą, rozłożone nad niem zbiorowisko rychło zapada, masy zaś sąsiednie zachowują swą łączność, a w ten

sposób i w krainach wulkaniczno-eolskich powstają również głęboko zapuszczone doliny o ścianach nader stromych. Gdy rzeki z bocznemi swemi dopływami przesuwają szybko swe koryta i dalej się w głąb wrzynają, doliny nietylko stają się dłuższe i głębsze, ale rozszerzają się także, a gdy sąsiadujące z sobą doliny tą drogą wzajemnie się ku sobie zbliżają, nieraz pewne części wyżyny zostają odcięte od całości, w czem dostrzegamy podobieństwo do gór pozostających po zniweczeniu krainy stołowej.

Gdzie równina nasypowa zbudowana jest z zaokrąglonego zwiru rzecznego, nie mogą powstawać ściany zbyt strome, a gdy rzeka tam się wdziera, wytwarzają się łagodnie pochylone zbocza nowej doliny, zaokrąglone bowiem okruchy nie spajają się dosyć silnie, by tworzyć mogły ściany pionowe znacznej wysokości. Przebieg taki obserwować możemy nieraz bardzo wyraźnie w wielu górskich rzekach europejskich: gdy rzeki takie w pewnym okresie część swojej doliny przez naprowadzenie zwiru zamieniły w równinę, a następnie koryto swe złożyły niżej wskutek pewnej zmiany spadku, jak np. przez usunięcie zawadzającej i tamującej ławicy skalnej, to poprzednia równina rozpościera się teraz jako taras ponad nowem korytem rzecznem. Zdarza się też niekiedy, że tenże sam proces powtarza się po raz drugi, a nawet po raz trzeci, zkąd występuje cały szereg takich tarasów rzecznych, rozłożonych w różnej wysokości i oddzielonych stokami łagodnie pochylonemi.



Barkany (wzgórza piaskowe).
Według fotografji prof. J. Walthera.

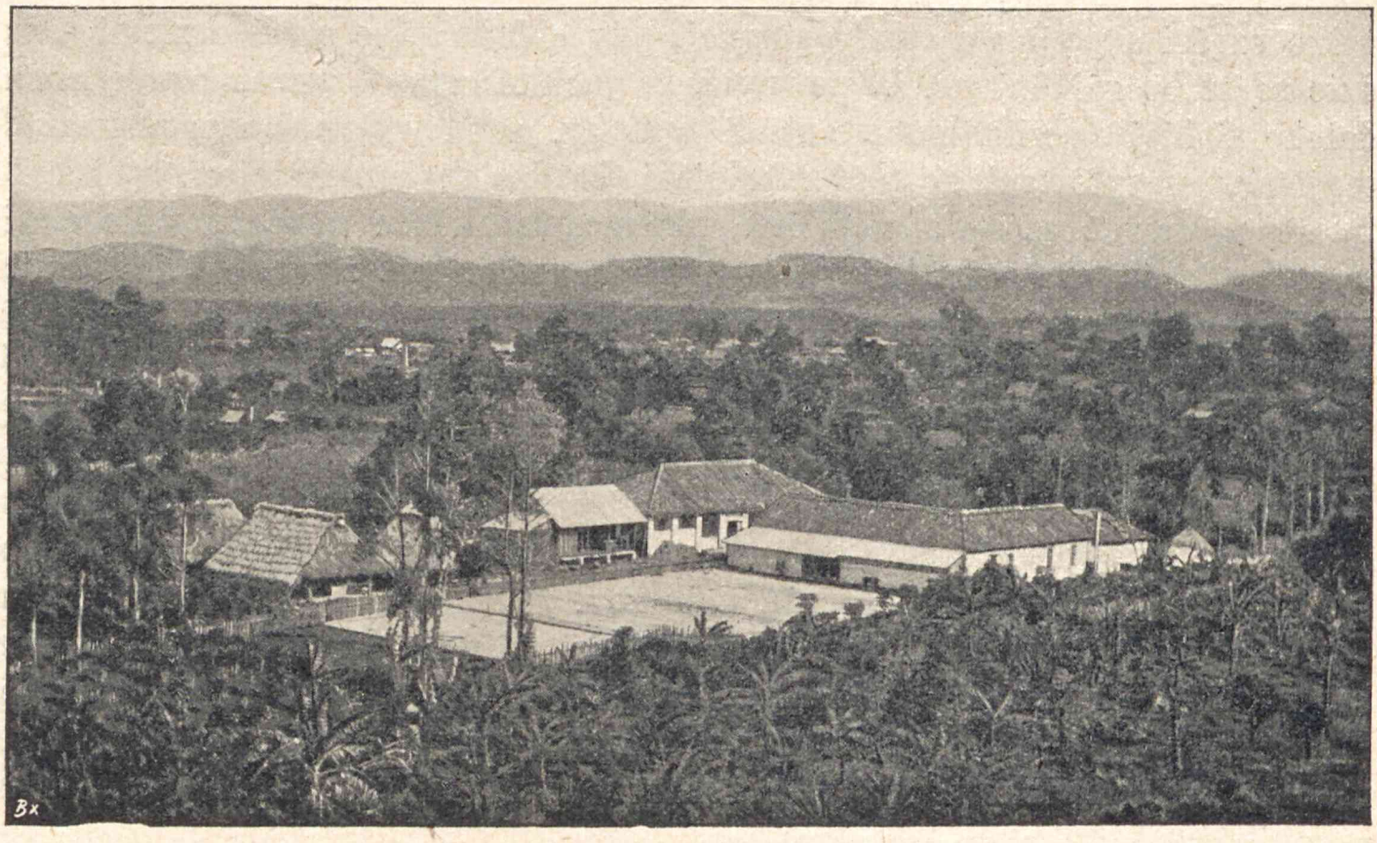
Cała ta rozmaitość ukształtowania równin wysoko położonych oddziaływa w sposób mniej lub więcej doniosły na losy rodu ludzkiego i ujawnia znowu, w jak rozliczny sposób zależny jest człowiek od objawów geologicznych. Gdy opowiedzieć mamy teraz o tej zawisłości rodu ludzkiego od skorupy ziemskiej, nadmienić winniśmy, że podjąć możemy najważniejsze tylko z tych stosunków, rozpościera się tu bowiem pole nieprzejrzane najrozmaitszych wpływów, bezpośrednich i pośrednich.

Klimat i człowiek.

Jak objawy geologiczne przez wpływ swój na klimat wywierają pośrednio wpływ znaczny na rozpostarcie się i na rozwój świata roślinnego

i zwierzęcego, tak też oddziaływają na człowieka. O jego początek i siedlisko pierwotne pytać nie mamy potrzeby; rozważyć nam tu tylko należy, jak dalece klimat sam przez się wywiera wpływ na człowieka, przyczem pamiętać winniśmy, że człowiek, jak każda inna istota żyjąca, ma pewną potrzebę ciepła i wilgoci, a ztąd tam tylko siedlisko swe obierać może, gdzie choćby w najmniejszej mierze potrzeba ta zaspokojenie znajduje. Nadto wymaga człowiek do oddychania dostatecznej gęstości powietrza, a ztąd najwyższe wyniesienia ziemskie nie nadają się dla niego na stały pobyt. W istocie też najwyżej położone mieszkania ludzkie znajdujemy na wysokości 5 000 metrów (w obszarze źródeł Indu), gdy w wysokościach jeszcze znaczniejszych nie istnieją już trwałe osiadłości ludzkie, podobnie jak w najzimniejszych i w najsuchszych okolicach świata. Chociaż jednak najwyższe dziedziny górskie z powodu rzadkiego powietrza nie są przydatne na trwałe osiedlenie się człowieka, dostępne są jeszcze dla przemijającego jego pobytu; toż samo tyczy się okolic podbiegunowych i pustynnych, które dla tego tylko nie mogą być zamieszkałe, że przyroda nie przedstawia tam już dostatecznych środków do utrzymania człowieka. Że największa nawet suchość powietrza nie jest dla człowieka szkodliwa, świadczą oazy, owe miejsca pustyni, gdzie woda wytryska w ilości dostatecznej, by ludziom, zwierzętom i roślinom umożliwić życie w szczupłym obrębie. Właśnie dla swego zasobu wody są oazy wyjątkiem z ogólnego prawidła, tak samo jak osady Eskimów, znajdujące się w korzystnie położonych, a ztąd stosunkowo bogatych w roślinność kotlinach Grenlandji; oba te wyjątki przez swą sprzeczność z otoczeniem niegościnnem świadczą dopiero wyraźnie, że piasczyste i kamieniste pustynie okolic zwrotnikowych i podzwrotnikowych, zarówno jak śnieżne i lodowe pustynie krajów biegunowych, nie mogą być stałem siedliskiem człowieka, chociaż je w podróżach swoich przebiega, a pod tym względem odpowiadają morzu.

Sprzeczności klimatyczne, jakie na ziemi dostrzegamy, same przez się nie przedstawiają tedy dla człowieka zapór nieprzezwyciężonych, gdzie jednak tamują życie roślinne i sprowadzają brak wody, tam trwale osiedlać mu się nie dozwalają na rozległych często obszarach. Człowiek dla utrzymania swego bytu skazany jest na konieczność wody i pewnych środków pokarmowych, a gdzie ich nie znajduje, tam przebywać nie może; do tej rzeczy wypadnie nam wrócić jeszcze. Wpływ bezpośredni klimatu na rozpostarcie się i rozwój rodu ludzkiego trudno daje się ująć, oddziaływają tu bowiem i rozliczne inne wpływy. W istocie też widzimy, że człowiek istnieć i pomyślnie rozwijać się może śród najrozmaitszych warunków ciepła i wilgotności, a niewielkie tylko odłamki rodu ludzkiego wyłącznie się przystosowały do pewnych warunków klimatycznych; skoro przeniesione zostają do klimatu obcego, sprzecznego, byt ich ulega wyraźnemu pogorszeniu i potrzeba może wielu pokoleń, zanim zdołają się zupełnie przystosować do nowych warunków; niekiedy nawet warunki zmienione tak mało im sprzyjają, że wreszcie zwolna zmierzają do zagłady. W czasach naszych, gdy różne



Plantacje kawy w Alta Verapaz (Gwatemala).
Według fotografji.

państwa usiłują zdobyć i skolonizować posiadłości w okolicach zwrotnikowych i podzwrotnikowych, rzecz ta stała się nader ważną; okazało się, że mieszkańcy Europy środkowej i północnej przebywać mogą trwale i wydawać zdrowe potomstwo w krajach podzwrotnikowych, ale nie w dżdżystych i gorących okolicach zwrotnikowych, gdzie pobyt ich może być jedynie przechodni, jeżeli nie ma sprowadzać następstw szkodliwych dla organizmu. Europejczycy południowi (Hiszpanie, Portugalczycy, Włosi) lepiej już pogodzić się mogą z wilgotnym klimatem zwrotnikowym, istotnie jednak dobrze czują się tam tylko krajowcy, albo przybysze, z podobnych stref klimatycznych pochodzący. Z tem przeto liczyć się musi kolonizacja zwrotnikowa, co przedstawia jak największą ważność dla palącej kwestji robotniczej.

Nadmieniliśmy wyżej, że różne odłamy rodu ludzkiego nawykły do rozmaitych wymagań klimatycznych, a objaw ten szczególniej uderza w górzystych okolicach zwrotnikowych, gdzie na drobnej przestrzeni stykają się największe sprzeczności klimatyczne, gdzie bardzo często plemię nawykłe do klimatu suchego zgoła zbratać się nie może z klimatem wilgotnym, a mieszkańcy zimnych, wysoko wzniesionych dziedzin przenieść się nie chcą na ciepłe niziny, i naodwrót. Wobec faktów takich trudno oczywiście powiedzieć, jakie warunki klimatyczne bezwzględnie najlepiej służą człowiekowi. Możnaby sądzić, że kwestja ta da się roztrzygnąć na podstawie kart przedstawiających gęstość zaludnienia, ale zaludnienie nie zależy od klimatu wyłącznie, silniej bowiem jeszcze działa tu urodzajność oraz wpływy historyczne, na tej więc drodze niepodobna osiągnąć roztrzygnięcia stanowczo zadowalającego. W każdym razie uderzać to musi, że najgęściej zaludnione

obszary ziemi należą przeważnie do strefy umiarkowanej i w niewielkiej tylko części sięgają do strefy gorącej, gdy chłodniejsze okolice ziemi wszędzie są słabo zaludnione. W pewnych krajach Ameryki zwrotnikowej niziny daleko słabiej są zaludnione aniżeli wyżyny, a od wyżyn począwszy aż do regjonów szczytowych gęstość zaludnienia bardzo szybko maleje; ztąd mogłoby się wydawać uzasadnionem twierdzenie, że okolice umiarkowanie ciepłe są w ogólności dla rodu ludzkiego najodpowiedniejsze, z powodu jednak zawiłości całej kwestji spostrzeżenie to nie wydaje się dostatecznem do należytego uzasadnienia takiego wniosku. Jeżeli zechcemy teraz zbadać, jaki stopień wilgotności klimatu najlepiej sprzyja człowiekowi, przedstawi się wynik również niestanowczy: część jedna narodów i skupień ludzkich przystosowała się zupełnie do klimatów suchych, część inna do bardzo wilgotnych i dżdżystych, a obie dobrze się przytem czują; ale gdy zbadamy znowu kartę gęstości zaludnienia, poznamy, że pewien średni, umiarkowany stopień wilgoci wyróżnia okolice najgęściej zaludnione, a nadmierna susza lub zbytnia wilgotność sprowadza ubytek ludności. Gdy rośliny najbujniejszy swój rozwój osiągają wraz z najwyższą miarą ciepła i wilgoci, sądzić można, że człowiekowi najlepiej służy pewna miara pośrednia obu tych czynników.

Rozważaliśmy dotąd tylko, jak dalece klimat oddziaływa na rozrost liczebny rodu ludzkiego, ważniejszą może jednak jest rzeczą rozpoznać, jakie właściwości klimatu sprowadzić mogły rozkwit najsilniejszy życia umysłowego i kulturę najwyższą, jakie zatem warunki najkorzystniejsze są dla duchowego rozwoju człowieka. To niewątpliwa, że czynniki nader różne współdziałać musiały, by narodowi lub grupie narodów zapewnić znaczną wysokość kultury; dostateczna gęstość zaludnienia, pewna łatwość wyżywienia, przyjazne wpływy historyczne, odpowiednie urządzenia państwowe, znaczne wrodzone uzdolnienie narodu,—wszystko to było konieczne, by sprowadzić całą tę sumę zdobyczy duchowych i materjalnych, jaką obejmujemy pojęciem kultury. Pomimo to łatwo dostrzedz można, że pewne cechy klimatu oddziaływają potężnie na prężność duchową człowieka; tak np. wielka wilgotność w połączeniu ze znacznem ciepłem, zwłaszcza jeżeli przytem słaba tylko chwiejność temperatury zachodzi, osłabia energję ludzką, co odczuwa na sobie samym każdy europejczyk już po krótkim czasie, gdy z chłodnej swej ojczyzny przesiedla się do dżdżystych okolic zwrotnikowych. Wobec faktów takich wpływu klimatu na rozwój duchowy człowieka zbyt lekceważyć nie można.

By więc wywnioskować, czy istnieją pewne wspólne cechy klimatu, sprzyjające rozwojowi wysokiej kultury, pozostaje nam jeden tylko sposób; należy, mianowicie, porównać stosunki klimatyczne obszarów, gdzie kultura ludzka samodzielnie osiągnęła znaczną wysokość. Możemy przeto nie zwracać uwagi na kraje Europy środkowej i zachodniej oraz Ameryki północnej, tu bowiem kultura rozwinęła się dopiero w czasach nowych i pod naciskiem pewnych okoliczności, ale ograniczymy się rozpoznaniem starych

krajów oświeconych. Obrąb kultury wschodnio-azjatyckiej miał punkt wyjścia w Chinach północnych, obszar kultury indyjskiej w Pendżabie i Indostanie górnym, kultura zachodnio-azjatycka na równinach Mezopotamji, egipska w dolinie Nilu; w świecie nowym kultura meksykańska i peruwjańska rozpościerała się na wyżynach Meksyku i Andów południowo-amerykańskich, kultura zaś Majów kwitła częścią na wyżynach Chiapas i Gwatemali, częścią na nizinach Yukatanu i okolic sąsiednich. Z każdego z tych obszarów wydobędziemy punkt jeden i wybitne cechy jego klimatu wyrazimy w liczbach, które dadzą wyobrażenie o stosunkach temperatury i wilgotności tych dziedzin, a zarazem umożebnią ich porównanie. By zaś ułatwić rozumienie tych liczb, przytoczymy podobne liczby dla jednego punktu środkowo-europejskiego i jednego północno-amerykańskiego, co nadto da nam sposobność porównania z klimatem krajów, gdzie zakwitła nowa kultura.

Najważniejsze pierwiastki meteorologiczne kilku ognisk kultury starej i nowej.

Miejscowość	Położenie	Wysokość ponad morzem w metrach	Temperatura średnia miesiąca najzimniejszego	Temperatura średnia miesiąca najcieplejszego	Temperatura średnia roczna	Różnica między temperaturą średnią miesiąca najcieplejszego a najzimniejszego	Średni opad roczny deszczu w milimetrach
Pekin (Chiny) . . .	szer. płn. 39°57′	40	— 4,7° C	+26,0° C	+11,7° C	30,7° C	624
Lahore (Indje) . . .	31°34′	214	+12,2	+34,3	+23,8	22,1	670
Bagdad (Mezopotamja)	33°21′	12	+10,6	+33,8	+22,7	23,2	283
Kair (Egipt)	30°0′	33	+11,9	+29,1	+21,3	17,2	27
Merida (Yukatan) . .	20°58′	10	+21,0	+29.3	+25,6	8,3	744
Meksyk.	19°26′	2277	+12,0	+18,1	+15,4	6,1	581
Quezaltenango (Gwatemala)	14°47′	2350	+10,1	+16,7	+14,2	6,6	666
Quito (Ekwador) . .	szer. płd. 0°14′	2850	+13,4	+13,7	+13,5	0,3	1070
La Paz (Boliwja) . .	16°30′	3650	+ 7,3	+12,5	+10,0	5,2	628
Warszawa.	szer. płn. 52°13′	110	— 4,5	+18,8	+ 7,4	23,3	571
New-York.	40°50′	8	— 1,0	+22,9	+10,6	23,9	1135

Przy rozpoznawaniu tych liczb uderza nas przedewszystkiem, że opad deszczu we wszystkich przytoczonych tu miejscach jest umiarkowany; w Kairze opad jest nawet bardzo słaby, ale to krajowi szkody nie przynosi, wylewy bowiem Nilu nagradzają brak deszczu. Temperatura w punktach położonych na nizinach jest przynajmniej podczas pewnej części roku bardza wysoka, gdy w innych znów porach stosunkowo nizko opada; zachodzi tu nader znaczna chwiejność ciepła, która wybitniej się jeszcze wykazuje, gdy zestawiamy wartości średnie temperatur najwyższych i najniższych (w Pekinie +36,6 i —15,2, w Lahore +47,2 i +1,1 w Bagdadzie około +47 i —6, w Kairze +42,9 i +2,5 stopni Celsiusa). Nieco większe jeszcze są różnice między temperaturą najwyższą a najniższą, jakie kiedykolwiek w danem miejscu obserwowane były, a które np. w Lahore wynosiły +49,0 i—1,2 stopni Celsiusa. Wobec tak znacznej chwiejności tempe-

ratury zmiany jej na półwyspie Yukatan wydają się zgoła nieznaczne, ale i tam jeszcze różnica między najwyższą, dostrzeżoną temperaturą (+39,8) a najniższą (+8,8) wynosiła 31 stopni Celsiusa; kto tampo kilku gorących dniach pogodnych przebył porę chłodną i pochmurną, jaką sprowadza często wiatr północny podczas zimy Stanów Zjednoczonych, ten zapewne bardzo dotkliwie uczuł tak nagły przeskok temperatury. Podobnie więc jak w nisko położonych krajach dawnej kultury świata starego, powtarza się toż samo i w świecie nowym, chociaż w mierze nieco słabszej: we wszystkich tych okolicach klimat panujący cechuje się znaczną chwiejnością temperatury. Nie zbłądzimy zatem, jeżeli przyjmiemy, że właśnie taka zmienność temperatury ciału i duchowi człowieka nadaje prężność niezbędną do żarliwej działalności i podnietę do dążeń postępowych, dozwala mu znosić wysoką temperaturę pewnej części roku bez następstw wpływających szkodliwie na jego energję. Tak znaczna chwiejność temperatury nie występuje wprawdzie na wyżynach Ameryki zwrotnikowej, ale tam klimat stale jest dosyć chłodny, by ciało i umysł człowieka od osłabienia chronić, a nadto chwiejność dzienna ciepła, t. j. różnica między najwyższą a najniższą temperaturą w ciągu dnia, jest dosyć wielka, co usuwa nadmierną jednostajność klimatu. Z tego wszystkiego można wyprowadzić wniosek, że klimaty umiarkowanie wilgotne i w ogólności chłodne, albo też w niektórych porach gorące ale cechujące się przytem znaczną zmiennością temperatury, szczególniej przydatne są do sprowadzenia wyższej kultury, a klimat wywarł niewątpliwie wpływ doniosły na rozbudzenie i podniecenie duchowej działalności człowieka. Co prawda, klimat przytoczonych tu krajów w ciągu tysiącoleci, które upłynęły od początków ich kultury, mógł uledz pewnym zmianom, ale zapewne nie w takim stopniu, by podane tu jego główne cechy były niegdyś bardzo odrębne od dzisiejszych.

Świat roślinny i zwierzęcy w stosunku do człowieka.

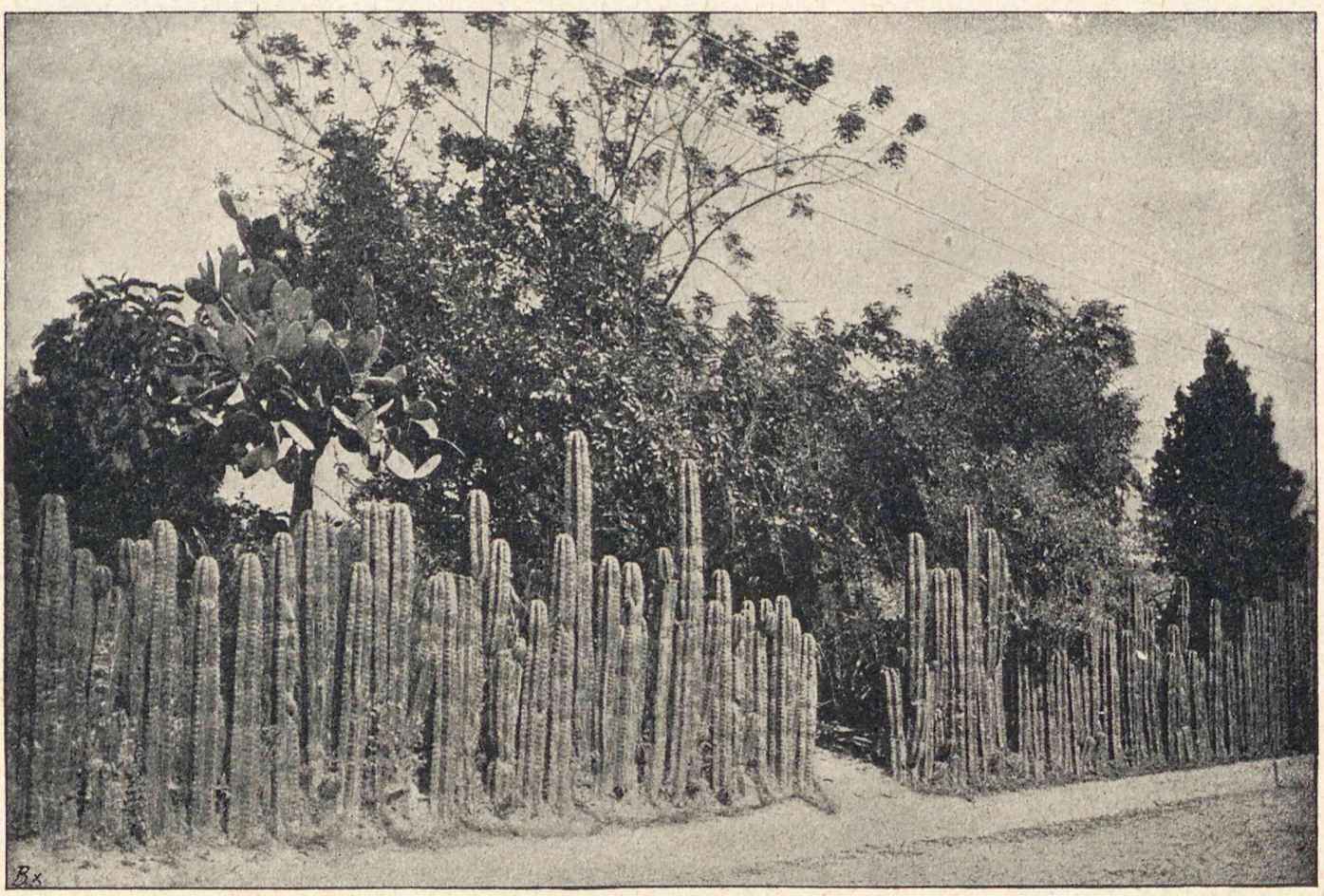
Jeżeli zależność człowieka i jego rozwoju od klimatu nie we wszystkich jeszcze szczegółach zupełnie jest wyjaśniona, to łączność jego ze światem roślinnym i zwierzęcym występuje bardzo wyraźnie człowiek bowiem do wyżywienia swego, prócz niezbędnej wody, potrzebuje zawsze materjałów roślinnych lub zwierzęcych, a rozprzestrzenienie ich na powierzchni ziemi zawisło od rozmaitości klimatu i gleby. Sama bujność i obfitość świata roślinnego i zwierzęcego, rzecz jasna, nie wywiera na człowieka wpływu wybitnego, znaczenie mają tylko pewne użyteczne rośliny i zwierzęta, które człowiek w stanie pierwotnym zdobywał z przyrody swobodnej, by się niemi żywić, następnie zaś pewną ich tylko ilość wybrał do uprawy i hodowli. Nie jest zadaniem tego rozdziału śledzić cały rozwój rolnictwa i hodowli bydła, od pierwszych zaczątków aż do stanu obecnego; należy nam tu tylko w kilku słowach zwrócić uwagę, że potrzeba ciepła i wilgoci, tycząca się wszystkich w ogólności roślin i zwierząt, ujawnia się w sposób wybitny i w gatunkach, powołanych przez człowieka do usług bezpośrednich, uprawa więc roślin użytecznych i hodowla zwierząt



Drzewo kawowe pośród drzew ocieniających.
Według fotografji.

domowych prowadzić się daje jedynie w ściśle oznaczonych warunkach klimatycznych. Ztąd to pochodzi, że w pewnych okolicach lub na pewnych wysokościach szczególne tylko rośliny i zwierzęta hodowane być mogą, zależnie od tego, czy dane gatunki wymagają wilgoci czy też suszy, a jedne od drugich odzielone są granicami bardzo ostremi. Bodaj jednak czy istnieje jakikolwiek gatunek, któryby tak dalece podatny był do aklimatyzacji, jak sam człowiek; najbardziej pod tym względem zbliżony jest doń pies,

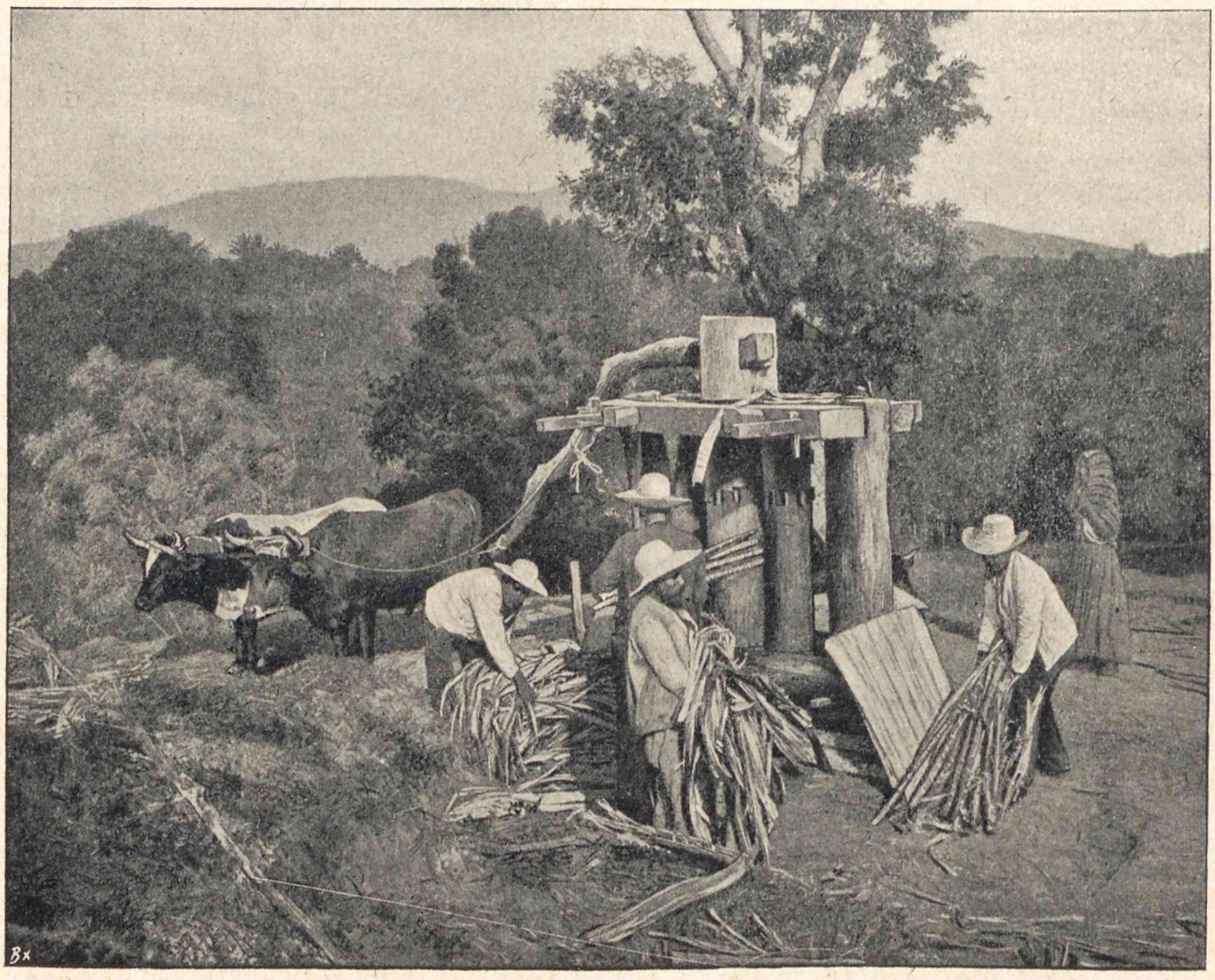
który występuje wszędzie, od najdalej na północ wysuniętych aż do najbardziej południowych osiadłości ludzkich, przynosząc wielki pożytek w krajach biegunowych jako zwierzę pociągowe, a we wszystkich strefach jako stróż domu i pomocnik polowania, gdy nadto różne narody używają jego mięsa na pokarm i korzystają ze skór. Wszystkie inne zwierzęta domowe rozległością swego rozprzestrzenienia znacznie ustępują psu; szczuplejszy jest obszar kota domowego, bydła, owcy, kury, świni i konia. Konie nietylko są prawie wyłącznie mieszkańcami stref umiarkowanych i ciepłych, ale i tu unikają nadmiernie suchych dziedzin pustynnych, a w wilgotnych okolicach zwrotnikowych słabo się również rozpościerają. Niektóre zwierzęta



Plantacja kawy otoczona płotem z kaktusów w Salwadorze.
Według fotografji.

domowe napotykają się jedynie w oznaczonych strefach cieplikowych, jak np. osieł tylko w pasie umiarkowanym i ciepłym, renifery tylko w biegunowych okolicach północnych; dla innych natomiast zwierząt miarodajny jest stopień wilgotności, jak np. wielbłąd hodować się daje tylko w obszarach znacznej suszy i tam tylko na większą skalę z usług jego korzystać można. W innych znów przypadkach hodowla zwierząt domowych nie wykroczyła poza pierwotną ich ojczyznę, jak to się dzieje ze słoniem indyjskim, z jakiem Azji środkowej lub z lamą wyżyn Ameryki południowej, w obszarach ich rozprzestrzenienia panują warunki klimatyczne niemal takie same, jak w miejscach pierwotnego ich pobytu. W ogólności rozkład zwierząt domowych zależy silniej od różnic klimatycznych, które wyraz swój w sze-

rokości geograficznej znajdują, aniżeli od bardziej lokalnych granic klimatycznych, wytworzonych przez procesy geologiczne przy powstawaniu gór; często jednak i te ostatnie wpływy mają ważne znaczenie, pośrednie zwłaszcza, jeżeli wpłynęły na zmianę formacji roślinnych. Tak np. hodowla owiec, bydła, koni i innych zwierząt roślinożernych jest najłatwiejsza na naturalnych łąkach stepów i sawann, albo w obszarach lasów niezbyt gęstych, gdzie zamiast obfitego podszycia rozwija się tylko trawa, a okolice te są to uprzywilejowane siedliska hodowli bydła. Zależy to przeważnie od



Wyciskanie soku trzciny cukrowej w Salwadorze.
Według fotografji.

charakteru roślinności trawiastej i od rodzaju nawodnienia, czy hodowcy stale w jednem miejscu przebywają, czy też po wyczerpaniu pastwiska lub zbiornika wody pobyt swój chwilowo przenoszą, a zatem stają się nomadami. W bujnych obszarach leśnych hodowla bydła jest wprawdzie ze względów klimatycznych zupełnie możliwa, ponieważ jednak pastwiska wytwarzane być mogą jedynie sztucznie, przez wykarczowanie i następne obsianie odstępu wykarczowanego, hodowla przeto bydła wypada znacznie drożej, aniżeli w okolicach wyżej przytoczonych; im zaś bujniejszy był las, tem silniej wybija się następnie dążność do ponownego wzrostu roślin drzewiastych w obrę-

bie łąki sztucznej, corocznie więc podejmowany być musi nakład pieniędzy i pracy na usuwanie przybywających wciąż krzewów i krzaków. Z tych powodów silniejsza hodowla bydła urywa się prawie bezpośrednio tam, gdzie się bujne lasy rozpoczynają.

Gdy znaczna część rodu ludzkiego całkowicie lub w części przynajmniej żyje z hodowli zwierząt domowych, jest część jego inna, skazana na utrzymywanie się ze zwierząt dziko żyjących, przez polowanie, rybołówstwo i zbieranie zwierząt niższych, jak małż, ślimaków, gąsienic, raków i t. p. Polowanie było niegdyś najważniejszym środkiem utrzymania i głównem zajęciem wielu narodów, ale teraz ustępuje coraz bardziej, zwłaszcza skutkiem coraz wyraźniejszego ubytku zwierzyny w wielu krajach i z powodu ciągłego posuwania się narodów rolniczych. Natomiast rybołówstwo u niektórych narodów, jak u Eskimów lub Czukczów, pozostało dotychczas głównem źródłem wyżywienia, a w ogólności w okolicach nadmorskich rybołówstwo ma dla wielu mieszkańców wybitne znaczenie, ryby stały się nawet pokarmem powszednim daleko w głębi lądu. Z tego powodu rybołówstwo wywołuje dość znaczny napływ ludności na wybrzeżach morskich, a na mniejszą skalę także nad brzegami rzek i jezior, gdy polowanie powoduje raczej dążność wręcz przeciwną i silnie przeciwdziała skupianiu się większych zbiorowisk ludzkich.

Wyłącznie z samego tylko polowania człowiek nigdzie nie żyje, owszem, wszystkie narody myśliwskie wyzyskują gorliwie wszelkie pożywienie roślinne, jakie im matka przyroda daje do użytku, zdobywając je bądź przez uprawę ziemi, bądź też zbierając tylko owoce oraz pożywne korzenie i główki, które w naturze swobodnej znajdują, ale jest to niesłychanie zmudny a zarazem niepewny sposób poszukiwania żywności. Kto widzi przed sobą bujną roślinność dziewiczych lasów zwrotnikowych, wyobraża sobie może, że tam łatwą być musi rzeczą żywić się nadmiarem, jaki świat roślinny człowiekowi daje do rozporządzenia, jednakże i tam z wielkim mozołem zdobyć można z roślin dziko żyjących tyle środków pokarmowych, by zbieracz zaledwie zdołał utrzymać życie własne.

Rzecz jasna, że zbieracz dziko rosnących roślin pożywnych pozostaje w jaknajściślejszej zależności od charakteru świata roślinnego, a tem samem pośrednio i od klimatu. Niemniej jednak zawisły jest od klimatu i rolnik, czy to robotę swą spełnia narzędziami najbardziej pierwotnemi, czy też udoskonalonêmi machinami nowoczesnemi. Wszystkie rośliny uprawne mają właściwe sobie wymagania wilgoci i ciepła i ztąd są do pewnych tylko granic przywiązane. Niektóre tylko rośliny uprawne posiadają bardzo znaczną zdolność przystosowywania się do różnych klimatów; tak np. kukurydza w krajach zwrotnikowych uprawiana być może aż do wysokości przechodzących 3 000 metrów, a tem samem znosi różnicę średnich temperatur rocznych przeszło 15 stopni Celsiusa. Nieco mniejszą już zdolność przystosowywania się mają różne gatunki zboża; zajmują wprawdzie



Rodzina indyjska w Salwadorze.

obszar rozleglejszy, w niektórych bowiem miejscach przekraczają północne koło biegunowe, a z drugiej strony sięgają aż do 45 stopnia szerokości południowej, ale pod zwrotnikami uprawa zbóż odbywa się jedynie na wysokościach chłodniejszych i w rzadkich tylko przypadkach schodzi poniżej 1 000 metrów nad poziom morza, a zwykle pozostaje ograniczona między 1 500 a 3 000 metrów, ma przeto mniejszą średnią obszerność cieplikową, aniżeli uprawa kukurydzy. Liczne inne rośliny uprawne posiadają jeszcze daleko szczuplejsze granice cieplikowe, a tem samem ograniczone są do obszarów mniejszych, jak kawa, która występuje wyłącznie w krajach cieplej-

szych, ale we właściwych pasach zwrotnikowych najlepsze warunki wzrostu znajduje w wilgotnych i chłodnych okolicach górskich; trzcina cukrowa jest już nieco wytrzymalsza, sięga przeto w krajach zwrotnikowych wyżej (często ponad 2000 metrów) aniżeli kawa, dalej również wdziera się w obszary strefy umiarkowanej. Natomiast znów kakao i gwoździk korzenny uprawiają się tylko w szczupłym pasie zwrotnikowym, jedynie w cieplejszych, niżej położonych jego okolicach. Musielibyśmy dużo zająć miejsca, aby szczegółowo wyłożyć najważniejsze warunki rozprzestrzenienia roślin uprawnych, ale już przytoczone tu wzmianki wystarczają, by wskazać, jak rozmaite są warunki wzrostu, a tem samem obszary rozprzestrzenienia różnych roślin uprawnych. Często napotkać można rozmaite rośliny uprawne, zgodnie jedne obok drugich wyrastające, ale skoro tylko nieco wyżej w góry wejdziemy, pozostają poza nami najpierw te, dalej owe uprawy, a wreszcie przekracza wędrowiec pola najwyżej położone i wstępuje do okręgu pośredniego pomiędzy obszarami uprawnemi a wiecznym śniegiem, dającego się zużytkować jeszcze tylko na hodowlę bydła, a poniekąd i na gospodarstwo drzewne. Kto kiedykolwiek w wędrówkach swych po górach rozpoznawał osobliwie przebiegające granice uprawy różnych roślin, dostrzegał łatwo, że wpływy napozór nieznaczne, jak położenie względem słońca lub względem wiatrów panujących, albo też drobne różnice w naturze gruntu, sprowadzają zmiany uderzające: tu i owdzie granice te nagle wysuwają się wyżej, gdzieindziej znowu znacznie się obniżają, a proste te obserwacje dają żywą podnietę do głębokiej rozwagi. Najsilniejszy urok przedstawiają badania takie w okolicach zwrotnikowych, tu bowiem w ciągu jedno lub dwudniowej wędrówki przebiedz można łatwo całą skalę roślin uprawnych, jedną po drugiej. Dajmy na to, że opuszczamy wybrzeże oceanu Spokojnego w Champerico lub Ocos w rzeczypospolitej Gwatemalskiej i zwracamy się w stronę lądu ku wyżynie gór Altos: po prawej i po lewej stronie dostrzegamy tu i owdzie pola zajęte uprawą kukurydzy i fasoli, które stanowią główne pożywienie ludności miejscowej, przytem zaś obok każdej chaty krajowca wyzierają wdzięczne grupy bananów, a w ich cieniu wyrastają nieliczne drzewa kakaowe i kawowe; w sąsiedztwie dostrzegamy czerwone owoce pieprznika chile (papryki) i wspaniale zieleniące się pola trzciny cukrowej, gdzieniegdzie też kilka krzewów bawełnianych lub krzaków indygowych, gdy palmy kokosowe i kojolowe rozpościerają powabne swe wachlarze ponad niższemi zaroślami. Gdy bardziej się od wybrzeża odsuwamy i wstępujemy po stoku najpierw łagodnym, a następnie coraz bardziej stromym, plantacje kawy i kakao ukazują się nam coraz częściej. W wysokości około 600 metrów kończy się już uprawa drzew kakaowych, gdy natomiast plantacje kawy zajmują przestrzeń coraz większą i w niektórych miejscach pokrywają prawie wyłącznie całe kilometry kwadratowe, pozostawiając zaledwie miejsce na domy administracji (ob. rys. str. 359), których białe ściany i jasne dachy cynkowe mile wyzierają z ciemnej zieleni całego otoczenia. Istną rozkosz sprawia taka przejażdżka pośród

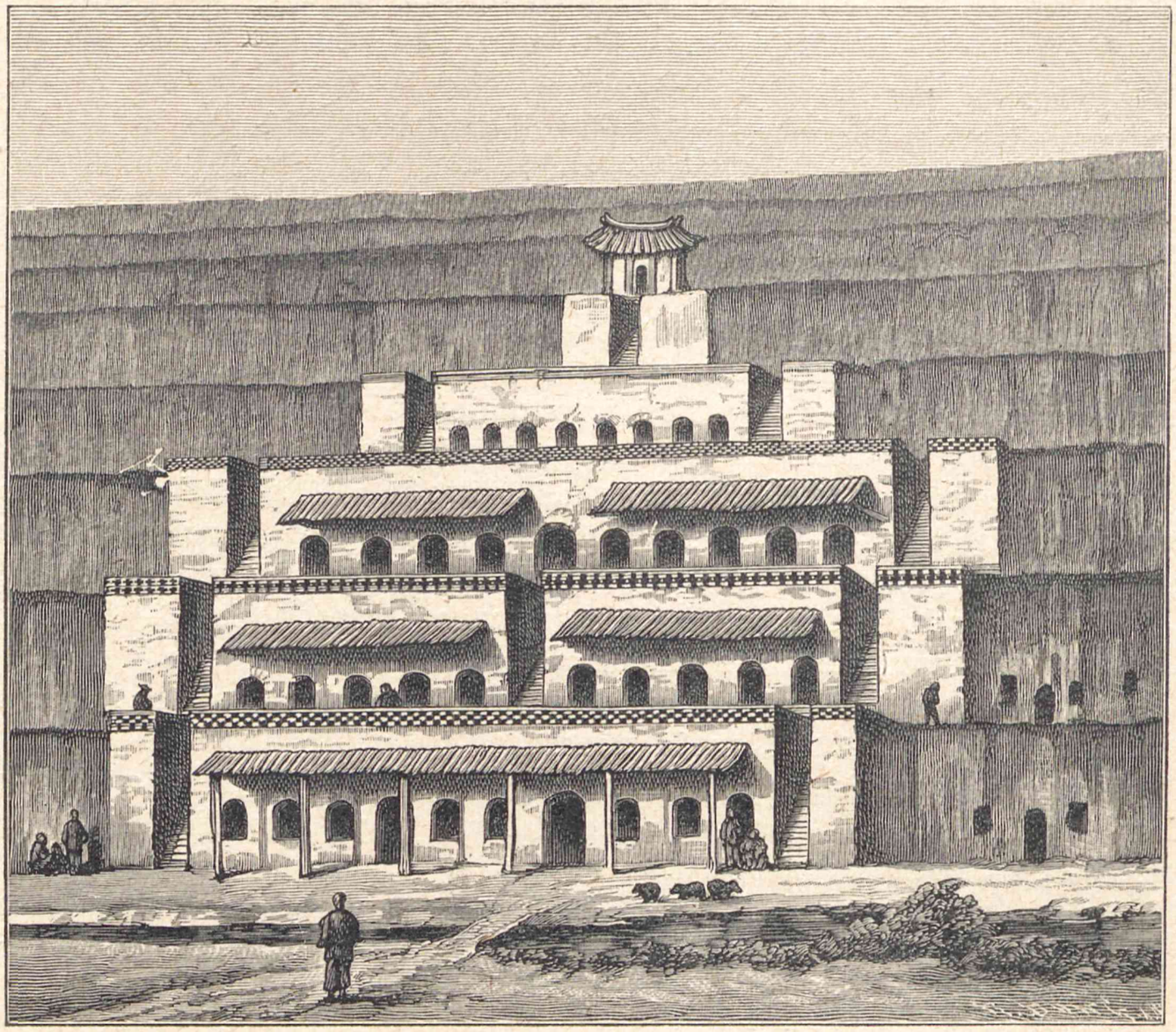
wspaniałą zielenią okrytych plantacji kawy, zwłaszcza gdy przy końcu suchej pory roku, już po pierwszych ulewach nadchodzącej pory deszczowej, wszystkie te nieprzeliczone drzewa osypane są miljonami kwiatów oślepiająco białych, a wytworna ich woń wypełnia całe powietrze. Gdy jednak dojeżdżamy wyżej, opuszczają nas w wysokości około 1 500 metrów ostatnie plantacje kawy, a okazały las dziewiczy otula nas swoim cieniem; szlachetne kształty paproci drzewiastych, wdzięcznie kołyszące się skręty lianów, rozmaitość form, silna zieleń podszycia i pnących się roślin, jaśniejące kwiaty storczyków oraz ogromne, ciemne pnie drzew leśnych—wszystko rozwesela nasze oczy. Ugrupowanie tych form rozlicznych wciąż się przeinacza, wkrótce przybywają do nich i obce im kształty zimniejszych okręgów klimatycznych; już w wysokości 1 600 metrów dostrzegamy gdzieniegdzie oddzielne sosny, jednocześnie prawie ukazują się i pierwsze krzewy borówek, a im się wyżej wdzieramy, tem częstsze stają się te okazy krajów zimnych, tem częściej występują też dęby zamiast drzew lasu dziewiczego, podszycie jest już uboższe w formy i mniej gęste. Zwolna, stopniowo, zmienia się cały charakter lasu, a gdy grzebień gór przekraczamy i zstępujemy na wyżynę miasta Quezaltenango (2 350 metrów nad morzem), znajdujemy się w świecie zupełnie nowym. Z gór witają nas sosny i dęby, falisty nieco krajobraz w pobliżu miasta jest prawie bezdrzewny, ale nader starannie uprawny i gęsto pokryty wioskami i chatami Indjan z plemienia Quiché, a gdzieniegdzie Indjanin ciągnie pierwotny swój pług, zaprzężony w woły; uprawia się tu kukurydza, pszenica i ziemniaki, a we dwa miesiące później widzielibyśmy już wszystkie te rozległe pola pokryte zielenią. Wszystkie rośliny zwrotnikowe, które widzieliśmy poprzednio, pozostały daleko poza nami, a co się nam tu przedstawia, przypomina raczej niwy stref umiarkowanych. Gdy wchodzimy wyżej po sąsiednich stożkach wulkanicznych, lub po innych górach, w wysokości około 3 150 metrów nikną ostatnie plantacje kukurydzy, pszenicę znajdujemy jeszcze w wysokości 3 250 metrów, a ziemniaki sięgają nawet do 3 300 metrów; tu następuje już kres pól uprawnych, a prawie współcześnie zbliżamy się do najwyższych, trwale zamieszkanych osiadłości ludzkich, gdzie też przypada granica górna lasów liściastych tego kraju; wyżej jeszcze rozciągają się do jakich 3 800 lub 3 900 metrów bory sosnowe, a odtąd aż do najwyższych szczytów wulkanicznych sięgają łąki trawą porosłe, na których utrzymuje sią jeszcze drobna hodowla bydła. W ciągu dwudniowej wędrówki jakżeż rozmaite warunki bytu przesunęły się przed nami! Gdy zważymy, że bez procesów górotwórczych cały ten obszar byłby tylko jednostajną powierzchnią z klimatem jednostajnym, a tem samem przedstawiałby jednolite warunki bytu dla roślin, zwierząt i ludzi, uznać musimy, jak dalece człowiek i wszystek w ogólności świat żyjący zawisły jest od losów skorupy ziemskiej.

Natura gruntu i człowiek.

W każdym razie zależność ta ujawnia się dopiero w swoich następstwach; inaczej jednak kształtują się rzeczy, gdy pod uwagę bierzemy

naturę gruntu, przez nią bowiem człowiek wprowadzony zostaje w łączność bezpośrednią ze skorupą ziemską. Stosunek najważniejszy, jakim się grunt wiąże z człowiekiem, polega na jego urodzajności; od niej zależy przedewszystkiem, czy pewną okolicę zamieszkiwać mogą ludzie w znacznem zrzeszeniu, widzieliśmy bowiem już wyżej, że polowanie wyżywić nie może gęstego zaludnienia, a rybołówstwo, chociaż dla ogromnej obfitości ryb w morzu dostarczyć może znacznych zasobów pożywienia, sprowadza jednak silniejsze zrzeszenie tylko w niezbyt szerokim pasie nadbrzeżnym. Ostatecznie zgodzić się musimy, że rolnictwu przedewszystkiem przypada zadanie zaopatrywania w żywność większości ludzi, a to już samo ukazuje w należytem świetle, jak wielkie znaczenie ma dla człowieka grunt i jego własności. Wspomnieliśmy już wyżej, że grunt lodowy, grunt skalisty i piasek lotny dla rolnictwa są bez wartości, a tu dodać nam jeszcze należy, że skalisty grunt lodnikowy, a tem samem obszar dla rolnictwa nieprzydatny, zajmowałby rozległość znacznie większą, gdyby lodniki morenami swemi nie pokryły powierzchni wygładzonych warstwą gruntu nasypowego, który przy sprzyjających warunkach klimatycznych i przy korzystnym składzie rumowisk wytwarza glebę bardzo dobrą, co właśnie zdarza się w kraju naszym i w krajach sąsiednich, które podczas dyluwialnego okresu lodowego były pokryte lodnikami. Niewielką stosunkowo dla rolnictwa doniosłość posiadają obszary gruntu zmiennego (str. 341), zajmują bowiem niewielką tylko przestrzeń na ziemi, a przeważnie występują w okolicach górskich, gdzie wartość ich obniżają warunki klimatyczne oraz niedogodne położenie na pochylonych stokach; dla mieszkańców tamecznych są wprawdzie pożyteczne, ale ogólnego znaczenia nie przedstawiają. Niezmierna większość rodu ludzkiego korzysta z gruntów eluwialnych i nasypowych, z których jednak z powodu nieżyzności wyłączyć należy piasek lotny i rumowiska górskie, nasypowy zaś grunt morski posiada nader słabe rozprzestrzenienie i dla ogółu także nie przedstawia donioślejszego znaczenia.

Najważniejsze rodzaje gleby wytworzyły się przez zwietrzenie, własności ich przeto jak najściślej zależą od składu geologicznego skorupy ziemskiej, a ztąd okazują najrozmaitsze stopnie żyzności. W oznaczonych wszakże warunkach klimatycznych z danego rodzaju skał powstaje zawsze przez zwietrzenie pewien grunt właściwy; pojmujemy przeto, że dla oceny wartości rolniczej danej okolicy karty geologiczne równie są ważne, jak np. karty deszczu, z których wyczytujemy rozkład wilgoci. Zresztą karta geologiczna sama przez się wykazuje tylko mineralogiczny i chemiczny skład gruntu, klimatyczne zaś dopiero warunki decydują o własnościach jego fizycznych i o wartości praktycznej, a gdy na rzecz tę nie zwracano uwagi przy zakładaniu nowych osad w krajach niedostatecznie znanych, narażano przedsiębiorstwo na straty. Tak np. niektóre laterytы w okolicach wilgotnych bardzo są korzystne dla każdej gałęzi rolnictwa, natomiast w okolicach suchych laterytы takiego samego pochodzenia i takiego samego składu



Mieszkania w glinie nawianej w prowincji chińskiej Szanzi.
Każde piętro odpowiada tarasowi naturalnemu gliny nawianej (lesu).
Według dzieła F. Richthofena „Chiny".

zupełnie są nieodpowiednie. Z tych względów, gdy idzie o ocenę nowego gruntu pod względem jego własności fizycznych, należy prowadzić badania nietylko podczas pory deszczowej, ale i w czasie suszy, i ztąd dopiero wysnuwać wnioski, czy grunt ten może być przydatny pod uprawę pewnych roślin. Pewien grunt może się bardzo dobrze nadawać do kukurydzy lub prosa, czyli w ogólności do płodów, które w ciągu kilku miesięcy od zasiewu dojrzewają do żniwa, ale zgoła jest nieużyteczny pod uprawę drzew, w porze bowiem suchej powleka się twardą skorupą, pęka i wysycha do znacznej głębokości. Natura gruntu przeto i klimat przepisują człowiekowi rodzaj pracy rolniczej.

Też same uwagi tyczą się drobnoziemistych pokładów eolskich, gruntów stepowych. Tu, z powodu przeważnie bardzo suchego klimatu, a często też zawartości soli w gruncie, rozwija się skąpa tylko roślinność, z trawy i krzaków złożona, a uboga ta powłoka roślinna zmusza człowieka do utrzymywania bytu głównie przez hodowlę bydła i owiec, rolnictwo bowiem możliwe jest jedynie w miejscach szczególniej przyjaznych, jeżeli klimat

sam przez się dostatecznie jest wilgotny, by przy pomocy deszczu naturalnego dozwolił na uprawę pewnych roślin niewymagających zbytniej obfitości wody; niekiedy też daje się sprowadzić woda z sąsiednich rzek górskich, która ługuje sól z gruntu i nadaje mu wilgoć pożądaną. Na wielką skalę nawodnienie gruntu w obszarach stepowych zaprowadzono już bardzo dawno w Azji środkowej i zachodniej, w czasach zaś nowszych w Stanach Zjednoczonych Ameryki północnej i w Meksyku. Z istotnym podziwem patrzymy, jak zdumiewające zwycięstwa odnieść zdołała w takich razach umiejętność ludzka nad nieprzyjazną przyrodą. Koniecznym jednak warunkiem jest tu zawsze pewien nadmiar wody w korzystnie położonej okolicy sąsiedniej; z zasobu tego bystrość człowieka i jego znajomość techniki wydobyć mogą pożytek jak największy, ale wszelka potęga ludzka powiększyć go nie zdoła. Szacowny ten kapitał wodny zależy od klimatu, od ukształtowania skorupy ziemskiej i od jej natury, z tego zatem względu znowu wybija się jasno zależność człowieka od skorupy ziemskiej i od powłoki powietrznej.

W miejscach, gdzie nawodnienie sztuczne przeprowadzić się daje, step może wyżywić licznych mieszkańców, ale gdy warunki tego nie dopuszczają, ludność musi być bardzo nieliczna, w tych zwłaszcza nader rozległych obszarach, gdzie skąpa roślinność zmusza do życia koczującego.

Znacznie żyzniejszy, aniżeli step, jest grunt utworzony z gliny nawianej czyli z lesu, gdzie nadto i klimat łaskawszy panuje, chociaż grunt ten rozwojowi krzewów i drzew wtedy tylko sprzyja, gdy spoczywa w cienkiej powłoce na warstwach, które mogą zatrzymywać wilgoć. Gdy glina nawiana tworzy pokład znacznej grubości, wzrost na niej drzew staje się niemożebny, woda bowiem deszczowa przez ziemię niesłychanie przenikliwą przedziera się szybko; zboża natomiast bardzo dobrze uprawiane być mogą podczas dżdżystej pory roku i przy wysokiej żyzności gruntu dają dobre plony; gdy jednak deszcze regularne zawodzą lub się opóźniają, grunt schnie i zboże się spala, zkąd i tu tylko przy sztucznem nawodnieniu liczyć można na zbiory pewne. Glina nawiana, dla wysokiej swej urodzajności naturalnej, tworzy grunt, który może wyżywić liczną ludność, należy przeto do czynników popierających rozwój kultury ludzkiej, gdyż gęste zaludnienie prowadzi do ożywionych stosunków handlowych i podsyca współubieganie się wzajemne. Najkorzystniejsze jednak warunki przedstawia wulkaniczny grunt nasypowy, oraz grunt napływowy, a zapewne nie jest to sprawą przypadku, że dwa te rodzaje gruntu były prawie wyłącznie siedliskiem wielkiej i samodzielnej kultury ludzkiej,—grunt wulkaniczny na wyżynach świata nowego, a grunt napływowy na nizinach świata starego, gdy tylko raz w Yukatanie kultura ludzka osiągnęła rozkwit samodzielny na gruncie eluwialnym.

Nasypowa ziemia wulkaniczna pod względem swych własności fizycznych bardzo jest podobna do gliny nawianej i tem się bardziej do niej zbliża, im drobniejsze są ziarna wyrzutów wulkanicznych, które grunt ten tworzą. W cienkiej powłoce, rozpostarty na odpowiedniem podłożu, nadaje

się on wybornie do wzrostu drzew i wszelkiej innej uprawy, ale przy znacznej jego grubości rozwój drzew i krzewów staje się i tu bardzo utrudniony z powodu łatwego przedzierania się przezeń wody, a ztąd na równinach utworzonych z piasków i popiołów wulkanicznych, które po większej części powstały przez zapełnienie szerokich dolin górskich i kotlin nieckowatych, osiada zwykle roślinność trawiasta, jak na stepach. Zupełnie jak na glinie nawianej udaje się i tu bardzo dobrze uprawa zbóż, kukurydzy i innych roślin z takiemiż wymaganiami, jeżeli tylko ilość i rozkład deszczu sprowadza glebie dostateczną wilgoć; w przeciwnym razie jest tu także potrzebne nawodnienie sztuczne, by zapewnić powodzenie uprawom wszelkiego rodzaju.



Chata z trawy, na wyspie Hawai.
Według fotografji.

Jeżeli glina nawiana daje grunt bogaty i żyzny, to w daleko wyższym jeszcze stopniu tyczy się to wulkanicznego gruntu nasypowego. W okolicach więc, gdzie obok niego inne rodzaje gruntu występują, grunt wulkaniczny najbardziej ponętny jest dla osiadłości ludzkich, a podobnież zachęcająco działają nawet mniej korzystne obszary wulkaniczno-eolskie, gdzie nasypy w znacznej nagromadziły się grubości, chociaż panuje tam ciągle brak wody do picia, tak dalece, że niekiedy sprowadzać ją trzeba z milowych odległości na mułach lub na wozach ciągnionych przez woły. W szczególności jednak pociągają człowieka obszary, gdzie nasypy wulkaniczne nie tworzą powłoki tak grubej, by czuć się tam dawał dotkliwy brak wody, ale dostateczną do ujawnienia zalet tego gruntu, wypływających z obfitej w nim

zawartości soli pożywnych. Zrzeszenie ludności w dziedzinach gruntu wulkanicznego jest tak wybitne, że okolice te występują jakby wyspy zaludnienia gęstszego pośród obszarów słabiej zamieszkanych, a gdzie grunt wulkaniczny ostro jest od niewulkanicznego odgraniczony, dostrzegamy przeskok wyraźny w gęstości zaludnienia. Pojmiemy to łatwo, skoro zważymy, że w krajach słabo rozwiniętych rolnictwo prowadzi się bez wszelkiego nawozu, a na przeważnej liczbie różnych rodzajów gruntu uprawa następuje zaledwie co pięć lub sześć lat, gdy w tychże krajach na gruncie wulkanicznym to samo pole przez cały szereg lat uprawiane być może z powodzeniem.

Tem się tłomaczy, że na Jawie i na wyżynach wulkanicznych Meksyku, Gwatemali, Kostaryki, Ekwadoru żyje tak liczna ludność. Przytoczymy też, że sprzyjające warunki gruntu wulkanicznego przyczyniały się nieraz do szybkiego rozkwitu kultury roślin nowo wprowadzonych; tak działo się z uprawą kawy w Ameryce środkowej i na Jawie, z uprawą tytoniu na Sumatrze i w innych okolicach. Słowem, grunt wulkaniczny z powodu wybitnej swej żyzności, pomimo słabego swego rozprzestrzenienia, wywarł na ród ludzki wpływ ważny i rozliczny.

Ziemia napływowa nie jest już zwykle tak urodzajna, jak grunt wulkaniczny, a przytem, zależnie od pochodzenia swego i od natury swych części składowych, jest bardzo różnorodna, niekiedy nawet niezbyt żyzna, w ogólności jednak nastręcza rolnictwu warunki przyjazne, a ztąd też bardzo jest poszukiwana przez ludność różnych krajów. Skład jej chemiczny nie jest wprawdzie tak korzystny, jak gruntu wulkanicznego, natomiast korzystniejsze są stosunki rozkładu wody, wodę bowiem do picia i do zraszania roli napotyka się bez mozołu. Dlatego też grunt napływowy przy pomyślnych warunkach klimatycznych sprowadza znaczne zrzeszenie ludności; tam tylko, gdzie klimat zbyt jest wilgotny, gdzie zatem łatwo rozwijają się bagna pod względem zdrowotnym niekorzystne, a w krajach gorących nadmiernie się rozwija roślinność dzika, obszary ziemi napływowej są pomimo swej naturalnej urodzajności słabo tylko zaludnione, gdy w suchym klimacie stref umiarkowanych utrzymują ludność nader gęstą.

Ukształtowanie powierzchni i człowiek.

Mówiliśmy tu tylko o wpływach bezpośrednich natury gruntu na człowieka, nie możemy zaś korzystać ze sposobności, by dalej rozważyć, jak nawóz dobywa sowitsze płody z ziemi i tem samem umożliwia gęstsze zaludnienie, jak przemysł, który zresztą również zawisły jest od gruntu i miejscowych warunków geologicznych, nastręcza mieszkańcom środki do wymiany ich produktów na materjały pokarmowe, wytwarzane w innych krajach i t. p. Zwrócić się nam raczej należy do rozlicznych wpływów, jakie na człowieka wywiera ukształtowanie powierzchni skorupy ziemskiej.

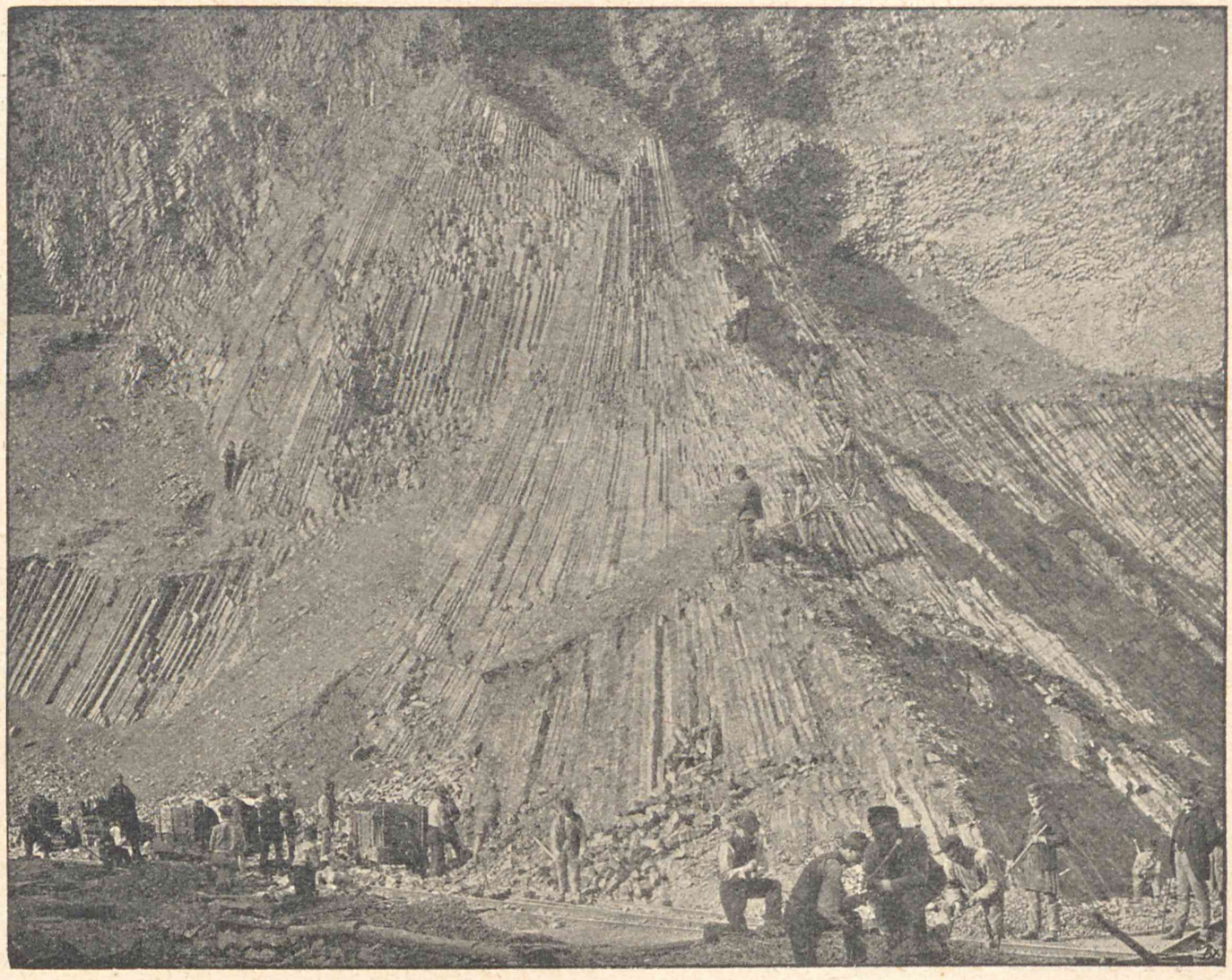
Osiadłości ludzkie.

Zobaczmy przedewszystkiem, jak znaczną doniosłość dla osiadłości człowieka posiada grunt i charakter gór, klimat i rozkład wody. Już tymczasowe tylko chaty włóczących się myśliwców, które często na noc tylko jedną przytułek i schronienie zapewniać mają, zakładane są dopiero po starannem



Mieszkańcy jaskiń w okresie lodowym.

Obraz W. Kranza według szkicu profesora Klaatscha.



Dobywanie bazaltu nad Renem.
Według fotografji.

zbadaniu gruntu i jego otoczenia, należy bowiem brać pod uwagę suchość jego i gładkość, jak największe bezpieczeństwo od napadu zwierząt drapieżnych, oraz bliskie sąsiedztwo wody do picia. Staranniej jeszcze, oczywiście, obiera mieszkanie swe koczownik, ma ono bowiem mu służyć na pobyt przez całe tygodnie lub miesiące, ale najtroskliwiej wyszukiwać trzeba miejsca na zamieszkanie i badać jego własności, gdy idzie o założenie osiadłości statecznej. Najdawniejsze trwałe mieszkania ludzkie były to zapewne jaskinie, które i teraz jeszcze niektórym plemionom służą za mieszkania; wcześnie też zapewne korzystano z mieszkań wydrążonych w luźnej glinie nawianej, jak to często się zdarza w Chinach i teraz jeszcze, w tamecznych obszarach lesu (ob. rys. str. 371). Przeważna większość ludzi przebywa oddawna w mieszkaniach nadziemnych, w namiotach, chatach i domach, a gdy pod innemi względami w ogólności człowiek w miarę rozwoju kultury coraz się bardziej oswobadzał od nacisku przyrody, to co do swych budowli stawał się coraz bardziej zawisłym od gruntu. Lekki namiot rozbity być może prawie na każdym gruncie; podobnież chata Indjanina lub Negra, związana wijącemi się łodygami, a pokryta liśćmi, nie rości od podłoża swego wielkich wymagań, natomiast murowane domy

narodów ucywilizowanych potrzebują gruntu mocnego, wytrwałego, zabezpieczonego od usuwania się i od zapadania, a im większe, wyższe i potężniejsze stawały się gmachy, tem baczniej rozpoznawać musiał budowniczy naturę gruntu. Zapewne, i tu często umysł ludzki zdołał wynaleźć radę, gdzie przyroda nastręczała warunki niekorzystne, już to przez zakładanie obszernych fundamentów z marglu i kamienia lub cementu, już to przez osadzanie pali w gruncie błotnym lub w płytkiej wodzie, w ogóle jednak są to tylko przypadki wyjątkowe, a dla znacznych kosztów sposoby takie stosują się w budynkach nowoczesnych jedynie w razie konieczności niezbędnej.

Większej znacznie wagi jest obiór miejsca na mieszkanie, gdy idzie o osiadłość rozleglejszą, o założenie wsi lub miasta, w tym bowiem razie bardziej, aniżeli przy domostwach oddzielnych, baczyć należy, by łatwo można było otrzymywać wodę, materjały budowlane i opałowe, by warunki zdrowotne były przyjazne, a otoczenie nadawało się do jednej lub do kilku gałęzi produkcji, by wreszcie nowa osiadłość dała się dogodnie połączyć z drogami wiodącemi do okolic dalszych. W niektórych znów razach miarodajne były pewne względy szczególne, np. możliwość schronienia i skuteczność obrony podczas wojny, a wtedy silniej jeszcze wysuwały się na pierwszy plan stosunki gruntu i ukształtowanie powierzchni, co zresztą i dziś jeszcze podobne ma znaczenie, chociaż zależnie od stanu kultury, od sposobu prowadzenia wojny i od udoskonalenia broni wymagania te od gruntu i od ukształtowania powierzchni ulegały ciągłym i znacznym zmianom. Plemiona indyjskie wyżyn Meksyku i Gwatemali, np. nieraz zakładały obronne swe miasta na odciętych częściach wyżyny, które z pozostałym jej obrębem na jednej przypadały wysokości, ale oddzielone od niego były wąwozami głębokiemi, o ścianach czasami prawie pionowych, były to dla ich sztuki wojennej niezdobyte niemal twierdze. Gdy jednak przybyli Hiszpanie z bronią palną, tak znacznie donioślejszą i skuteczniejszą aniżeli łuki i strzały krajowców, znikła obrona, jaką poprzednio położenie to zapewniało. Toż samo stało się z grodami średniowiecznemi, podobnież twierdze XVIII stulecia zgoła nie odpowiadają już wymaganiom dzisiejszej sztuki wojennej, wtedy bowiem dostateczną osłonę dawać mogły wyniesienia powierzchni ziemi, które dla dalekonośnych dział dzisiejszych nie przedstawiają już przeszkody istotnej.

Liczne miasta i inne osiadłości większę założone zostały po dojrzałej rozwadze przez osobistości wpływowe, są to zatem poniekąd utwory sztuczne; większa jednak część miast powstała bez podobnego wpływu zwierzchności ludzkiej, tam po prostu, gdzie warunki dosyć korzystne skłaniały do zamieszkania, gdzie zatem z początku niewiele tylko mieściło się rodzin, ale potem coraz ich więcej przybywało. Korzystne te warunki, które po większej części zależne są od gruntu i innych wpływów skorupy ziemskiej, przyczyniały się silnie do rozkwitu miast w każdym razie, czy były zakładane przez naczelników państw, czy też same przez się powstawały,

a gdzie warunki się psuły, miasta upadały lub całkowicie z powierzchni ziemi znikały, chociaż przemoc ludzka nie miała w tem udziału.

Widzieliśmy już wyżej, że przedewszystkiem niezbędna jest urodzajność gleby, by na danym obszarze gęsta ludność wyżywić się mogła, ale to nie rozstrzyga jeszcze, czy ludność rozkłada się na niezliczone osiadłości oddzielne, czy też gromadzi w niewielu znacznych ośrodkach zaludnienia; w istocie też napotykamy zarówno system jeden jak drugi. Gdzie o dostawę wody do picia łatwo, tam panuje często system domostw oddzielnych, z zagród bowiem takich gospodarstwo polne prowadzi się łatwiej i przy mniejszej stracie czasu, aniżeli z pewnego ogniska z ludnością skupioną; do łączenia się w wioski i miasta znagla także często nacisk społeczny, jak potrzeba obrony lub podobne względy, a częściej jeszcze skupianie takie stąd pochodzi, że woda do picia w ograniczonych tylko występuje miejscach. Okoliczność ta sprawiła w Yukatanie, że Majowie tameczni od czasów najdawniejszych osiedli w sąsiedztwie skąpych zbiorników wody podskórnej lub w pobliżu studzien sztucznie wykopanych, gdy wszystkie inne plemiona tejże rodziny narodów zamieszkiwały osady rozproszone, w innych bowiem okolicach umożebniał to rozkład wody.

Początkowo wielkie miasta istnieć mogły jedynie w obszarach gruntu urodzajnego, następnie jednak ułatwione środki komunikacji dozwoliły ludności skupić się i w miejscach, które przedstawiały pewne korzyści szczególne dla różnych gałęzi wytwórczości, jak np. w okolicach, gdzie znajdowały się skarby mineralne, gdzie grunt gliniasty dał początek garncarstwu, gdzie rośliny włókniste zachęciły do tkactwa, lub gdzie inne tego rodzaju zachodziły warunki, a w takich razach ludność utrzymywała byt swój przez wymianę swych wyrobów za dostarczaną jej żywność. I tam wreszcie, gdzie rozwinął się silnie handel i powstała ożywiona komunikacja, potrzeba znacznych sił pomocniczych dała podnietę do wytworzenia większych ognisk zaludnienia, które w czasach nowszych przybrały rozrost ogromny, a wraz z ogniskami przemysłu przedstawiają teraz osiadłości największe na powierzchni ziemi.

Przemysł. Przemysł w pierwszych swych początkach stanowczo był zależny od skorupy ziemskiej, częścią bezpośrednio, gdyż skarby mineralne wnętrza ziemi trzeba było na jej powierzchni obrabiać, częścią pośrednio, gdyż dane materjały roślinne lub zwierzęce szczególniej obficie napotykało się w pewnej okolicy dla sprzyjającego tam klimatu i gruntu, a ztąd zachęcały do dalszego ich obrabiania w tem samem miejscu. Dopiero po ulepszeniu komunikacji zdołano się wyzwolić przynajmniej pod względem przeróbki materjałów surowych od miejsca, gdzie je znajdowano i dobywano, a ztąd zależność od warunków miejscowych mniej już czuć się dawała człowiekowi. Samo otrzymywanie materjałów surowych pozostaje wciąż w najzupełniejszej zależności od skorupy ziemskiej, a właśnie ta łaska i niełaska różnych okolic, ta różnorodność produktów odrębnych stref, wysokości i krajów, dopiero wywołała stosunki wzajemne między ludźmi najrozmaitszych ras, narodowości i plemion.



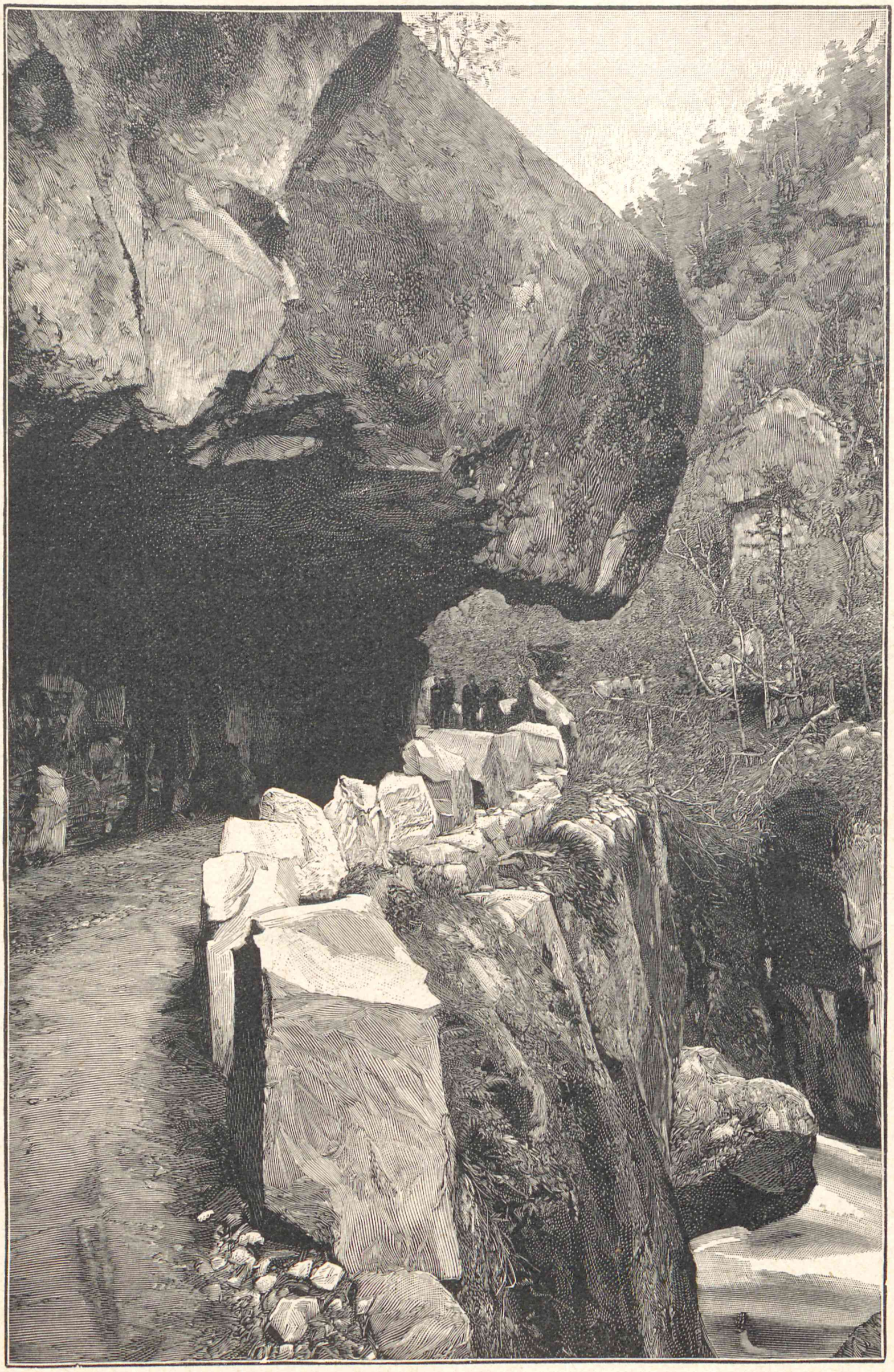
Dziewiczy las zwrotnikowy z mostem wiszącym.

Według dzieła Dumont d'Urville'a „Voyage d'Astrolabe", 1826 r.

Komunikacje.

Sposoby przenoszenia się ludzi, z miejsca na miejsce przesyłania wiadomości i przewożenia towarów ulegały od najdawniejszych czasów rozmaitym zmianom któremi zająć się tu nie możemy. Jakkolwiek się jednak kształtowały warunki, zależność ich od natury skorupy ziemskiej zawsze była nader wielka. Postęp techniki zdołał wprawdzie usunąć niektóre przeszkody przez naturę stawiane, a tem samem uczynił człowieka niezależnym od pewnych, szczególniej trudnych przeszkód; tak np. przez budowę grobel i mostów ujarzmiono bagna i rzeki, a całe góry przebito tunelami, na których przeprowadzono szyny; ale przy wykonywaniu takich robót dopiero czuje się człowiek prawdziwie zależny od geologicznej budowy skorupy ziemskiej i od natury gruntu, a może nigdzie konieczność badań geologicznych tak się wyraźnie nie nastręcza, jak przy przebijaniu gór tunelami lub cieśnin kanałami.

Pod pewnym nawet względem zależność człowieka od powierzchni ziemi wzmogła się jeszcze. Wydawać się zapewne mogło, że wprowadzenie przewodników telegraficznych do rozsyłania wiadomości osłabia tę zależność, druty bowiem śmiałemi rzutami przekraczać mogły przepaści najdziksze i rzeki najbystrzejsze; gdy jednak trzeba było liny telegraficzne przez morze przeprowadzić, wystąpiła naraz zależność od tej części skorupy ziemskiej, która jest pokryta wodą morską, gdy poprzednio o tyle tylko miała dla człowieka znaczenie praktyczne, o ile stawiać mogła przeszkody żegludze, lub pomoc jej przynosiła (rafy podwodne, grunt do zarzucania kotwic), a zatem w najpłytszych tylko częściach morza. Podobnież zawisłość od skorupy ziemskiej coraz się wybitniejszą stawała, im bardziej doskonaliła się komunikacja lądowa; wędrowiec pieszy potrzebował do ruchu swego wązkiej jedynie ścieżki, umiał przedostawać się przez strome spadki i wyniesienia, na ściętym pniu lub na moście wiszącym, z lianów splątanym, przekraczał dzikie strumienie górskie (str. 378), inne wody przebywał w bród, albo też przeprawiał się na tratwach i czółnach, słowem wędrowiec pieszy naginał się wedle możności do warunków powierzchni ziemi, a nastręczające się trudności pokonywał środkami najpierwotniejszemi. Inaczej już ukształtowała się komunikacja, gdy zaczęto posługiwać się zwierzętami wierzchowemi i jucznemi, trzeba było bowiem usuwać skały zawadzające, kamienie i pnie drzewne, a zamiast prostych mostów wiszących założyć trwałe mosty drewniane lub kamienne, które ze swej znów strony często wymagały mocnych fundamentów; trzeba było rozszerzyć drogi, co na stokach spadzistych dało się dokonać jedynie przez nacięcia sztuczne powierzchni (str. 381), a tem samem znalazł się człowiek w bliższej zawisłości od natury geologicznej lądu. Ale ściślejszą jeszcze stała się ta zależność w górskich okolicach, gdy zastosowano do komunikacji zwierzęta pociągowe, pochyłości bowiem musiały być teraz daleko łagodniejsze, drogi o wiele gładsze i znacznie szersze; nacięciom bocznym w skałach trzeba było nadawać głębokość coraz większą, a ztąd na rodzaj tych skał i na ich własności należało zwracać coraz baczniejszą uwagę; wkrótce też trzeba było w wielu razach twardą skałę rozsadzać, by od niej miejsce na drogę

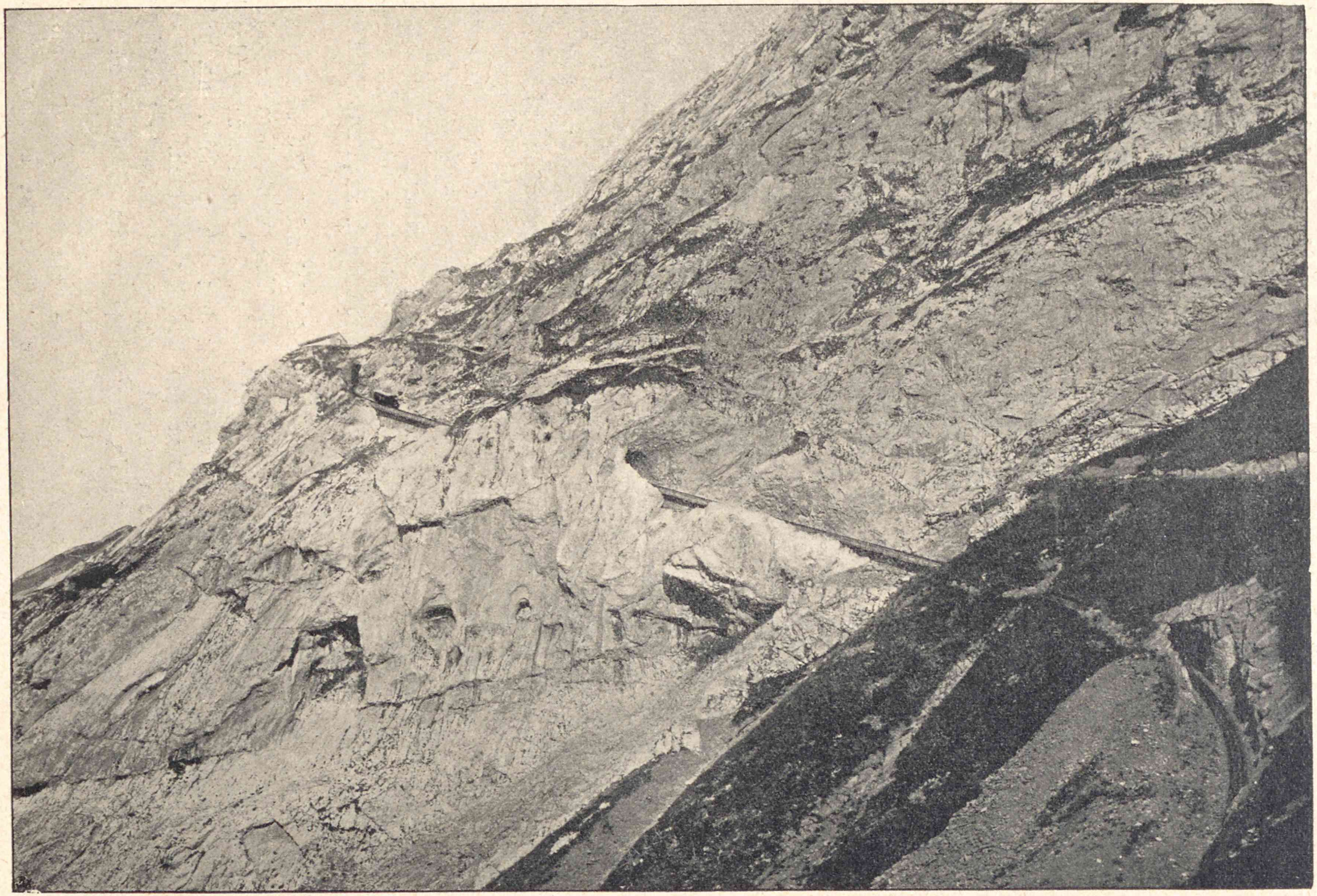


Droga górska, wykuta w skałach, w Norwegji.

wymusić, albo też w miękie skały gliniaste wtłaczać znaczne ilości kamieni, budować mury ochronne lub znosić pochyłości, by ustrzedz od zwałów. Wiemy przecież, że gliny i margiel przy silnem rozmiękczeniu przez wdzierającą się wodę po stromej pochyłości łatwo się staczają, ześlizgują, a niekiedy nawet spływają, dlatego też drogi piesze, a o ile można i konne, trzymały się chętnie grzebieni i szczytów takich gór, tu bowiem najmniejsze było niebezpieczeństwo zwałów, a tem samem zakłócenia komunikacji. Drogi wozowe nie mogły się już stosować do stromo wznoszących się grzbietów, ale biedz musiały po stokach, a tem samem stały się od natury skał przyległych daleko bardziej zawisłe, aniżeli pierwotne, wązkie drogi. Nietylko w górach wybija się tak wzrastająca wciąż zależność od stosunków geologicznych i od kształtów skorupy ziemskiej; toż samo dzieje się na wyżynach przeciętych wąwozami i na rozległych przestrzeniach nizin, głębokie bowiem rozpadliny i znaczne wyniosłości gruntu tworzą często przykre przeszkody, chociaż w ogólności równiny w wysokim stopniu komunikacji sprzyjają. Dla dróg pieszych i konnych znajdują się łatwo tu lub owdzie miejsca, którędy wąwozy przekroczyć się dają, ale dla dróg wozowych sposobność taka nastręcza się znacznie rzadziej, a i wtedy przejście połączone jest z tylu trudnościami, że trzeba zbaczać znacznie od pożądanego kierunku lub posługiwać się mostem, śmiało rzuconym przez parów. W nizinach przeszkody tego rodzaju wprawdzie nie występują, ale tam znów rzeki wymagają często wielkich mostów, które oprzeć trzeba na trudnych i kosztownych fundamentach, bagna i torfowiska zmuszają do zbaczania lub do budowy grobel, a nawat i na wytrzymałym stosunkowo gruncie drogi winny być należycie wzmocnione, co na pierwotnych drogach pieszych i konnych pomijać zwykle można było.

Najsilniej ujawnia się zależność komunikacji lądowej od geologicznej budowy skorupy ziemskiej i od ukształtowania jej powierzchni przy prowadzeniu kolei żelaznych, tu bowiem nietylko spadki dopuszczalne są znacznie mniejsze, aniżeli na drogach wozowych, ale nadto unikać należy nagłych zgięć, a na ich miejsce wprowadzać potrzeba krzywizny łagodne. Do wszelkich garbów ziemi, do jej zagłębień i wyniesień, nie może się kolej żelazna stosować w równej mierze, jak drogi innych rodzajów, ale pomagać tu muszą często głębokie przekopy, tunele, potężne nasypy i mosty. Nowoczesne drogi wdzierają się głęboko w łono gór i skał, a tem samem stosunki geologiczne przy prowadzeniu ich szczególnej nabierają wagi.

Podobne wzmożenie tej zależności ujawnia się i w komunikacji wodnej. Dopóki odbywała się jedynie na spławnych rzekach w płytkich łodziach wiosłowych, można było łatwo przezwyciężać drobne przeszkody, jak np. wiry wodne, gdy zaś nastręczały się wodospady, postępowano podobnie jak i dziś jeszcze w krajach niezbyt rozwiniętych: przeciągano statek na ląd i toczono go na wałkach aż do dolnego krańca wodospadu, gdzie znowu ładowano towary, również przeprowadzane drogą lądową. Przy dalszym rozwoju żeglugi lądowej trudności nie dawały się już w sposób tak prosty poko-



Ściana ośla (Eselswand) na Pilatusie, wraz z drogą zębatą, prowadzącą na szczyt góry.
Według fotografji.

nywać ale nieraz wypadało torować drogę przez rozsadzanie skał, albo też należało okrążać wodospady z pomocą kanałów i śluz, a w tym celu trzeba było znów wdzierać się w skały głębokiemi przekopami. Gdy dalej statkom zaczęto nadawać większą głębokość, wypadało nieraz pomódz przyrodzie, by koryto wodne zawsze było otwarte, nie tamowane nadmiarem piasku i zwiru, unoszonym przez rzeki w pewnych czasach. Osiąga się to częścią przez oczyszczanie dna, częścią też przez kanały boczne i przez uregulowanie rzek na znacznej rozległości; w ten sposób zdołał się wprawdzie człowiek do pewnego stopnia oswobodzić od nacisku sił geologicznych, niemniej jednak pozostaje widoczną zależność żeglugi rzecznej od skorupy ziemskiej i od jej warunków, gdy zważymy, że wszystkie te naturalne żyły wodne w całym swym przebiegu, ze swemi spadkami i z unoszonemi przez nie mętami, wiążą się bezpośrednio z budową geologiczną skorupy ziemskiej i z późniejszemi losami jej powierzchni. Każda przecież rafa, każda twarda ławica kamienna, która sprowadza wiry lub wodospady, a tem samem przeszkody wytwarza, ma źródło geologiczne, zresztą i sam sposób prowadzenia kanałów i budowy śluz także od właściwości geologicznych danej okolicy przeważnie zależy.

To samo tyczy się żeglugi morskiej w stopniu jak najwyższym. Nie przytaczam tu nawet, że to objawy geologiczne wytworzyły granicę między morzem a lądem, przypominam tylko, że ustrój powierzchni ziemi w niewielkiej głębokości pod poziomem morza ma dla żeglugi znaczenie niezmierne; gdy wraz z rozwojem stosunków handlowych i z doskonaleniem się techniki powiększały się wymiary okrętów i wzrastało ich pogłębienie, dno morskie nabierało praktycznego znaczenia w coraz znaczniejszej głębokości. Najdotkliwiej zależność człowieka od skorupy ziemskiej i od jej objawów geologicznych daje się uczuć w portach morskich; niewielkie wyniesienie lub obniżenie wybrzeża odciąć może jednemu miastu nerw żywotny, a inne doprowadzić do rozkwitu nieoczekiwanego; osady nanoszone przez rzeki, zbiorowiska piasku i mułu sprowadzane przez prądy przybrzeżne, przeinaczać mogą cały przebieg wybrzeży, a miasta, niegdyś nad morzem położone, bywają przeniesione w głąb lądu; niekiedy też burza w ciągu jednej nocy zalewa rozległe obszary ziemi urodzajnej, zkąd znów dla komunikacji otwierają się nowe zupełnie drogi.

Wywody powyższe wykazały nam, w jak ścisłej zależności od skorupy ziemskiej i od jej ukształtowania pozostają gościńce wszelkiego rodzaju, ale zależność uwydatnia się daleko silniej jeszcze, gdy opuszczamy drogi utorowane i znagleni jesteśmy do wędrówek bez ich pomocy, np. podczas wypraw naukowych, myśliwskich lub podróży górskich. Wtedy dopiero ocenić można, jaki ogrom zawad naturalnych usunęły i ominęły najprostsze już drogi i jak korzystnie moc ludzka umiała oddziałać na warunki pierwotne. W przytoczonych tu przykładach ukształtowanie powierzchni posiada może słabe tylko znaczenie ogólne, ale zachodzić też mogą przypadki, gdy drobna falistość ziemi, bagno odosobnione, stromy wąwóz

lub głęboka rzeka stanowią o pomyślności i klęskach, ycytsię całych narodów nawet,—dzieje się to w bitwach, których rozstrzygnięcie łatwo zależeć może od natury i ukształtowania gruntu, na którym bój się toczy.

Oddziaływanie człowieka na powierzchnię ziemi.

W którąkolwiek spoglądaliśmy stronę, dostrzegaliśmy zawsze zależność człowieka od skorupy ziemskiej, bezpośrednią lub pośrednią; nasuwa się przeto pytanie, czy też nawzajem człowiek nie zdobył znacznego wpływu na dalsze ukształtowanie powierzchni ziemi, a na pytanie to należy nam dać stanowczo odpowiedź twierdzącą. Mówiliśmy już wyżej, że przez budowę dróg, kolei żelaznych, tunelów, kanałów, w większej lub mniejszej mierze pogwałcono skorupę ziemską, ale nie idzie tu tylko o same przekopy i zagłębienia, należy bowiem mieć na uwadze, że skutkiem tych robót dosyć rozległe powierzchnie pokładów odsłonionych stały się dostępne wietrzeniu i odprowadzaniu. Donioślejsze są jeszcze zmiany powierzchni ziemi, spowodowane przez kamieniołomy i inne odkrywki; podziemne kopalnie także, o ile nie zostały zapełnione podsadzką, sprowadzają niekiedy wskutek zawałów znaczne zaklęśnięcia skorupy ziemskiej, co prawdopodobnie niedawno dopiero zdarzyło się w Eisleben.

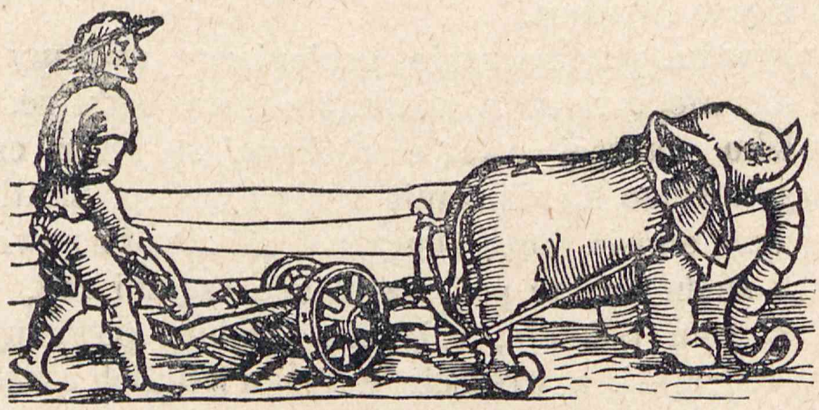
Większy wpływ na przeinaczanie geologiczne skorupy ziemskiej wywiera rolnictwo, dla niego bowiem znaczne obszary lądu zostają wykarczowane, a przy daleko słabszej osłonie roślinnej są przez czas krótszy lub dłuższy silniej wystawione na działanie wody i wiatru. Skutkiem tego woda na gruncie pochyłym unosić może znaczną ilość ziemi z powierzchni uprawnych, w porze zaś suchej wiatr porywa obficie cząstki roli, gdy znów inne drobiny na temże polu odkłada; cały ten przebieg powoduje tedy zmianę w składzie gleby rodzajnej, a wreszcie w ciągu długich okresów sprowadzić nawet może jej ubytek.

Niszczenie lasów.

Najsilniej wpływ swój na powierzchnię ziemi wywiera człowiek przez niszczenie lasów. W obszarach wilgotnych a ciepłych, gdzie las szybko odrasta, nie sprowadza to następstw wyraźnych, jak w okolicach wilgotnych i chłodnych lub w suchych i ciepłych. W pierwszych trzebież lasów oddziaływa najczęściej bardzo korzystnie, przyczynia się bowiem do osuszania miejsc bagnistych i przyśpiesza zbyt powolny poprzednio odpływ wody deszczowej; w okolicach natomiast suchych i ciepłych następstwa są szkodliwe, tu bowiem grunt traci ochronę, jaką dawał las, gdzie zatem panował klimat leśny, dostrzegamy zamiast niego warunki klimatu stepowego. Gdy poprzednio w miejscach takich przeważało wietrzenie chemiczne, a woda zaledwie słabo ujawniała swą działalność uprowadzającą, góruje teraz pod wpływem promieniowania słonecznego wietrzenie mechaniczne, wiatr i woda spłókująca zyskują dla swej pracy pole swobodne, opieszały dotąd odpływ wody przyśpiesza się znacznie i podsyca działanie erozji, a ztąd po niewielu już dziesięcioleciach cała okolica przedstawiać może widok zupełnie zmieniony, przyczem najczęściej urodzajność jej doznaje wyraźnego uszczerbku. Prawiono nieraz, że przez wyniszczenie lasów zmniejsza się obfitość deszczu, ale potwierdzić tego nie zdołano; wpływ niekorzystny trzebieży polega raczej

na zmianach, jakich doznaje gospodarstwo wodne w ogołoconych z lasów okolicach.

Z większem powodzeniem w zakres sił geologicznych, na powierzchni ziemi działających, wdziera się człowiek, gdy za pomocą studzien artezyjskich usiłuje wytworzyć oazy w pustyni, gdy przez obsianie i zadrzewienie ustala wydmy wędrowne, gdy przez budowę przegród powstrzymuje potoki, zwały górskie i lawiny, a przez uregulowanie rzek nie dopuszcza ich wylewów. Gdy obrazy takie przesuwają się przed wzrokiem naszym, z dumą twierdzić możemy, że drogą tą dały się już osiągnąć wyniki piękne i pożądane, ku pożytkowi i pomyślności rodu ludzkiego. Chociaż oddziaływanie człowieka na powierzchnię ziemi nie jest zbyt doniosłe, zdołało już jednak przeobrazić pewne rysy w obliczu ziemi, a w ciągu stuleci i tysiącoleci wszędzie pozostawiło swe ślady, dając tem nowy dowód, że i drobne działania, gromadząc się przez długie okresy, prowadzą do wielkich następstw.



Według „Kosmografji“ S. Münstera.

II. Skarby mineralne i człowiek.

Śród wszystkich skarbów, które skorupa ziemska w sobie mieści, znaczeniem swojem żaden nie dorównywa wodzie. Woda jest niezbędna do utrzymania życia człowieka, niezbędna dla roślin i zwierząt; jest to przyjaciel i potężny sprzymierzeniec człowieka w technice i komunikacji, pracownik olbrzymi, który całą powierzchnię ziemi zmienia i przeobraża. Ktoby zdołał skreślić niezmierną rozmaitość wszelkich działań wody, ktoby wyczerpująco przedstawił wszechstronne jej stosunki do całej przyrody żyjącej i nieożywionej, dokonałby jednego z największych zadań, jakie się umysłowi ludzkiemu nastręczyć mogą. Nad jego rozwiązaniem mozolić się tu nie będziemy, woda bowiem jest poniekąd gościem tylko wewnątrz skorupy ziemskiej, zostaje tedy poza przedmiotem tego rozdziału; istotną jej dziedziną jest morze, które się mieści na skorupie ziemskiej i tworzy obszar pośredni między tą skorupą a atmosferą. Z morza przebiega woda w ciągłej wędrówce powłokę powietrzną ziemi i jej skorupę, już to szybko, już powolnie, w wiecznym obiegu, a według Arrheniusa krążeniu ulega i ten zasób wody, który przenika do najdalszych głębi skorupy i wreszcie przedostaje się aż do ognisto-płynnego wnętrza ziemi, zkąd dopiero przy wybuchach wulkanicznych wydostaje się do atmosfery w postaci pary, by znów brać udział w obiegu nadziemnym. Chemicznie nawet związana woda wielu ciał mineralnych nie przedstawia się jako trwała część składowa skorupy ziemskiej, w wiekuistej bowiem zmienności zjawisk rozpadają się wreszcie i te związki, a woda przenosi się dalej i łączy się z innemi ciałami; wciąż nowe powstają utwory, dawne zaś ulegają zagładzie. Tak więc woda, chociaż się niemal wszędzie w skorupie ziemskiej napotyka, jest w niej tylko obcym przybyszem, ale przybyszem, który wszędzie roznosi zaczyn dalszego rozwoju, którego człowiek nieraz śledzi w podziemnych jego drogach, by na swą korzyść zużytkować wpływ jego dobroczynny.

Jeżeli wodę uznać należy za największy skarb skorupy ziemskiej, to znaczeniem swem najbardziej się do niej zbliża skrajny rąbek tej skorupy, odgraniczający ją od atmosfery, a mianowicie warstwa przez zwietrzenie wytworzona i wszelka w ogólności gleba, która początek swój znowu zawdzięcza przeważnie wodzie. Znaczenie gleby dla rodu ludzkiego wykazaliśmy już w rozdziale poprzednim i wracać do tej rzeczy nie mamy tu potrzeby.

Woda i gleba mają bezpośrednio lub pośrednio znaczenie wytyczne dla wegetacyjnej strony życia ludzkiego, skarby natomiast mineralne służą człowiekowi przeważnie do rozwoju jego kultury. Sól tylko ma doniosłość znaczną i dla bytu wegetacyjnego, chociaż spożywanie jej w postaci soli kuchennej nie wydaje się koniecznem dla utrzymania życia ludzkiego, są bowiem różne narody, które się bez niej obywać muszą, a pożądaną przyprawę swych potraw znajdują w popiołach lub w pewnych substancjach roślinnych. Wszędzie jednak uważa człowiek sól za rzecz, bez której obywać się nie może, a gdzie nie znajduje jej u siebie na miejscu, łoży największe wysiłki, by zawładnąć ważną tą substancją. Sól była zapewne pierwszym materjałem mineralnym, który człowiek zaczął dobywać sposobami technicznemi; ona też zapewne przedewszystkiem wywołała pierwotne stosunki handlowe między plemionami czasów przedwiecznych. Zresztą jest sól w ogólności daleko bardziej rozprzestrzeniona, aniżeli część przeważna innych skarbów mineralnych skorupy ziemskiej, w drobnej bowiem ilości towarzyszy wodom bieżącym, które ją znoszą do mórz i do jezior bezodpływowych, wzmagając wciąż zasób w nich zawarty; pomimo to są rozległe obszary lądów, gdzie sól skąpo tylko występuje, lub gdzie brak jej zupełny, a zatem drogą handlu jedynie otrzymywać się daje. Ztąd to sól w prętach, płytach lub bułach tworzyła jeden z najdawniejszych, jeżeli nie najdawniejszy, środek wymiany czyli monetę, a pod tym względem ma i teraz jeszcze gdzieniegdzie ważne znaczenie, zwłaszcza we wnętrzu Afryki. Sól jest nadto niezbędnie potrzebna do utrzymywania w stanie pomyślnym zwierząt roślinożernych, w gospodarstwie więc hodowców bydła zajmuje szczególniej ważne miejsce; rybołówcom nastręcza możność przechowywania ryb na zapotrzebowanie późniejsze, myśliwcom i hodowcom bydła daje środek odkładania mięsa zaoszczędzonego aż do czasu, gdy brak jego uczuwać się daje, a ztąd znacznej części ludów pierwotnych sól przedewszystkiem nasunęła podnietę do gospodarności. Pod tym względem w rozwoju kultury rodu ludzkiego sól stała się czynnikiem nader doniosłego znaczenia, a wobec tego dosyć drobne wydają się liczne jej zastosowania w technice nowoczesnej, jakkolwiek wielkiej są wagi dla różnych zawodów ludzkich. Gdy zatem sól stała się substancją nader ważną zarówno dla życia wegetacyjnego jak i dla kultury człowieka, to inne zasoby mineralne wpływały głównie tylko na jego kulturę, zawsze ją silnie popierając, chociaż z biegiem czasu znaczenie ich rozmaicie się zmieniało, w pierwotnych bowiem stosunkach ludzkich postęp kultury torowały głównie łatwo dające się obrabiać ma-



Otrzymywanie soli w Kalifornji.
Według fotografji.

terjały mineralne, następnie rolę przodowniczą przejęły trudniejsze do przeróbki rudy, a wreszcie coraz wzrastające znaczenie zyskały niepozorne węgle kopalne wraz z olejem skalnym.

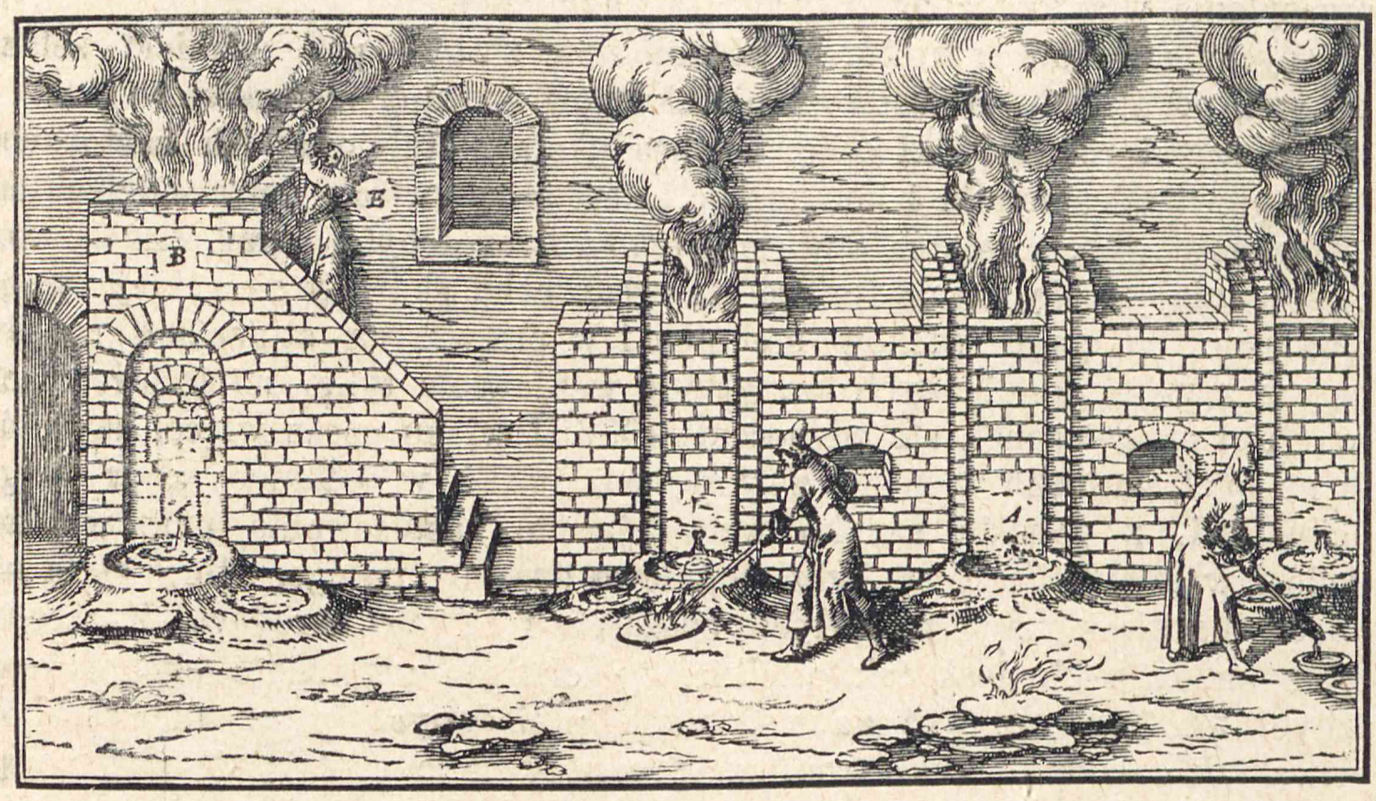
Jak wszystko na świecie ulega powolnemu rozwojowi, tak i tu dostrzedz się daje postęp stopniowy, a wszelkie udoskonalenia prawie zawsze stawały się możliwemi jedynie wskutek poprzednich zdobyczy kultury. Jak to się wszystko działo i jak zawiły splot wpływów najrozmaitszych sprowadzał coraz potężniejsze i pomyślniejsze wyniki, stanowić to ma przedmiot innego działu naszej książki; tu ograniczyć się musimy do kilku skazówek treściwych, które dozwolą nam w krótkich słowach wykazać znaczenie oddzielnych minerałów.

W postępowych naszych czasach surowe materjały mineralne, które obficie występują na powierzchni ziemi, nie zaliczają się już do skarbów kopalnych, w pierwotnym wszakże okresie bytu ludzkiego były to czynniki kultury najdonioślejszego znaczenia, tak dalece, że uważać je należy za istnych ojców jej rozwoju; krzemienie, jaspisy i inne odmiany krzemionki, obsydjany i łatwe do obrabiania serpentyny dały człowiekowi w rękę pierwsze narzędzia i broń pierwszą, a tem sprowadziły znaczne ułatwienie w utrzymywaniu życia. Gliny plastyczne dały podnietę do garncarstwa, które stało się tak ważne dla człowieka i dziś ma jeszcze wielkie znaczenie nietylko u ludów niższych, ale i u narodów najwyżej posuniętych w kulturze; lawy, bazalty, andezyty, porfiry dały człowiekowi pierwsze kamienie młyńskie, na których przerabiać mógł ziarna zbóż swoich na mąkę i teraz

jeszcze przerabia; głazy pospolite nastręczyły mu materjał do budowy wielkich murów i domów, wapno palone posłużyło za spoiwo; glina, marmur, gips i inne kamienie odpowiednie wzbudziły jego popęd artystyczny i podniecały do wzbijania się na coraz wyższe stopnie sztuki; farby ziemne powiodły go do malarstwa, — słowem, surowe materjały powierzchni ziemi zaczątkom kultury ludzkiej nasunęły obficie podniety wszelkiego rodzaju, złożyły podstawę, na której oprzeć się mógł rozwój dalszy, dla początków przeto kultury materjalnej posiadają znaczenie olbrzymie. Dodać jeszcze należy, że i te surowe materjały mineralne można było napotkać jedynie w pewnych oznaczonych miejscach, albo przynajmniej w pewnych miejscach znajdowano je w szczególnie zalecającej się jakości; za tem poszło, że z miejscowości takich sprowadzano materjały surowe, albo też osiadała tam pewna część mieszkańców okolicznych, zajmując się przeróbką tych materjałów surowych, oraz wymianą wyrobów gotowych, przyczem bądź konsumenci nabywali je w miejscu produkcji, bądź też wytwórcy sami przesyłali je do okolic sąsiednich. W ten sposób surowe materjały mineralne, występujące w pewnej miejscowości, sprowadzały zgęszczenie ludności w szczupłym obrębie, powoływały do życia przemysł miejscowy wreszcie rozbudzały ruch handlowy, a im szerzej rozpościerały się stosunki wymienne, im silniej rozrastała się wytwórczość przemysłowa, tem bardziej też ulepszały się drogi w tej okolicy; ostatecznie tedy, przyznać musimy, że bogactwo pewnych zasobów mineralnych było pierwszem źródłem rozległej i wszechstronnej kultury.

Wraz z postępem kultury różne materjały surowe znaczenie swe nieraz zmieniały. Glina okazała się przydatna nietylko do celów garncarstwa, ale w mierze daleko większej do wypalania cegieł; inne materjały usuwały się zupełnie na ubocze, jak krzemień, który zresztą po stuleciach znalazł się ponownie na usługach człowieka (krzesiwo, zamek strzelb skałkowych), ostatecznie jednak ustąpił z widowni; inne jeszcze, jak obsydjan, dotąd pozostają w użyciu u niektórych ludów pierwotnych. Drobny zwir rzeczny lub okruchy niewielkie, które poprzednio nie miały żadnej zgoła wartości, nabrały stopniowo pewnego znaczenia, jako materjał na budowę dróg, jako przymieszka do betonów i t. p., a wielkie gałęzie przemysłu oparły się na obrabianiu granitu, sjenitu i marmuru; słowem surowe materjały mineralne, chociaż w odmiennem często zastosowaniu, odgrywają teraz jeszcze wybitną rolę, jak w czasach najdawniejszych, sprowadzają pewne skupienie ludności, rozbudzają przemysł i ożywiają komunikację w znacznym stopniu.

Jeżeli materjalnej kulturze człowieka pierwotne oparcie dały substancje mineralne, łatwo dostępne na powierzchni ziemi, to zasoby metaliczne skorupy ziemskiej wznosiły ją stopniowo na szczeble coraz wyższe; wprawdzie łatwe do obrabiania metale szlachetne używane były najpierw tylko na przedmioty ozdobne i naczynia zbytkowe, a ztąd początkowo większego znaczenia dla postępu kultury nie miały, gdy jednak miedź i bronz, a na-



Piec hutniczy z XVII wieku.
Według dzieła Löhneyssa „Bericht vom Bergwerk", 1617.

stępnie żelazo przerabiać zaczęto na oręż i na narzędzia, działalność ludzka w najrozmaitszych dziedzinach stała się daleko bardziej produkcyjną i rozpoczęła się era olbrzymiego postępu; nowe środki pomocnicze wdzierały się do kół coraz rozleglejszych, w szybkim pochodzie zwycięskim przedostawały się coraz dalej, podnosząc wszędzie, ożywiając i popierając wszelką gałąź przemysłu, handlu i komunikacji. Robotnik, który zamiast narzędzia drewnianego lub kamiennego posiadł żelazne, wykonywać mógł swą pracę prędzej i dokładniej, wytwórczość jego wzmogła się niesłychanie; koń, którego kopyto ochroniono żelazem, wóz, którego koła otoczono obręczami żelaznemi, — wszystko to wpłynęło na spotęgowanie pracy, przyśpieszając coraz bardziej tętno życia ekonomicznego. Żelazo łatwo kowalne było przedmiotem nader pożądanym i wszyscy się o nie ubiegali, a ztąd bryły tego materjału, rozmaitej wielkości i różnej postaci, łatwo stały się powszednim środkiem wymiany, jak i teraz jeszcze w wielu okolicach Afryki używane są w tym celu, obok tkanin bawełnianych, muszel, prętów soli i t. p. Na całej jednak ziemi pieniądze żelazne nie zdołały się nigdy rozpowszechnić, zbyt były ciężkie i niedogodne do obiegu ogólnego; natomiast powszechne prawie uznanie jako środek wymiany zyskały rychło metale szlachetne w postaci sztab lub monet, a w tym charakterze przyczyniły się silnie do ułatwienia stosunków handlowych. Coraz to inne metale i ziemie przybywały z biegiem czasu na usługi człowieka, coraz większy rozrost zyskiwało górnictwo, skierowane do ich dobywania, a użycie ich sięgało do coraz dalszych dziedzin wytwórczości ludzkiej; powstały nowe gałęzie przemysłu, inne uległy zupełnemu przeinaczeniu, sposoby przewozu towarów

i przesyłania wiadomości zyskały zupełnie odmienne ukształtowanie, a obecnie całe życie narodów w kulturze posuniętych zostaje pod znakiem żelaza i innych, podatnych do zastosowania skarbów skorupy ziemskiej.

Olbrzymi rozwój, jaki osiągnęła produkcja metali oraz ich zastosowanie w przemyśle, handlu i komunikacji, jest rzeczywiście dopiero dzieckiem czasów nowszych, a istotną dźwignią tego rozrostu było coraz silniej rozpowszechniające się użycie innego jeszcze skarbu skorupy ziemskiej, węgli kopalnych. W ciągu wieków średnich i w pierwszych stuleciach czasów nowych z węgli kamiennych korzystano w niewielu tylko miejscowościach i w ilości ograniczonej, ale od początku XVIII wieku coraz więcej używano ich na opał, zarówno w życiu zwyczajnem jak i w technice, a w ciągu wieku XIX, z powodu szybko wzrastającego zastosowania pary w przemyśle i w komunikacji, zdobyły stopniowo znaczną potęgę, która stała się miarodajną dla rozwoju rozległych obszarów i całych narodów. Znaczenie węgli kamiennych jest tak wielkie, że chciano przyszłość ekonomiczną różnych narodów obliczyć na podstawie posiadanych przez nie zasobów paliwa tak cennego. Takie wszakże przewidywania wydają się nader wątpliwe, ludzka bowiem zdolność wynalazcza zdobędzie zapewne w przyszłości środki i drogi coraz dokładniejszego zużytkowania ciał i sił przyrody, a wtedy węgiel, przechowany w ziemi dla człowieka z czasów dawnego nadmiaru substancji roślinnych, utracić może powszechne swe znaczenie teraźniejsze, podobnie jak prężność pary w wielu razach zastąpić się da elektrycznością, tą siłą potężną, która ze swej strony w technicznych swych zastosowaniach znowu związana jest z zasobami metalicznemi skorupy ziemskiej.

Szczątki kopalne życia organicznego z dawno ubiegłych czasów dziejów ziemi służą człowiekowi nietylko jako materjał opałowy, ale przydatne są nadto i do celów oświetlania, przyczem dają się stosować bądź bezpośrednio, jak olej skalny, który od 1859 r. jest ważnym przedmiotem handlu, bądź też, jak węgiel kopalny, poddane być muszą najpierw procesowi dystylacyjnemu, by wywiązały gaz oświetlający, który od początku wieku XIX coraz się bardziej rozpowszechniał. I dziś jeszcze gazowi oświetlającemu wraz ze światłem elektrycznem przypada główne zadanie w oświetlaniu miast wielkich, gdy olej skalny nadaje się jako materjał oświetlający zwłaszcza w mieszkaniach i w miastach mniejszych, zkąd po większej części usunął dawniej używane materjały palne pochodzenia roślinnego, zwierzęcego lub mineralnego.

Olej skalny i gaz oświetlający służą zresztą nietylko do oświetlania, ale dają się z jak najlepszem powodzeniem zastosować również do ogrzewania i do wprawiania w ruch motorów. Nader ważne znaczenie mają też produkty uboczne, zyskiwane przy wyrobie gazu oświetlającego, a w pierwszym rzędzie smoła, która nietylko bezpośrednio do rozlicznych celów zużytkować się daje, ale stanowi nadto punkt wyjścia dla kilku ważnych gałęzi przemysłu. Przytoczymy tu tylko przemysł farbierski, który tak silnie się



Cienkie płytki lawy w powiększeniu 100-krotnem.

W świetle zwykłem i spolaryzowanem. Według profesora F. Fouqué w Paryżu, 1879.

w ostatnich czasach rozwinął, że w pewnych miejscowościach wywołał zupełny przewrót w warunkach istnienia ludności: z jednej strony dał tysiącom w ręce robotę zyskowną, ale z drugiej przytłumił zupełnie lub przynajmniej silnie ograniczył w pewnych okolicach uprawę roślin farbierskich i hodowlę koszenili (czerwca). Mieszkańcy tych ostatnich obszarów rozkwit nowego przemysłu farbierskiego odczuli może jako pokrzywdzenie materjalnych spraw swoich, ale z wyższego punktu widzenia przewrót ten wydaje się korzystnym, oswobodził bowiem pewną ilość sił roboczych i zwrócił je znowu do uprawy roślin pokarmowych; powszechne gospodarstwo ludzkie uległo więc tylko pewnemu przeinaczeniu w podziale pracy, nie doznając w całości swej żadnego uszczerbku, a zaopatrywanie ludzi w żywność wzmogło się nawet nieco skutkiem tego.

Jeżeli skarby skorupy ziemskiej zdobyły znaczenie dla wszelkich gałęzi kultury materjalnej i nowoczesnemu życiu naszemu nadały kierunek wytyczny, to niemniej i dla duchowej kultury naszej mają doniosłość ogromną, chociaż wpływ ich jest tu przeważnie pośredni tylko, zkąd pochodzi, że u różnych narodów, pozostających nawet na jednej niemal wysokości kultury materjalnej, dostrzedz się dają różnice bardzo wybitne w rozwoju kultury duchowej. Przy niższym stanie kultury materjalnej rozkwit duchowy narodów wydaje się nawet prawie od niej niezależnym; przykład tego dają nam Mayowie w Ameryce środkowej, którzy pod względem bytu materjalnego, podobnie jak ich sąsiedzi południowi, pozostawali niemal w okresie kamiennym; pomimo to wzbili się bardzo wysoko w rozwoju duchowym, o czem dobrze świadczy znaczna ich wiedza astronomiczna i kalendarz dokładny, należyte urządzenia państwowe i udoskonalone pismo hieroglificzne.

Im jednak wyżej wznosiła się kultura materjalna, tem większy stawał się wpływ, jaki na kulturę duchową wywierały zasoby mineralne skorupy ziemskiej. Kto posiadał narzędzia metalowe, mógł pracę swą wykonywać prędzej i dokładniej, aniżeli poprzednio za pomocą słabych narzędzi kamiennych, drewnianych i kościanych, a gdziekolwiek postępy kultury materjalnej przybywały jedne po drugich stopniowo, jako ogniwa rozwoju samodzielnego, tam coraz większa oszczędność czasu oddziaływała zapładniająco na dalsze doskonalenie kultury, zarówno duchowej jak i materjalnej, wznosząc obie na wyżyny coraz znaczniejsze. Odmienny natomiast roztacza się obraz, gdy rozwój nie dokonywa się w sposób tak organiczny, ale przedstawicielom nizkiego stanu kultury dostają sią nagle zdobycze wysoko rozwiniętej kultury materjalnej; jest to, bodaj, jeden z najzgubniejszych błędów tegoczesnych, gdy wyobrażamy sobie, że ludzi w stanie natury pozostających odrazu wznieść można na wyższy stopień kultury, jeżeli zamiast pierwotnych narzędzi, do których oddawna nawykli, naraz damy im w ręce przybory żelazne. Prawda, że przez to dużo czasu im oszczędzamy, ten sam bowiem przedmiot, który człowiek pierwotny poprzednio zaledwie przez kilka dni mógł wykończyć, sporządza teraz już

w ciągu kilku godzin, ale z czasem tak zyskanym poradzić sobie nie umie; praca umysłowa jest dlań obca, a cielesną wykonywa tylko, o ile potrzeba go do tego zmusza, oszczędność przeto czasu nie przynosi mu korzyści istotnej i często prowadzi go do próżniactwa, a, co za tem idzie, niekiedy i do występku.

Jeżeli więc zaszczepianie kultury wręcz obcej łatwo wiedzie do zguby człowieka pierwotnego, to natomiast w obrębie prawidłowego rozwoju kultury wzmagająca się zwolna oszczędność pracy i czasu, jaką sprowadza doskonalenie przyrządów i machin roboczych, środków transportu i komunikacji, okazała się niezmiernie korzystną dla wzrostu kultury duchowej. Skoro przez ulepszenie machin wzmogły się rezultaty pracy ludzkiej, przedłużył się zarazem czas na tę pracę łożony tak znacznie, że w niektórych gałęziach przemysłu robota prowadzi się bez przerwy; stało się to możebnem przez wprowadzenie nowych, udoskonalonych sposobów oświetlania, które wiążą się znów z zasobami mineralnemi skorupy ziemskiej. Wielkie te przewroty w stosunkach działalności ludzkiej wywołały z kolei nową i właściwą organizację podziału pracy, a pracy umysłowej nowe drogi utorowały.

Oszczędność sił i czasu, osiągnięta przy pomocy nowych środków technicznych, wywiera na rozwój kultury duchowej wpływ wprawdzie pośredni tylko, ale z drugiej strony liczne przyrządy naukowe, których budowa stała się również możliwą dopiero przy udoskonalonych metodach obrabiania zasobów mineralnych, otworzyły duchowi ludzkiemu nowe zupełnie dziedziny, że przytoczę tu tylko lunety i mikroskopy, które dla zmysłów i dla badań człowieka uczyniły dostępnemi rzeczy najdalsze i największe, zarówno jak najniepozorniejsze i najdrobniejsze.

Jeżeli przez zastosowanie przytoczonych już i niezliczonych innych przyrządów naukowych widnokrąg duchowy potężnie się rozszerzył, a wiedza nasza niesłychanie pogłębiła, to znów inny wynalazek wywarł na rozwój kultury rodu ludzkiego wpływ niezmierny tem, że ułatwił i przyśpieszył rozprzestrzenianie się nowych myśli: mówimy tu o drukarstwie, które także rozwinąć się mogło głównie przez należyte zastosowanie materjałów metalicznych; podobnież nowoczesne sposoby rozsyłania wiadomości spowodowały ruch żywszy w licznych dziedzinach kultury duchowej, a ostatecznie powiedzieć możemy, że zasoby mineralne wywarły na kulturę człowieka wpływ przemożny, potężny i głęboki, pod względem materjalnym zarówno jak i duchowym, i tu zatem, na wszelkich polach, ujawnia się jak najwyraźniej zależność człowieka od skorupy ziemskiej.

III. Badania geologiczne i człowiek.

Wykazaliśmy w rozdziałach poprzednich, jak ścisłe związki łączą człowieka ze skorupą ziemską i jej skarbami, a teraz w kilku przynajmniej słowach zaznaczyć pragniemy wpływ, jaki na duchową kulturę człowieka wywarło badanie skorupy ziemskiej. Szczegółowo rzeczy tej traktować nie możemy, musielibyśmy bowiem wypisać dzieje różnych poglądów na świat, o ile wzniosły się na podstawie przyrodniczej, a to zmusiłoby nas do powtórzenia znacznej części poprzednich naszych rozważań: należałoby znowu przytoczyć rozległe pomysły przyrodnicze Greków, śledzić gwałtowny napływ pojęć semickich, które łącznie z rozprzestrzenianiem się chrześcijaństwa zalały cały Zachód i przytłumiły poglądy starożytne, następnie wspomnieć o wpływach umysłowości arabskiej, która zakorzeniła wprawdzie w Europie różne wyobrażenia fantastyczne, ale pomimo to przez zwrot do wielkich przyrodników greckich wywarła wpływ pożądany; należałoby nam raz jeszcze przypomnieć rozliczne idee badaczy nowoczesnych i okazałoby się nam wreszcie, że przenikały one wprawdzie zwolna do kół szerokich, ale ostatecznie przeinaczyły cały obszar pojęć oświeconego ogółu ludzkiego. Moglibyśmy przytem dostrzedz, że we wszystkich tych najrozmaitszych wyobrażeniach treść istotną stanowią sprzeczne mniemania o długości okresów czasu i w związku z niemi pozostające poglądy zasadnicze na powstanie świata; wystarczy nam przeto, jeżeli poświęcimy kilka wierszy rozwojowi historycznemu obu tych pojęć.

Systematy kosmologiczne narodów pierwotnych oraz najdawniejszych narodów oświeconych, opierające się na istnieniu pierwotnej, odwiecznej substancji, nie zdawały sobie wcale sprawy z przeciągu czasu, jaki był potrzebny do przeobrażenia tej substancji powszechnej w świat obecnie istniejący, a nawet i w wielkim systemacie przyrodniczym Arystotelesa brak

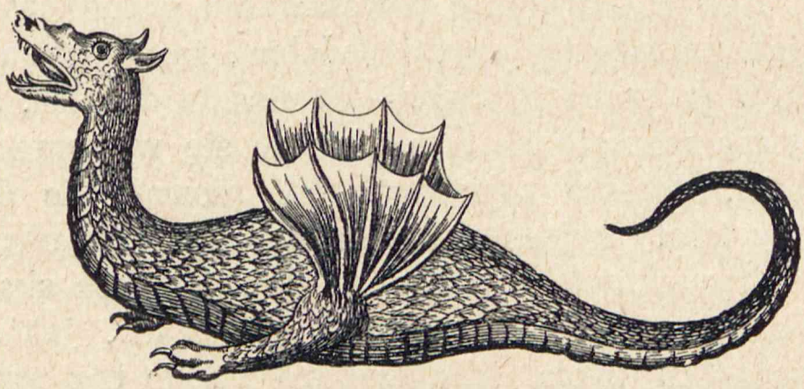
tego warunku niezbędnego; proste jednak dostrzeżenia geologiczne nad tworzeniem się krain napływowych, jak poznaliśmy wyżej, nauczyły Egipcjan i Greków brać pod uwagę długie stosunkowo okresy, a chociaż oceniali je zbyt słabo i ztąd wszystkie wypadki dostrzegali jedne po drugich w zbyt bezpośredniem następstwie, posiadali jednak pojęcie perspektywy czasu, która, w niemożebnem wprawdzie jeszcze skróceniu, odsłaniała wszelako już pewien widok. Zmieniło się to jednak zupełnie, gdy wraz z chrześcijanizmem przeszczepił się do krajów zachodnich pogląd hebrajski, według którego Bóg osobowy słowem swojem jedynie w ciągu dni sześciu świat stworzył i nadał mu postać obecną; cała perspektywa czasu uległa naraz zatracie i zaczęła się na nowo odsłaniać dopiero w czasach nowożytnych, gdy umysły śmiałe wyzwoliły się zpod władzy głosek ksiąg świętych, pragnąc początek i rozwój ziemi, oraz istniejącego na niej życia, całkowicie lub częściowo wyjaśnić w sposób przyrodniczy. Trzeba więc było znowu odwołać się do okresów bardzo długich, a chociaż Descartes i Leibnitz, którzy wyprowadzali ziemię z bryły ognisto-płynnej, nie przytaczali liczb żadnych, konieczność olbrzymiego przeciągu czasu wypływała już wprost z takiego pojmowania przeszłości. Obliczenia rachunkowe podał najpierw Buffon, który sądził, że od chwili oderwania się ziemi od słońca aż do teraźniejszego jej stanu upłynęło 74 800 lat. Przewyższało to zatem wielokrotnie przeciąg czasu, jakiego doliczyła się chronologja chrześcijańska, a widok perspektywiczny znowu się otworzył. Obszar widzenia był wprawdzie nader jeszcze szczupły, widnokrąg bardzo ograniczony, ale już po upływie kilku dziesięcioleci ukazał Hutton niezmierną dal czasów; nie dostrzegał on nawet, „żadnego śladu początku, żadnej oznaki końca“, nie wyobrażał sobie przeto jakiegokolwiek ograniczenia czasu. Tak nagły rzut oka w okresy nieskończone ponętny był dla zapalonych stronników Huttona, przeważną jednak większość geologów i innych ludzi wykształconych nowa ta, nieoczekiwana nauka olśniła blaskiem zbyt jaskrawym i odwrócili od niej oczy; nauczyli się wprawdzie wypadki dziejów ziemi rozpoznawać w znacznych oddaleniach czasu i coraz liczniej usuwali się od głosek pisma świętego, ale wzdragali się przed doniosłemi następstwami pomysłów Huttona i wyobrażali sobie przynajmniej wielkie przeinaczenia w dziejach ziemi jako zdarzenia krótkotrwałe, wywołane chwilowem wzmaganiem się sił działających, jako katastrofy zatem, które powolny rozwój rzeczy nagle przerywały i gwałtownym zamachem nadawały nowe ukształtowanie zarówno nieorganicznemu jak i organicznemu światu na ziemi. I oni odwoływać się musieli do długich okresów, ale były to tylko czasy spoczynku, przerwy w dokonywającym się przeskokami rozwoju rzeczy; okresy istotnej działalności według nowego poglądu nie wymagały wcale wielkich przeciągów czasu. W pojmowaniu zatem czasów geologicznych zatrzymali się na połowie drogi, a dopiero Hoff i Lyell wyrzekli się tej połowiczności. Odwołując się do drobnych zmian powierzchni ziemi, które pod wpływem najrozmaitszych przyczyn obecnie się dokonywają, a w biegu dłu-

gich okresów gromadzić się muszą w skutki potężne, wykazali niezmierne znaczenie czasu jako czynnika geologicznego i z powodzeniem podjęli walkę przeciw teorji katastrof. Skoro zaś wyrzeczono się pojęcia o gwałtownych, nagłych przewrotach przyrody, zwyciężyła idea powolnego i kolejnego rozwoju ziemi jako organizmu, a gdy nadto uwarstwowanie skorupy ziemskiej coraz gorliwiej badano, gdy rozszerzono je do dalekich okolic ziemi i zestawiono wyniki szczegółowe, w różnych miejscach zebrane, zdołano też lepiej rozpoznać oddzielne fazy tego biegu rozwojowego i ujrzano je w należytej perspektywie, w obszarze czasów rozmieszczone obok siebie lub jedne poza drugiemi, gdy poprzednio rzucały się wspólnie na jedno tło nieokreślone.

W ten sposób kolejne następstwo oddzielnych faz rozwoju stało się znanem dokładnie, brakło tylko jeszcze skali, któraby posłużyć mogła do zmierzenia wzajemnej ich odległości, a skalę taką wprowadziły do nauki płodne pomysły Karola Darwina o powstawaniu gatunków (1859). Okazało się ztąd rzeczą jak najbardziej prawdopodobną, że do wytworzenia nowych odmian i gatunków potrzeba okresów niezmiernie długich, a gdy zważymy nadto, jak olbrzymia rozmaitość form ukazuje się w formacjach kolejno po sobie następujących, dopiero pojmiemy, jak niezmiernie długo trwać musiały te okresy, by istoty żyjące w tak znacznej mierze ulegać mogły zmianom; wyscki zaś stosunkowo już rozwój najdawniejszych skamieniałości znanych budzi przeczucie niesłychanego przeciągu czasu, jaki upłynąć musiał od pierwszego zaczątku życia organicznego aż do utworzenia się warstw kambryjskich, zkąd pochodzą najdawniejsze szczątki istot organicznych. Taką skalę czasów dała nam niewątpliwie teorja Darwina, ale skala ta nie wystarcza jeszcze do oznaczenia tych okresów w liczbach bezwzględnych; możemy wysnuwać z niej jedynie ogólnikową ocenę i domysły o ich długości, i to tylko w obrębie szczupłego stosunkowo ustępu dziejów ziemi, to jest od początku życia organicznego, dla okresów jednak dawniejszych skala ta wcale nie służy. Niewypowiedzianie długie ukazują się nam te okresy poprzednie, staliśmy się jednak skromniejsi niż Hutton, nie wymagamy bowiem dla dziejów ziemi czasów nieskończonych, ale przyjmujemy raczej początek i koniec bryły ziemskiej, chociaż oba te punkty graniczne usuwamy do kresów jak najdalszych.

Pojęcie niezmiernych perjodów idzie ręka w rękę z pojęciem prawidłowego rozwoju bryły ziemskiej i organicznego na niej życia; oba te pojęcia są następstwem bezpośredniem badań geologicznych i stały się kamieniami węgielnemi przyrodniczych poglądów nowoczesnych. W obozie przyrodniczym wyobrażenie takie zdobyło powszechne niemal uznanie, coraz też dalej rozpościera się zwycięzko śród ogółu ludzi ukształconych, a jeżeli nie wszędzie jeszcze przedrzeć się zdołało, pochodzi to ztąd jedynie, że wyzwoliło się zupełnie od starych poglądów hebrajskich, zakorzenionych za pośrednictwem chrześcijanizmu w krajach Zachodu, a ztąd pozostaje w sprzeczności ze słowami Pisma świętego, które zamiast rozwoju powolnego przyj-

muje wszędzie bezpośredni akt tworzenia. W ostatnich czasach w obozie nawet ortodoksyjnym zaczęło torować sobie drogę przekonanie, że objawy geologiczne nie dadzą się doprowadzić do zgody z głoskami Pisma świętego, ale i Pismo święte nie pragnie rościć sobie prawa do powagi w dziedzinie wiedzy przyrodniczej. Żywić więc można nadzieję, że nowy ten światopogląd, który istocie chrześcijanizmu bynajmniej się nie sprzeciwia, z biegiem czasu zdobędzie powszechne uznanie w obrębie narodów oświeconych, a to byłoby najwyższem powodzeniem, jakie badania geologiczne zyskać mogą na polu kultury duchowej rodu ludzkiego. Oby nastąpiło to w przyszłości niedalekiej, a oko ludzi oświeconych nawykło do rozległej perspektywy, jakiej ogrom przyrody wymaga w przestrzeni i czasie!



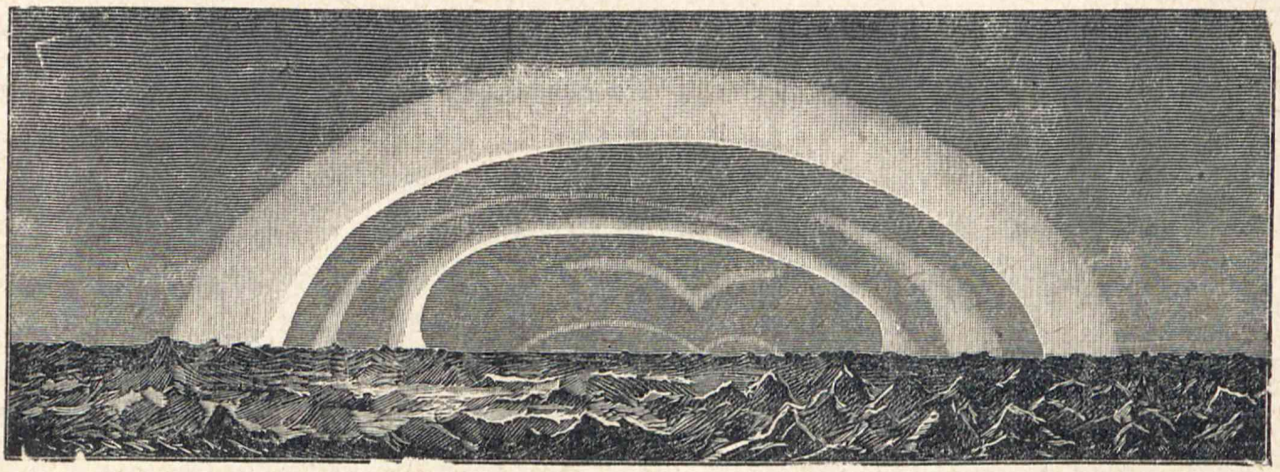
Smok według Atanazego Kirchera.

ROZDZIAŁ III.

Dr. Adolf Marcuse.

FIZYKA KULI ZIEMSKIEJ.

Według miedziorytu z dzieła Scheuchzera Biblia „sacra“ z 1718 r.



Zorza północna, obserwowana 21 marca 1879 r. przez wyprawę na okręcie „Vega".

Fizyka kuli ziemskiej.

Fizyka kuli ziemskiej czyli geofizyka stanowi dział wiedzy przyrodniczej, który w ścisłym związku pozostaje z astronomją, geodezją, geologją, meteorologją i fizyką, tworząc zarazem łącznik między naukami przyrodniczemi a geografją. Historja tej gałęzi wiedzy sięga początkiem swoim aż do tych czasów zamierzchłych, gdy wynurzały się mętne w ogólności wyobrażenia o potopach powszechnych. Już w pieśniach Homera, a wyraźniej jeszcze w pismach i poematach dydaktycznych Hezjoda znajdują się pewne pomysły o powstaniu świata i o stosunkach wzajemnych między niebem a ziemią. Ciemne te początki fizyki kuli ziemskiej skupione i rozjaśnione zostały najpierw przez starych filozofów jońskich w VII wieku przed Chr., Talesa i Anaksymandra z Miletu, których uważać można za założycieli fizyki kosmicznej. W V wieku przed Chr. żyjący filozof i przyrodnik sycylijski Empedokles z Agrygentu, którego „poemat o przyrodzie" zachował się w urywkach, przeprowadził pierwsze badania zjawisk wulkanicznych, do czego dała mu podnietę natura jego ojczyzny. Dla wyjaśnienia prądów lawy i źródeł ciepłych przyjmował już Empedokles ognisto - płynną naturę wnętrza ziemi.

Dalsze postępy geografji fizycznej zawdzięczamy dwóm wybitnym uczonym tegoż samego piątego stulecia przed Chr., największemu historykowi starożytności Herodotowi i najsławniejszemu lekarzowi dawnych czasów Hippokratesowi. Dalekiemi podróżami swemi, w których sowite gromadzili dostrzeżenia, wywarli wpływ znaczny na rozwój ziemioznawstwa. Herodot za przedmiot swych poszukiwań obrał Egipt, a perjodycznie powtarzające się tam wylewy Nilu, jak to już w innem miejscu tej książki

opisano, pobudziły bystry umysł tego wielkiego badacza przyrody do rozważań geologicznych, klimatycznych i w ogólności geofizycznych, które obok wielu domysłów hypotetycznych zawierają też wiadomości rzetelne, teraz jeszcze słuszne.

Hippokrates, założyciel medycyny naukowej, w słynnem swem dziele o wpływie powietrza, wody i położenia geograficznego na hygjenę człowieka dał też pierwszy zarys geografji fizycznej. Pomysły jego o powstawaniu wiatrów, oraz o ich zależności od pór roku i od mórz teraz jeszcze wydają się poprawne, a nawet podział powierzchni ziemi na strefy klimatyczne, oraz na półkulę północną i południową, temu genjalnemu adeptowi Eskulapa zawdzięczamy. Tak dokładne pojęcia geograficzne tem bardziej podziw nasz budzą, że za czasów Hippokratesa nie posiadano należytych wyobrażeń o postaci ziemi. Panowały wtedy jeszcze poglądy dziecinne, w opisach Homera i Hezjoda wyrażone, że ziemia jest to krąg płaski, oceanem otoczony, a gwiazdy przytwierdzone do półkulistego sklepienia niebieskiego wznoszą się i zniżają na brzegach tego kręgu ziemskiego (ob. rys. str. 403).

Filozofowie pitagorejscy przyjmowali wprawdzie już w szóstem i piątem stuleciu przed Chr. postać kulistą ziemi, nietyle jednak na podstawie dostrzeżeń empirycznych, jak raczej pod wpływem czysto matematycznego zapatrywania, że bryłom różnej postaci rozmaity stopień doskonałości odpowiada. Dopiero geograf Pytheas, żyjący w IV wieku przed Chr. za czasów Aleksandra Wielkiego, dopomógł nauce pitagorejskiej o kulistości ziemi do stanowczego zwycięztwa. W astronomji i matematyce należycie wyćwiczony ten geograf grecki podjął z rodzinnej swej Massylji (Marsylji) dalekie podróże morskie po oceanie Atlantyckim aż do Brytanji i do dawnej Thule, a nawet aż na wybrzeża morza Północnego, by postać kulistą ziemi śledzić własnemi oczyma. Dostrzegł tedy, posuwając się ku północy, o czem już na kilka stuleci przed nim donosili żeglarze feniccy, że biegun północny wznosi się na sferze niebieskiej coraz wyżej w miarę, jak posuwamy się ku północy, zauważył zanikanie znanych gwiazd południowych i wynurzanie się nowych gwiazd północnych na niebie. Wszystkie te zjawiska, dawno już Fenicjanom znane, wyjaśnił Pytheas słusznie jako następstwo kulistej postaci naszej ziemi. Z jego opisu podróży „O oceanie“, w urywkach zachowanym, okazuje się, że umiał już mierzyć wysokość słońca czyli wzniesienie jego nad poziom, chociaż sposobem bardzo pierwotnym, oznaczył położenie bieguna północnego na kuli niebieskiej, a tem samem mógł prowadzić pomiary szerokości geograficznych; znane były mu już nawet objawy przypływu i odpływu, przynajmniej w czysto oceanicznej ich formie.

Taki już posiadano w czasach starożytnych zasób wiadomości o fizyce ziemi, gdy Arystoteles, największy grecki filozof natury, uczeń sławnego Platona, w czwartem stuleciu przed Chrystusem zestawił wszystek ten materjał systematycznie w dwóch dziełach, „Niebo“ i „Meteorologja“,

Pisma Arystotelesa, który między innemi nauczał o ciążeniu ku środkowi ziemi, a jako dowód stanowczy kulistości naszej planety przytaczał kołowe ograniczenie jej cienia przy zaćmieniach księżyca, zawierają traktaty o naturze ciał niebieskich, eteru, powietrza, wiatrów i opadów, oraz rozważania o morzu, o trzęsieniach ziemi, o burzach.

Pisma Arystotelesa, które się zalecają rozległą erudycją, obszernemi wiadomościami przyrodniczemi, a zwłaszcza ścisłą systematyką, władały



Ziemia według wyobrażeń Homera.
Według Thomasa.

w nauce przez ciąg dwóch tysiącoleci, aż do wieku siedemnastego; wszystkie pojęcia o własnościach ciał materjalnych opierano na zasadach przez Arystotelesa przyjętych.

Do dalszego postępu geografji przyczynił się silnie w III stuleciu przed Chr. Eratostenes, filozof szkoły aleksandryjskiej, jeden z najznakomitszych badaczy starożytnych w dziedzinie nauk ścisłych. Już w 220 r. przed Chr. zmierzył kąt, jaki droga roczna ziemi tworzy z płaszczyzną równika, czyli oznaczył pochylenie ekliptyki. Przedewszystkiem jednak zawdzięczamy Eratostenesowi pierwszy istotny pomiar ziemi na łuku południka między

Aleksandrją a Sjeną; ważne też badania przeprowadził w innych działach geografji i w chronologji.

W następnem, drugiem przed Chrystusem stuleciu wybitne bardzo w dziejach geografji stanowisko zajmuje Hipparch z Nicei, jeden z najznakomitszych astronomów greckich, którego poczytywać należy za istotnego założyciela astronomji praktycznej i geografji matematycznej. Oznaczył dokładnie długość roku, obliczył pierwsze tablice słońca i księżyca, ułożył pierwszy katalog gwiazd stałych, odkrył zjawisko precesji czyli poprzedzania punktów równonocnych, nauczył, jak można wskazywać położenie miejsc na ziemi za pomocą długości i szerokości geograficznej, oraz wynalazł ważną metodę kreślenia map w rzutach stereograficznych.



Klaudjusz Ptolemeusz.
Według „Kosmografji“ S. Münstera z 1550 r.

Widzimy z tego, że prace Eratostenesa i Hipparcha wpłynęły głównie na rozwój astronomiczno-matematycznego działu geografji, gdy znowu w sto lat po Hipparchu, a krótko przed narodzeniem Chrystusa, wybitnym przedstawicielem ziemioznawstwa fizycznego okazał się Strabo. W siedemnastu księgach, które prócz jednej wszystkie się przechowały, przedstawia on prace dawniejszych geografów greckich, rozwija geografję matematyczną i fizyczną wraz z nauką o kreśleniu kart geograficznych, a z pionowego ukształtowania powierzchni ziemi pierwszy wyprowadzać umie wnioski o budujących i niweczących siłach ziemi.

Ze Strabonem dosięgła geografja fizyczna w Grecji swego punktu górującego i krańcowego zarazem, gdy matematyczno-astronomiczne działy geograji naukowej dobiegły szczytu swego w sto lat przeszło później, zatem w drugim wieku po Chr., w osobie Klaudjusza Ptolemeusza, wielkiego astronoma, matematyka i geografa szkoły aleksandryjskiej. We wspaniałem swem dziele, znanem pod nazwą „Almagest“, objął Ptolemeusz dostrzeżenia i odkrycia wszystkich astronomów dawniejszych, a szczególnej także wagi dla geografji naukowej jest jego „Wstęp do opisu ziemi“, w którym znajduje się pierwszy wykaz miejscowości ziemskich, uporządkowany wedle stopni szerokości i długości, a zarazem podane są najważniejsze rzuty geometryczne, do perspektywicznego przedstawienia kuli ziemskiej służące. Podobnie jak Almagest przez czternaście stuleci stanowił rodzaj biblji astronomicznej,



Burza gradowa w Egipcie starożytnym.

Według miedziorytu z dzieła Scheuchzera „Biblia sacra“ z 1718 roku

dopóki słuszniejsza nauka Kopernika nie usunęła ptolemeuszowego układu świata, mieszczącego ziemię w środkowym jogo punkcie, tak też „geografja“ Ptolemeusza jeszcze w XV wieku służyła za podstawę całej geografji naukowej, dopóki Gerhard Kraemer, zwykle Mercatorem zwany, nie wprowadził w połowie XIV wieku nowej metody przedstawiania kart geograficznych.

Mniej daleko, aniżeli o narodzie greckim, tak wysoko uzdolnionym do pojmowania przyrody, w historji fizyki kuli ziemskiej ,powiedzieć można o ich sąsiadach zachodnich, o Rzymianach, usposobionych bardziej do praktycznych spraw życiowych. Jednakowoż, gdy o geografji fizycznej w czasach starożytności klasycznej mowa, pominąć ich zupełnie nie można. Poeci rzymscy, Owidjusz, Horacy, Wirgiljusz, potrącali chętnie o kwestje przyrodnicze z zakresu ziemioznawstwa; szczegóły dokładniejsze pozostawił słynny budowniczy Witruwjusz, znany zwłaszcza jako technik hydrauliczny, a wspomnienie należy się i poematom dydaktycznym Lukrecjusza. Głównie wszakże działalność rzymska streszcza się w pismach jednego tylko autora z pierwszego wieku po Chr., a mianowicie w dziele „Naturales Quaestiones“ Seneki, wielkiego nauczyciela Nerona. Nie bez słuszności nazwano te „pytania przyrodnicze“ Seneki dokładną encyklopedją geografji fizycznej, która obejmuje jasny wykład wielu zagadnień meteorologicznych.



Smok burzy wirowej.
Podobizna rysunku japońskiego.

Dziełem tem dosięgła rzymska wiedza przyrodnicza swego szczytu; w ciągu stuleci następnych owoce nauki greckiej i rzymskiej usychać zaczynają w krajach zachodnich, gdy na Wschodzie, zwłaszcza u Arabów, Semitów, a nawet Chińczyków, zdobycze wiedzy starożytnej żywo się



Zorza północna.

Według dzieła Scheuchzera „Biblia sacra“ z 1718 r.

utrzymały. Arabowie w szczególności wydoskonalili praktycznie i matematycznie pogłębili metody i rezultaty całej geografji i astronomji.

Rozkwit geografji i astronomji arabskiej przypada na IX wiek po Chr., gdy żyli badacze, jak Albiruni, Massudi, Alhazen, Al-Batani i Ibn-Junis. Alhazen, oparłszy się na traktacie Ptolemeusza, wzniósł podstawy optyki meteorologicznej, wyjaśnił bowiem załamywanie się promieni światła w atmosferze, a z czasu trwania zorzy wyprowadził pierwsze wskazówki o wysokości powietrznej powłoki ziemskiej, która według tych jego wywodów sięgać miała na 39 kilometrów tylko.

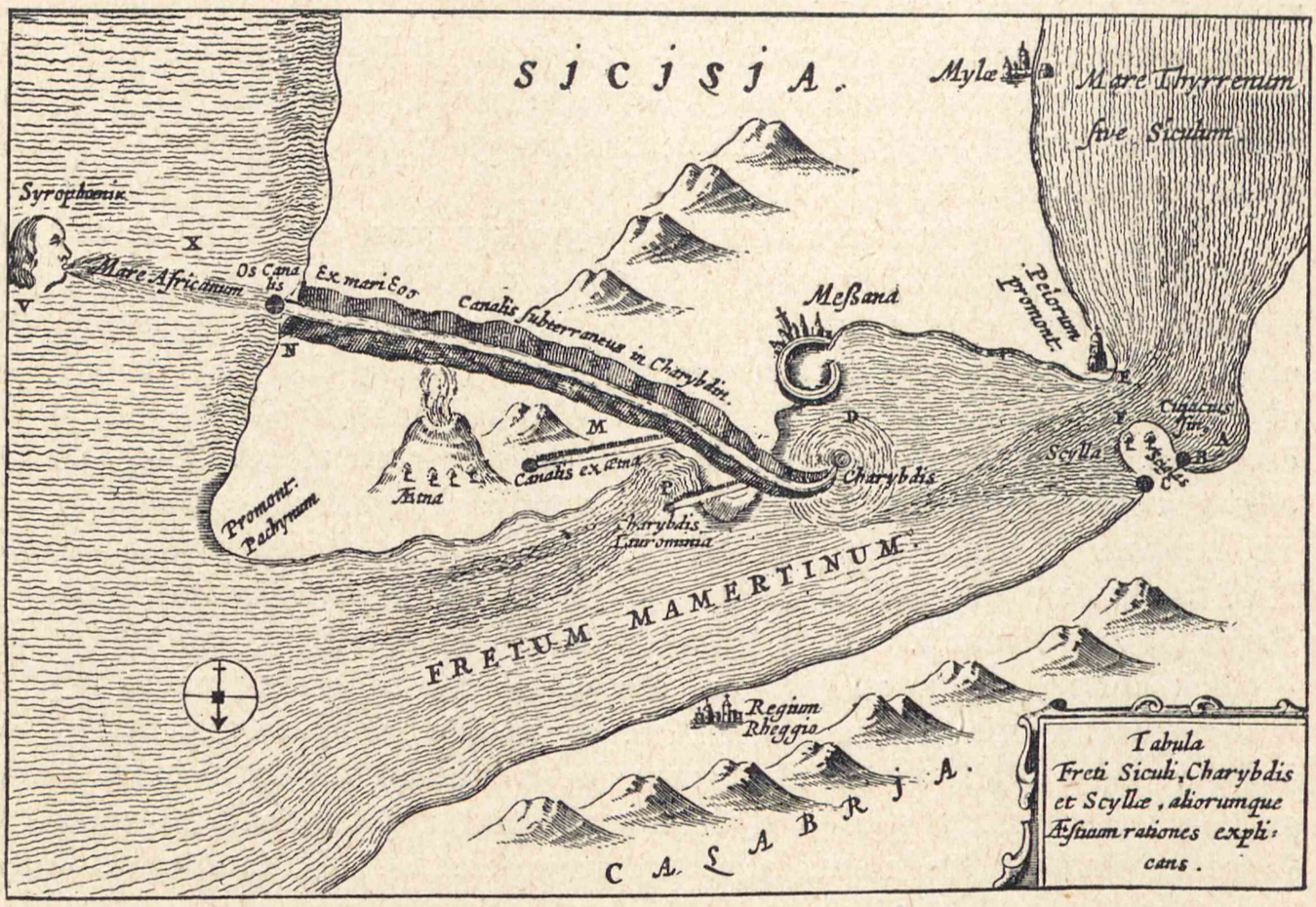
Jednocześnie położyli astronomowie arabscy wybitne zasługi przez ulepszenie narzędzi i metod obserwacyjnych, a nadto ułatwili znacznie rachunki przy pomocy arytmetyki indyjskiej. Dziś jeszcze dzieła Al-Bataniego i Ibn-Junisa mają wielką doniosłość dla teorji biegu planet i księżyca. Stan ówczesnej wiedzy arabskiej, w wieku dziesiątym, przedstawił najlepiej Kazwini w dziele swem „O niebie i ziemi“.

Prawdziwie epokowego znaczenia są usługi oddane przez Arabów żeglarstwu, nietylko bowiem rozpowszechnili kompas, wynaleziony przez Chińczyków zapewne w III wieku po Chr., ale, co ważniejsza, wydoskonalili sposoby astronomiczne oznaczania miejsca okrętu na morzu. W tym celu ulepszyli i zastosowali do użytku na okrętach znane już Grekom astrolabia przenośne, a przez wprowadzenie tablic matematycznych ułatwili obliczania okrętowe.

Zwolna rozkwit przyrodniczej wiedzy wschodniej oddziałał ożywiająco i na ciemne średniowiecze w krajach zachodnich, dokąd w okresie scholastycznym przedostały się nauki i pisma Arystotelesa za pośrednictwem uczonych arabskich i żydowskich w XII wieku; między pierwszymi pod tym względem zasłynął przedewszystkiem wszechstronny Ibn Roszd Awerroes, z drugich pamiętny jest wielki filozof i lekarz Majmonides. Trzej najznakomitsi przedstawiciele rozkwitu scholastycznego, Albert Wielki, Roger Bakon i Tomasz z Akwinu, położyli także pewne zasługi dla geografji fizycznej, która ich zajmowała ze względów klimatologicznych głównie.

Obok tych i innych jeszcze przedstawicieli kościelnych nauki wyróżnili się także w wiekach średnich uczeni świeccy, których zaprzątały różne kwestye fizyczno-geograficzne. Dante Alighieri, największy poeta włoski, w „Boskiej komedji“, w tem głównem dziele pracowitego ale niespokojnego swego żywota, napisanem w początkach XIV wieku, skreślił niezrównanej piękności i głębokiej myśli jasne obrazy objawów przyrody. Przytoczyć w szczególności należy, że wystąpił stanowczo przeciw błędnemu mniemaniu średniowiecznemu o odrębnym środku ciężkości stałej i płynnej części naszej planety.

Pod wpływem mechaniczno-przyrodniczych poglądów Dantego napisał Ristoro w XIV wieku traktat fizyki kosmicznej, który zawiera wprawdzie ważne szczegóły o postaci ziemi i różne inne kwestje z zakresu ziemioznawstwa, ale do wyjaśnienia spraw ziemskich, podobnie jak to się działo w ciągu



Wiry morskie Scylla i Charybdis obok Sycylji.
Według Atanazego Kirchera (1665).

całego średniowiecza, opiera się na zasadach astrologicznych i odwołuje do przypadkowego ugrupowania gwiazd i planet.

W ogólności ciasny widnokrąg czasów średniowiecznych rozszerzył się dopiero w okresie wielkich odkryć geograficznych, dokonanych przez Portugalczyków i Hiszpanów w XV wieku; skoro poznano nowe kraje i całe części świata, musiało to oczywiście nader korzystnie i trwale oddziałać na dalszy rozwój geografji naukowej.

Daleka północ ze wszystkiemi jej objawami, tak ciekawemi pod względem geofizycznym, była średniowieczu prawie zupełnie nieznana. A jednak już około połowy XIII wieku istniało w Norwegji dzieło geograficzne, „Światło królewskie“, w którem dokładnie przedstawione były nowe zjawiska klimatyczne, dalej pola i góry lodowe, ruchy lodowców, a nawet i zorze biegunowe.

Już w XI wieku Normanowie na swych czółnach, zajętych przez zbrojnych wikingów, uwijając się po rozległych obszarach oceanu Atlantyckiego, dotarli aż do wybrzeży północno-amerykańskich. Żeglowali wtedy bez narzędzi, kierując się jedynie położeniem gwiazd, gdy zaś droga niepewną się stawała, wypuszczali ptaki, które wzbijały się do znacznej wysokości i z góry dojrzeć mogły wybrzeża dalekie; dążąc więc za skierowanym ku lądowi lotem tych retmanów, dopłynęli do brzegów Ameryki. Gdy w 400 prawie lat później Kolumb powtórnie odkrył świat nowy,

znał już i stosował zasady nautyki astronomicznej, którą, jak widzieliśmy, do wysokiego rozkwitu doprowadzili Arabowie. Kolumb był też niewątpliwie biegłym obserwatorem, odkrył bowiem pewne własności magnetyzmu ziemskiego, poznał prądy morskie oraz dostrzegł niektóre objawy szczególne świata zwierzęcego i roślinnego.

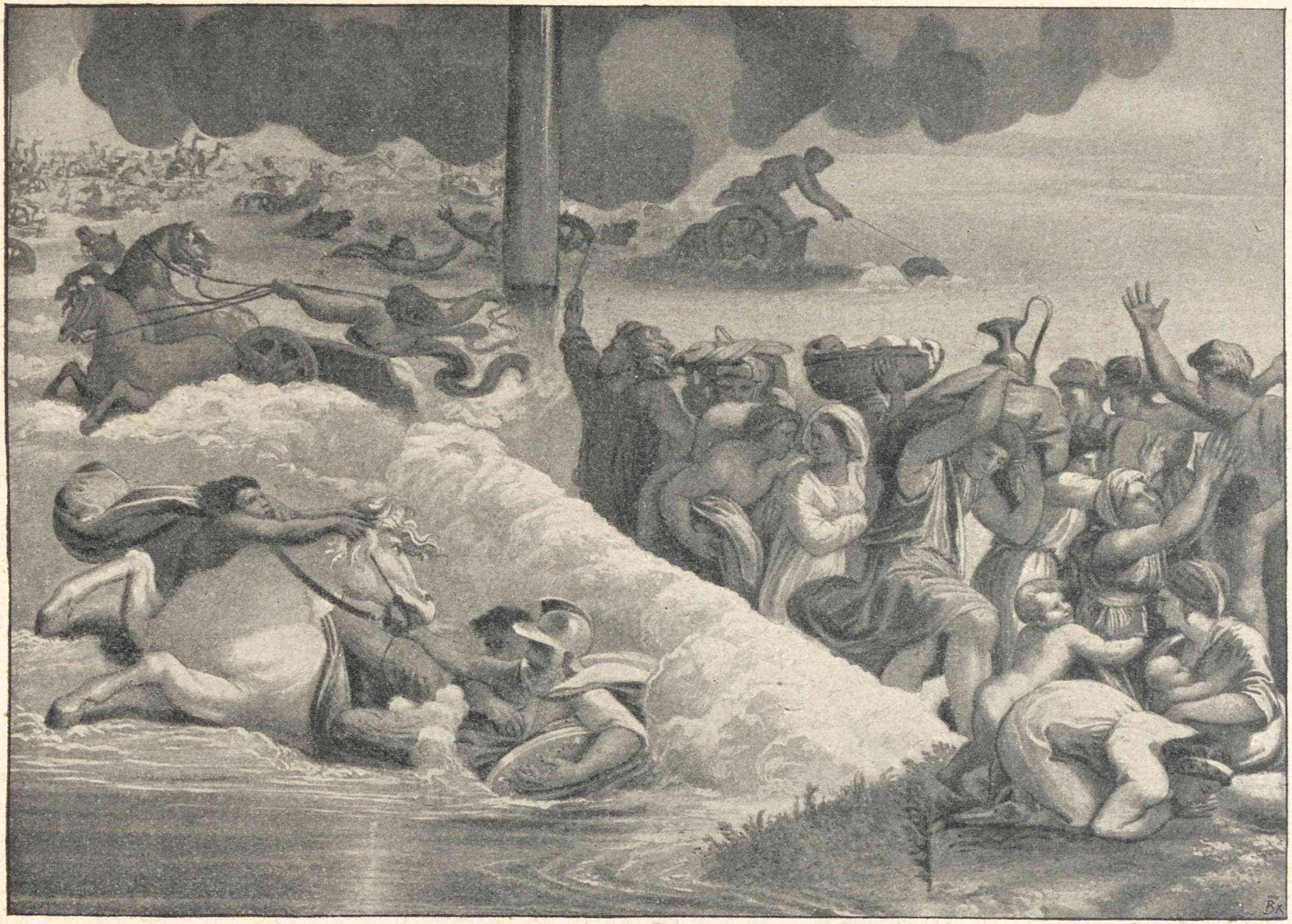
Taką drogą, przez coraz częstsze wyprawy morskie do okolic zwrotnikowych i biegunowych, geografja fizyczna w XVI wieku rozrastała się widocznie. Z końca tego stulecia posiadamy opis krajów indyjskich oraz okolic arktycznych, pierwszy skreślony przez jezuitę d'Acosta, drugi przez słynnego podróżnika Johna Davisa; oba te dzieła dają dokładny obraz ówczesnych wiadomości o nowo poznawanych obszarach ziemi. Z tychże czasów wspomnienie należy się jednemu z największych artystów włoskich, Leonardowi da Vinci, w rękopisach bowiem jego, pochodzących z początku XVI wieku, znajdujemy dowody wysoko posuniętej znajomości geografji fizycznej i astronomji. Czem Dante w wieku czternastym, tem był Leonardo da Vinci w stuleciu szesnastem, ale w mierze znacznie jeszcze wyższej.

Zapewne, nie można powiedzieć, by istotne zdobycze ziemioznawstwa były w ciągu XVI wieku zbyt znaczne, wszelako w owym czasie dokonał się nader ważny postęp dydaktyczny: filozofja humanistyczna zerwała ze scholastyką średniowieczną, zreformowała metody nauczania, a przytem ożywiła wykłady geografji fizycznej w uniwersytetach i szkołach średnich.

U progu XVII wieku, w którym ponad wiedzą przyrodniczą zajaśniała blaskiem tak olśniewającym promienista trójca Keplera, Galileusza i Newtona, napotykamy dwa dzieła epokowe z fizyki kuli ziemskiej: Holender Stevin oparł naukę o przypływach i odpływach, tudzież całą morfologję ziemi na nowej zupełnie podstawie, Anglik zaś Gilbert opracował znakomite swe dzieło o magnetycznych siłach ziemi. Tu także będzie na miejscu wzmianka o Bakonie Werulamskim, jednym z najwybitniejszych synów wysp Brytańskich, który nowym naukom doświadczalnym utorował metodę, w jego bowiem dziełach znajdujemy po raz pierwszy dokładne pojęcie prawa obrotu wiatrów, które następnie znów wykrył Dove.

Systematyczne zestawienie pełnej geografji naukowej opracował w połowie XVII wieku Bernard Varenius w swojej „Geographia comparativa", która zawarła ogół wiedzy ówczesnej o naszej planecie i może być uważana za poprzedniczkę pewnej części „Kosmosu" Humboldta. Fizykę skorupy ziemskiej starał się samodzielnie rozwinąć jezuita Kircher, gdy początek geografji historycznej dał gdańszczanin Clüver, przebywający w Holandji. W końcu XVII wieku Niels Stensen wytworzył naukę o warstwach geologicznych, Fournier położył kamień węgielny oceanografji naukowej, a słynny fizyk Mariotte wprowadził meteorologję na drogę ścisłych badań.

Widzimy więc, że wiek siedemnasty, jako punkt zwrotny ku czasom nowym, umiał wyzwolić się od niedostatecznej wiedzy czasów starożytnych, podjął samodzielne obserwacje pod powierzchnią ziemi i nad nią, a nadto,



Zagłada Egipcjan w falach morza Czerwonego.

Według obrazu Rafaela.

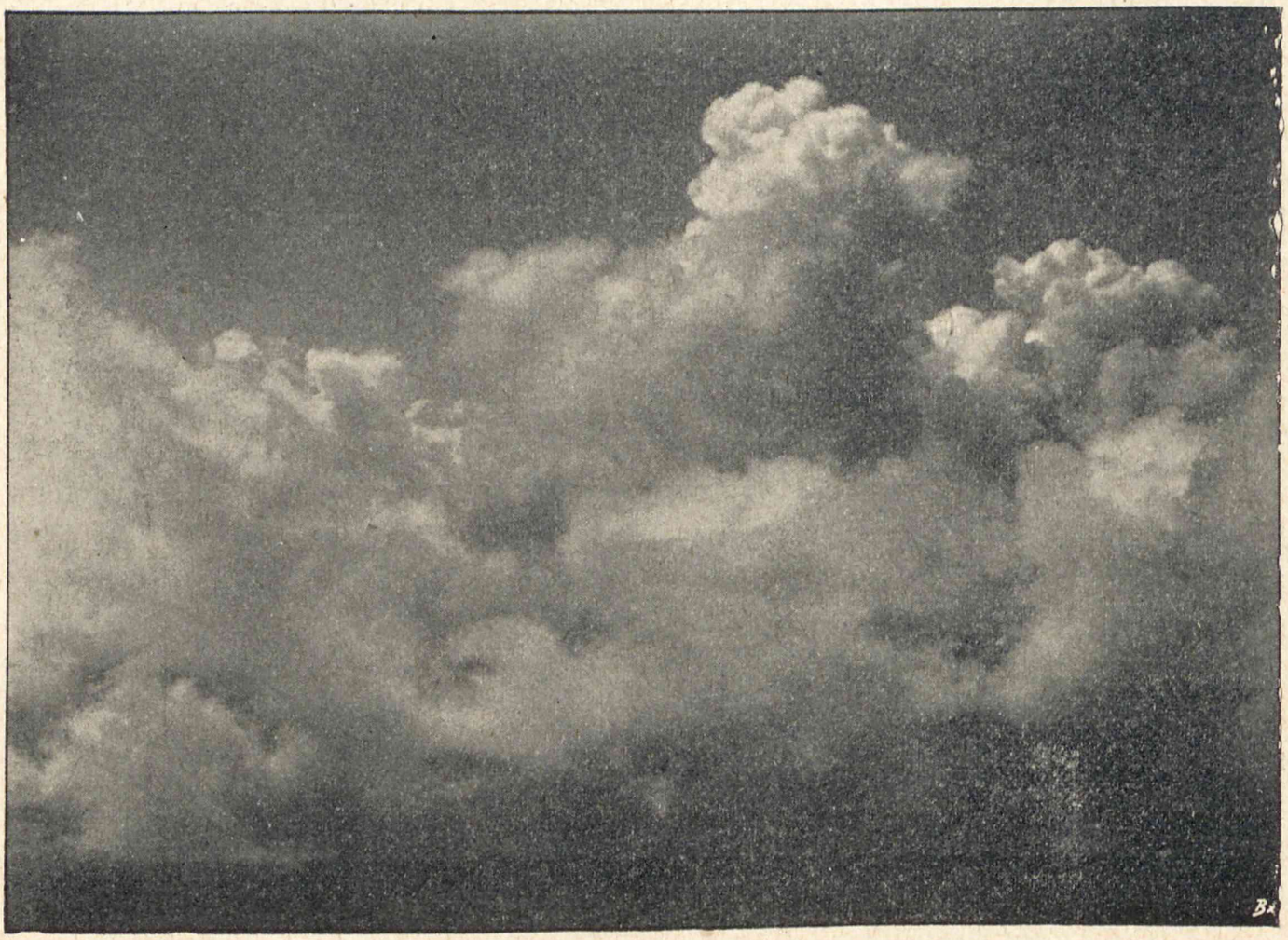
zapłodniony astronomiczno-fizycznym i matematycznym genjuszem Keplera, Galileusza i Newtona, dostrzeżone zjawiska zaczął opisywać matematycznie, a tem samem znaczenie praw natury zrozumiano i w geofizyce.

Wszystko parło naprzód do dalszego rozwoju zarówno pod względem praktycznym, jak i teoretycznym. Liczne zagadnienia wymagały pogłębienia, nowe szczegóły trzeba było gromadzić w podróżach do dalekich krajów i u siebie w domu. Przedewszystkiem jednak z różnych nauk matematyczno-fizycznych, na których fizyka ziemi opiera się bezpośrednio, należało wydobyć wszystkie te zasoby, które doprowadzić miały do pełnego rozwoju ścisłą znajomość przyrodniczą naszej bryły ziemskiej. Do spełnienia wedle możności wielkich tych zadań powołane były dwa ostatnie stulecia.

Nader ważną pomoc znajduje geofizyka w mechanice, czyli w tym dziale matematyki stosowanej, który zajmuje się nauką o siłach i ruchach ciał. Prostsze teorje mechaniczne uzasadnione zostały już przed 2 000 lat przeszło przez wielkiego geometrę greckiego, Archimedesa, a naukę jego rozwinęli dalej matematycy szkoły aleksandryjskiej, Heron zwłaszcza. Przez siedemnaście stuleci następnie nieruchomo spoczywała ta ważna gałąź wiedzy przyrodniczej, aż dopiero Tartaglia, Stevin i Valerius poruszyli nanowo kwestje statyki i dynamiki. W XVII wieku wykrył Galileusz prawa spadku ciał i ruchu wahadłowego, a Huygens zbadał dokładniej kołysanie się wahadła i nadał mu ważne znaczenie praktyczne, Descartes zaś, twórca geometrji analitycznej, ułatwił rozpoznawanie matematyczne zadań mechanicznych. Wykryciem i uzasadnieniem praw ciążenia powszechnego nadał Newton mechanice potęgę nieprzewidywaną, a wielcy matematycy XVIII wieku, Leibniz, Bernouillowie, Halley, Euler, d'Alembert, rozwijali dalej te zasady. Na ścisłych podstawach oparła się także nauka o magnetyzmie ziemskim, o objawach atmosferycznych, o ruchach oceanów; akademje i stowarzyszenia naukowe popierały gorliwie badania dążące do rozszerzania znajomości naszej ziemi, dawały podnietę i pomoc naukowym wyprawom geograficznym.

Podróże do dalekich krajów przybrały w XVIII wieku nowy charakter, brali w nich bowiem udział biegli przyrodnicy, sprowadzając z okolic prawie nieznanych obfite zbiory i doświadczenia. Poparci przez rząd francuski udali się: Richer do Kajenny, Chazelles do Egiptu, Tournefort do Lewantu i Armenji, a uczeni niemieccy Martens i Reyher wybrali się wraz z łowcami wielorybów na północ daleką, by zbadać osobliwe jej zjawiska meteorologiczno-optyczne, prądy morskie i zawartość soli w oceanach. Pamiętne wyprawy francuskie, podjęte w 1735 r. do Peru i Laponji w celach pomiaru stopnia południka, poczyniły także ważne odkrycia w geografji fizycznej strefy zwrotnikowej i biegunowej. Szczególne jednak znaczenie miały śmiałe podróże morskie wielkiego żeglarza angielskiego Cooka, którego towarzysz, znakomity naturalista Jan Förster przeprowadził obserwacje istotnie epokowego znaczenia dla wszystkich działów geografji naukowej.

Gdy tak rozrastała się znajomość obcych części świata, coraz gorliwiej zajmowano się badaniem przyrody w ojczystych krajach europejskich. Wtedy dopiero góry europejskie zostały poniekąd nanowo odkryte; aż do ośmnastego wieku w szczególnych chyba tylko okolicznościach myślano o wstępowaniu na góry ze względów naukowych, nie pojmowano zaś zgoła, że właśnie zapoznanie się z objawami górskiemi rozjaśnić może wiele zagadnień geofizyki. Początek tym badaniom dał naturalista zurychski Scheuchzer; a wkrótce potem inni uczeni, jak Wyndham i Martel, wdarli się na najbardziej niedostępne szczyty grupy Montblanc: w ten sposób naukowa



Chmury kłębiaste.
Według fotografji instytutu meteorologicznego w Berlinie.

znajomość gór zrodziła się najpierw w Szwajcarji, a następnie rozpostarła się i na kraje sąsiednie.

Sposobność do licznych badań nastręczały też i charaktarystyczne jeziora Szwajcarji, zwłaszcza jezioro Genewskie, a całą znajomość gór i jezior szwajcarskich rozwinął najbardziej w końcu XVIII wieku wybitny przyrodnik genewski, Saussure, który w 1787 r. pierwszy wdarł się na najwyższy szczyt Alp, a w opisach swoich nagromadził prawdziwy skarb wiadomości z geologji i geofizyki, opracowanych w sposób krytyczny. Wtedy też powstały pierwsze wyobrażenia dokładne o zmianach, jakich doznawać musi fizjognomja gór pod wpływem opadów atmosferycznych, wietrzenia i działania wody.

Dotarliśmy tedy do progu XIX wieku, który olbrzymiemi krokami dokonał, co tak obiecująco wprowadziło na pomyślne tory poprzednie stulecie. Stykające się z sobą dziedziny geografji fizycznej, astronomji, geodezji, matematyki, fizyki i chemji przerosły rozwojem swoim najśmielsze przewidywania czasów dawniejszych, a to dzięki pracom umysłów najwybitniejszych, jak Laplace, Gauss, Bessel, Poisson, Coulomb, Gay-Lusac, Airy, Schiaparelli, Helmert, G. Kirchhoff, Bunsen, W Thomson, Faraday, Young, Helmholtz, Maxwell, Hertz, Newcomb, i w. innych. Z tego wzrostu całej wiedzy przyrodniczej osiągnęła oczywiście korzyść ogromną i fizyka kuli ziemskiej we wszystkich swych zagadnieniach, czy to do rozwiązania ich wymaga wywodów matematycznych, czy też posługuje się metodą doświadczalną.

Nową zupełnie podstawę całemu ziemioznawstwu dały pomysły Wernera w Niemczech, a następnie Huttona i Playfaira w Anglji o powstawaniu warstw skorupy ziemskiej, dwaj zaś znakomici uczniowie Wernera, Leopold Buch i Aleksander Humboldt, z rozległych swych podróży wysnuli wnioski ogólne, bardzo doniosłego znaczenia. Badania Bucha, tyczące się chwiejności poziomu morza, jego nauka o wulkanach szeregowych i jego geologja Alp, silnie się przyczyniły do rozwoju naszych pojęć geograficznych, Humboldt zaś wielkiem swem dziełem „Kosmos“, napisanem na podstawie obfitych doświadczeń, zebranych w czterech częściach świata, dał podręcznik fizyki kosmiczno-telurycznej, który w licznych swych działach posiada wartość nieznikomą. Przez samo już wprowadzenie izoterm czyli linji jednakiej temperatury, oraz przez zachętę do systematycznych dostrzeżeń magnetyzmu ziemskiego, okazał się Humboldt mistrzem w geofizyce.

Coraz rozleglejszy zakres przybierały w XIX wieku wielkie podróże naukowe, a zarazem coraz wybitniej charakter ich znamionowały badania z zakresu fizyki kuli ziemskiej, podejmowane w celach wyraźnie oznaczonych. Pamiętne są zwłaszcza podróże morskie dokoła ziemi Kotzebuego, Chamissa, Darwina i Sabine'a, a również ważne znaczenie posiadają wyprawy Schomburgka i Pöppiga do Ameryki południowej, Rippla i Abadiego do Etjopji, Przewalskiego do Azji środkowej, Desora, Rohlfsa i Jordana do Afryki, Martiusa do Laponji, Richthofena do Chin. Do rozszerzenia wiadomości naszych z geografji fizycznej strefy arktycznej i antarktycznej przyczyniły się wyprawy podbiegunowe Kane'a, Hayesa, Nordenskjölda, Koldeweya, Besselsa, Greely'ego i Nansena. W ostatnich czasach podjęto nowe wielkie wyprawy do okolic bieguna południowego, wywołane w znacznej części potrzebą dokładniejszego zbadania sił magnetycznych ziemi; przekonano się bowiem, że znajomość nasza ich rozkładu pozostanie niezupełna, dopóki do rezultatów osiągniętych w międzynarodowych stacjach obserwacyjnych na kole biegunowem północnem nie przybędą i postrzeżenia zebrane w południowej strefie biegunowej. Prowadzenie międzynarodowych prac naukowych jest zapewne uderzającą oznaką cywilizacyjną czasów naszych: wiedza łączy wszystkie narody, chociaż je nawet dzieli nieprzyjaźń polityczna.

Obok tych wielkich wypraw egzotycznych nie zapomniano, na szczęście,



Krajobraz podczas burzy.

Według obrazu Rubensa.

że nietylko w stronach dalekich, ale i w pobliżu także dokonywane być mogą odkrycia doniosłej wagi dla ziemioznawstwa. Wybitni badacze nieraz podejmują podróże po różnych okolicach własnego kraju, by tam przeprowadzić poszukiwania w pewnym kierunku wytkniętym. Różne też działy geografji naukowej, zaprzątające się postacią i gęstością naszej planety, wulkanicznemi i seismicznemi jej objawami, siłami magnetycznemi ziemi, jej oceanami i jej powłoką atmosferyczną, rozrosły się w obszerne gałęzie wiedzy i wzmogły niesłychanie, zarówno pod względem dochodzeń swych matematycznych, jak i poszukiwań doświadczalnych. Przy wykonywaniu robót geodezyjnych, zwłaszcza tyczących się pomiarów stopnia południka i długości wahadła sekundowego w różnych punktach ziemi, wielkie zasługi położyła „komisja międzynarodowa pomiarów ziemi“, której uczestnikami są uczeni przedstawiciele różnych państw. Co się tyczy badań zagadkowej budowy wnętrza ziemi, to zyskały znaczne poparcie przez wydoskonalenie teorji mechanicznej ciepła, którą do zagadnień tych pomyślnie stosowali: Airy, W. Thomson, Ritter i G. H. Darwin.

Mallet, Seebach, Suess, Milne i Gerland udoskonalili metody badań trzęsień ziemi i związali je w system naukowy; Hansteen, Humboldt, Gauss, Weber, Lamont, Maxwell, Neumayer, Bezold, Wild i Schmidt wytworzyli naukę o magnetycznych i elektrycznych siłach ziemi, oraz o prądach ziemnych naszej planety; Dove, Buys-Ballot, Mohn, Hann i Bezold nadali meteorologji charakter nauki ścisłej, co znów Lubbock, Maury, Neumayer i Krümmel uczynili dla oceanografji.

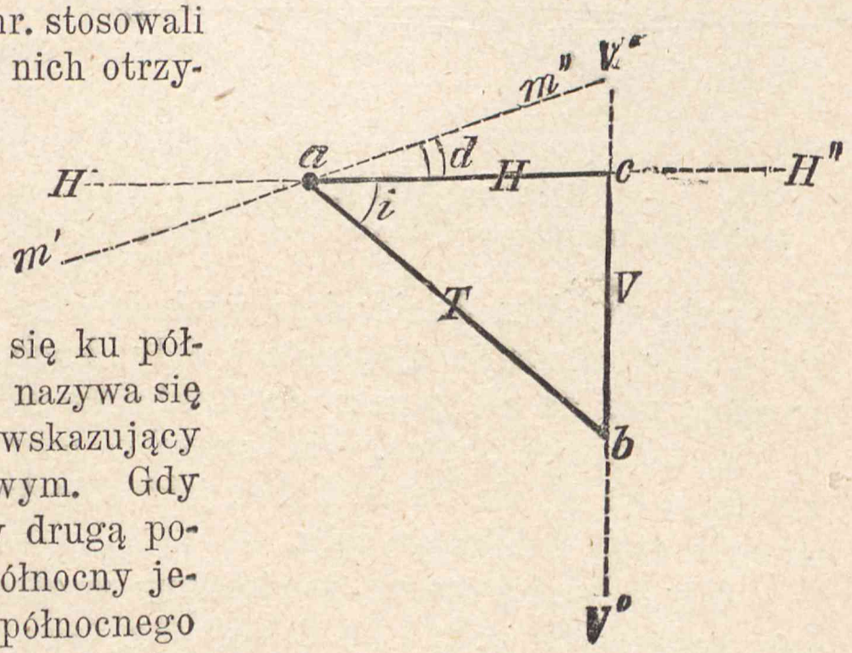
W ten sposób, przy współudziale wszystkich działów ścisłej wiedzy przyrodniczej i najwybitniejszych jej przedstawicieli, wytworzyła się dzisiejsza fizyka kuli ziemskiej, sięgając w górę jakby gmach wyniosły, z którego rozpościera się widok rozległy na przeszłość, teraźniejszość i przyszłość planety naszej. Chociaż usprawiedliwiona jest radość nasza z olbrzymich postępów ziemioznawstwa ścisłego, nie powinniśmy taić, że nieprzeliczone jeszcze zagadnienia wymagają niezmordowanej pracy, zanim nauka je rozwiąże.

W ogólności powiedzieć można, że geofizyka, jak to się okazuje z treściwego naszego szkicu historycznego, obejmuje naukę o siłach przyrody, które łącznem swem działaniem przeobraziły i do stanu obecnego doprowadziły pierwotną, ognisto-płynną bryłę ziemską. W szczegółowych zatem swych działach mówi o budowie naszej planety, o jej własnościach cieplikowych, wulkanicznych, seismicznych, magnetycznych i elektrycznych, o ukształtowaniu całej jej powierzchni, obejmuje dalej oceanografję, a wreszcie meteorologję i klimatologję ziemi.

Z tak bogatej mozajki objawów przyrody rozpoznamy tu bliżej trzy najważniejsze działy geofizyki, które pozostają w ścisłym związku z astronomją. Mamy tu mianowicie na uwadze magnetyzm ziemski, przypływy i odpływy oceaniczne, oraz meteorologję, które się kolejno do litosfery, hydrosfery i atmosfery, czyli do stałej, ciekłej i lotnej powłoki ziemi.

I. Magnetyczne i elektryczne siły ziemi.

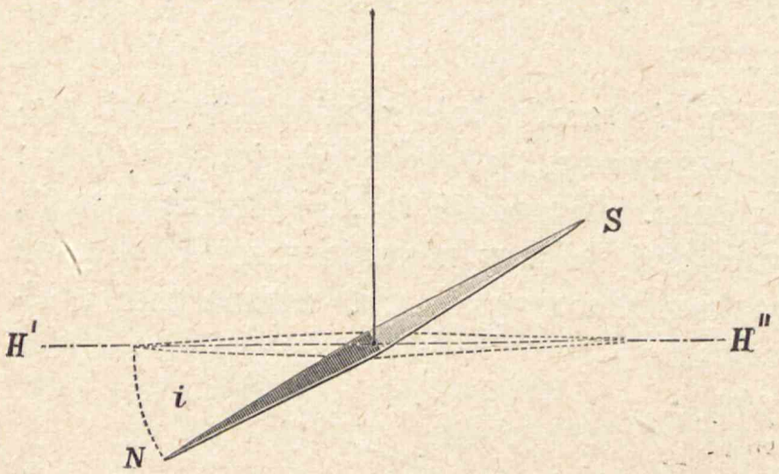
Wiadomą powszechnie jest rzeczą, że swobodnie zawieszony pręt magnesowy przyjmuje zawsze położenie oznaczone, zwracając się jednym swym końcem na południe, a drugim na północ. Własność tę „igły magnesowej“, poznali Chińczycy przed kilku tysiącami lat; w niezmierzonych stepach Tartarji służyła już wtedy za drogoskaz igła magnesowa. zwana tam „czinan-kin“, a w III stuleciu po Chr. stosowali ją Chińczycy na okrętach. Od nich otrzymali kompas Arabowie, i dopiero w XII w. po Chr., gdy ożywiły się stosunki handlowe między Arabją a Włochami przedostał się kompas do Europy (Amalfi). Zwracający się ku północy koniec igły magnesowej nazywa się biegunem północnym, koniec wskazujący południe biegunem południowym. Gdy do igły magnesowej zbliżamy drugą podobną igłę, tak, aby koniec północny jednej zwrócony był do końca północnego drugiej, odpychają się nawzajem i ustawiają tak, że koniec północny jednej igły przypada naprzeciwko bieguna południowego drugiej; jednoimienne zatem bieguny odpychają się nawzajem, różnoimienne zaś przyciągają.



Skoro koniec północny igły magnesowej zawsze się zwraca ku północy, świadczy to, że kula ziemska wywiera siłę, która zmusza igłę do przybierania takiego kierunku. Ta „siła magnetyczna ziemi“ okazuje, że ziemia na igłę kompasową działa jakby wielki magnes. Jak tu przytoczyliśmy, zwraca

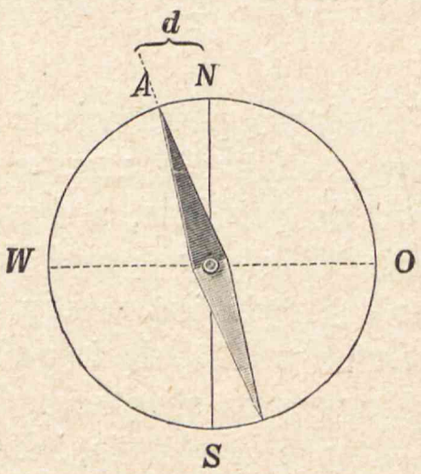
się biegun północny igły magnesowej zawsze ku biegunowi południowemu magnesu; ponieważ zaś na ziemi wszystkie igły magnesowe północnemi swemi końcami kierują się ku okolicy północnej nieba, mniej więcej zatem wskazują północny biegun geograficzny, jasna przeto, że tam przypada biegun południowy wielkiego magnesu, jaki ziemia tworzy. Najbardziej północny punkt naszej planety, do którego dotąd żaden podróżnik dotrzeć nie zdołał, jestto biegun geograficzny północny; niedaleko ztąd (ob. str. 420) przypada biegun magnetyczny południowy. Nawzajem, w pobliżu bieguna południowego ziemi znajduje się biegun magnetyczny północny, ku któremu zmierzają wszystkie końce południowe igieł magnesowych. W mowie wszakże potocznej biegun magnetyczny, na północy położony, nazywamy biegunem magnetycznym północnym.

Podobnie jak w każdej sile, tak i w magnetycznej sile ziemi rozróżniamy kierunek, w jakim działa, oraz natężenie, z jakiem występuje.



Igła nachyleń.

i—odchylenie igły magnesowej od płaszczyzny poziomej.



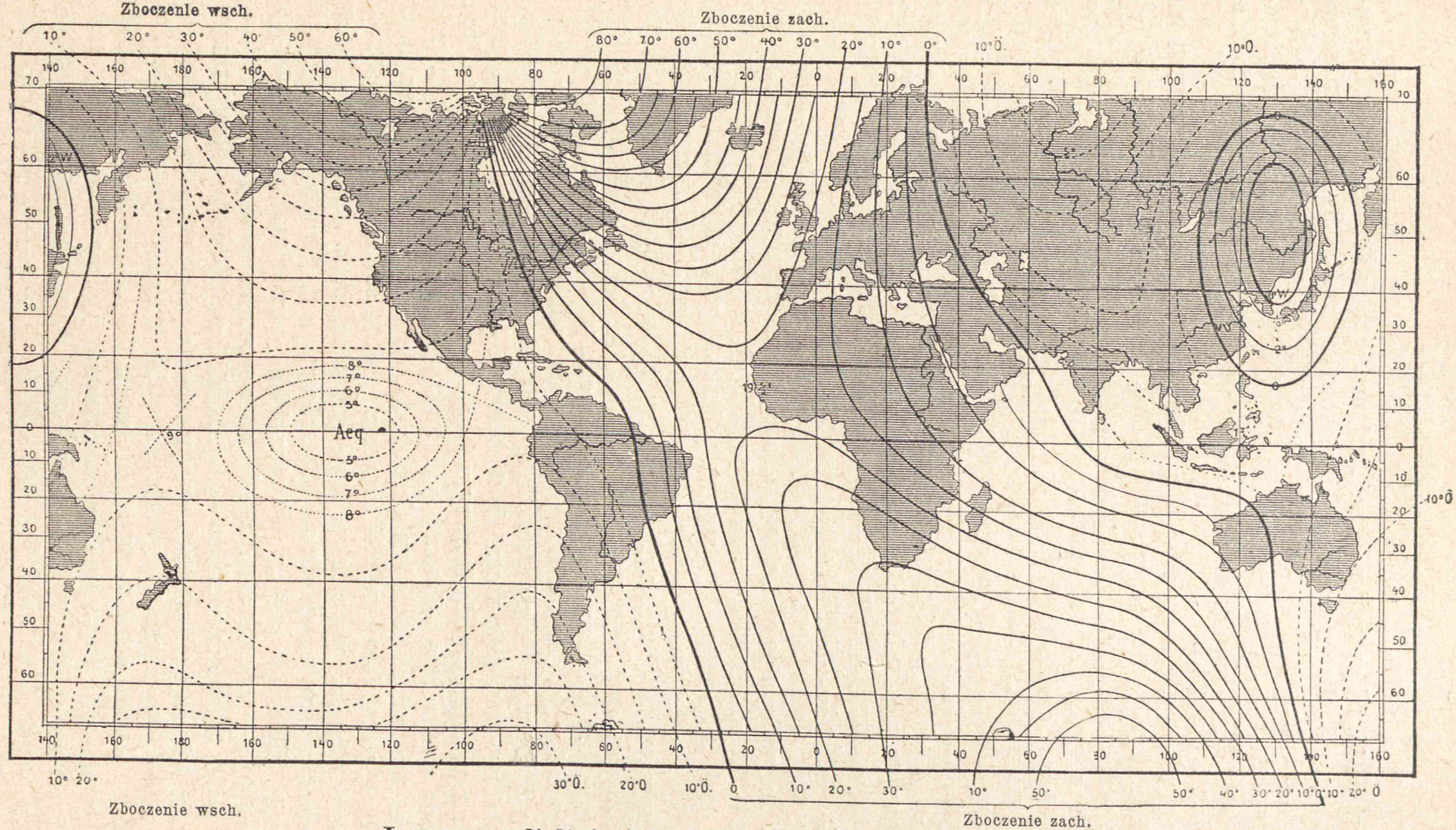
Igła zboczeń.

d—odchylenie igły magnesowej od linji poln.-południowej

Kierunek, w jakim działa, dają swobodnie zawieszone igły magnesowe. Dokładniejsze zbadanie zwyczajnej igły kompasowej (fig. prawa str. 418) przekonywa, że nie zwraca się dokładnie na północ i południe, ale oś jej od kierunku tego zbacza. Na rysunku naszym koniec północny igły nie wskazuje ku N, ale ku A; kąt *d*, jaki obie te linje tworzą, nazywa się zboczeniem czyli deklinacją igły.

Gdy igłę magnesową zawieszamy w sposób taki, by mogła się swobodnie poruszać w górę i ku dołowi (fig. lewa str. 418), dostrzegamy, że nie układa się poziomo, jak linja H'H'', ale z tą linją poziomą tworzy kąt, przyczem biegun północny igły na rysunku naszym obniża się ku dołowi. Odchylenie to od płaszczyzny poziomej (kąt *i*) nazywamy nachyleniem czyli inklinacją.

Według ogólnej zasady równoległoboku sił rozłożyć możemy „całkowite natężenie“ siły magnetycznej ziemi na dwa nawzajem ku sobie prostopadłe kierunki, czyli raczej na dwie składowe, działające w kierunku poziomym i pionowym; składowa część pozioma nazywa się natężeniem poziomem, pionowa zaś natężeniem pionowem. Na załączonym rysunku (str. 417) daje



Izogony czyli linje jednakiego zboczenia magnetycznego.

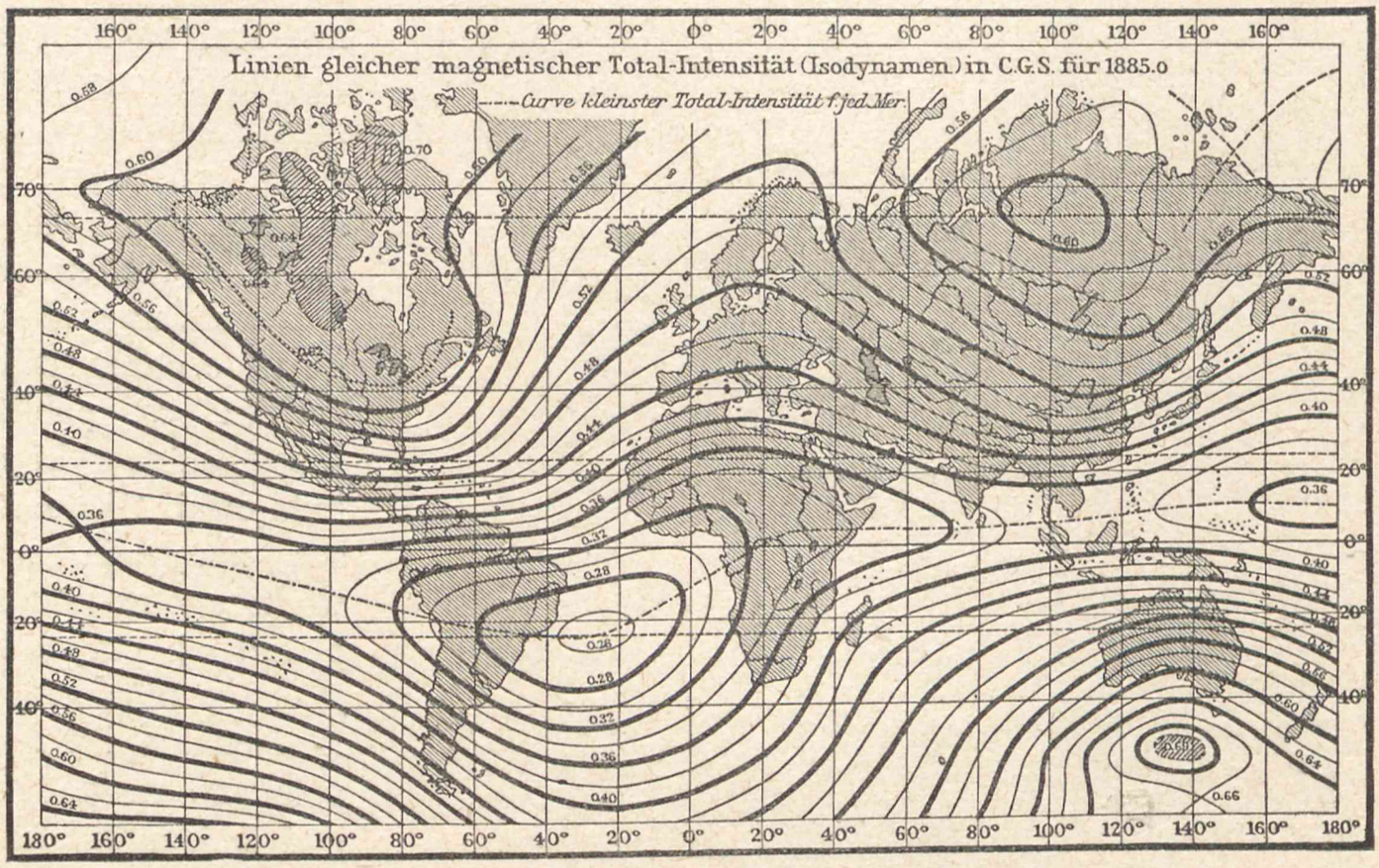
Według Hanna „Allgemeine Erdkunde".

T=*ab* wielkość i kierunek natężenia całkowitego w zestawieniu z kierunkiem natężenia poziomego H'H'' i pionowego V'V''. Składowa pozioma natężenia całkowitego jest H=*ac*, pionowa zaś V=*cb*, a obie te siły składowe, łącząc się z sobą, wydają jako swą wypadkową siłę T=*ab*, która przedstawia natężenie całkowite magnetyzmu ziemskiego, zarówno co do kierunku jak i wielkości.

Jak widzimy, kierunek tej siły całkowitej T tworzy z płaszczyzną poziomą H'H'' kąt *i*; jest to ten sam kąt, jaki igła nachyleń (ob. rys. str. 418) czyni z poziomem, a zatem tak zwane nachylenie magnetyczne. Nadto, linja H'H'' na rysunku str. 417 nie przebiega także z północy na południe; dokładny kierunek północno-południowy przedstawia raczej linja *m'm''*. Linja przeto pozioma H'H'' tworzy z linją północno-południową *m'm''* kąt oznaczony głoską *d*, taki sam, jaki jest zawarty między igłą zboczeń a linją północno-południową, zatem tak zwane zboczenie magnetyczne. Zboczenie i nachylenie, podobnie jak i natężenie magnetyzmu ziemskiego, są różne w różnych punktach ziemi. Jeżeli wyobrazimy sobie na karcie ziemi połączone linjami wszystkie miejsca, posiadające jednakie zboczenie magnetyczne, powstają ztąd izogony, gdy linje jednakiego nachylenia magnetycznego nazywają się izokliny, a linje łączące miejsca, w których siła magnetyczna ziemi posiada jednakie natężenie, są to izodynamy. Karty załączone na str. 419—422 okazują, jak na ziemi przebiegają te izogony, izokliny i izodynamy, czyli linje jednakiego zboczenia, jednakiego nachylenia i jednakiego natężenia magnetycznego. Na str. 419 przebieg linji izogonicznych na powierzchni ziemi jest tak przedstawiony, że linje ciągłe odpowiadają zboczeniu zachodniemu igły magnesowej, linje zaś kropkowane jej zboczeniu wschodniemu. Widzimy ztąd, że obecnie cała prawie Europa, Afryka z Azją mniejszą i Arabją, Australja zachodnia, wschodnie części Ameryki północnej i południowej, Chiny wschodnie, oraz obszary oceanu Atlantyckiego i Indyjskiego posiadają zboczenia zachodnie igły magnesowej. Na północnej półkuli ziemi zbiegają się izogony w biegunie magnetycznym, który obecnie przypada w Ameryce północnej pod 70 stopniem szerokości i 97 stopniem długości (na zachód względem Greenwich). Odpowiedni punkt zbiegu izogon na półkuli południowej mieści się teraz pod 74 stopniem szerokości i 147 stopniem długości wschodniej względem Greenwich. Dla celów żeglugi, do bezpośredniego odczytywania zboczeń kompasu, posiadają izogony ważne znaczenie. Rozkład magnetyzmu ziemskiego przedstawiony jest w sposób nieco widoczniejszy na rzucie biegunowym powierzchni ziemi, na stronie 422, gdzie prócz izoklin zaznaczone są i południki magnetyczne, które wskazują kierunek igły magnesowej w każdym punkcie. Magnetyczne te południki schodzą się również na obu półkulach w biegunach magnetycznych, które odstępują średnio o jakich 18 stopni szerokości od biegunów obrotu ziemi, czyli od punktów krańcowych osi obrotu naszej planety.

Przebieg izoklin czyli linji jednakiego nachylenia magnetycznego, mierzonego w południku magnetycznym, na rzucie biegunowym (str. 422) wska-

zuje, jak oczekiwać można było, że nachylenie na obu półkulach wzrasta wraz z coraz większą szerokością geograficzną, aż wreszcie na obu biegunach magnetycznych dosięga najwyższej swej wartości 90 stopni. Oba te punkty, w których igła magnesowa ustawia się prostopadle do poziomu, wykrył James Ross podczas słynnych swych wypraw do bieguna północnego i południowego w pierwszej połowie XIX wieku; schodzą się one z przytoczonemi wyżej punktami zbiegu izogon i południków magnetycznych. Pomiędzy obiema półkulami ziemi przypada nadto linja, na karcie str. 422 grubiej oznaczona, niezbyt od równika oddalona, na której nachylenie staje się zerem, a zatem igła magnesowa w południku magnetycznym układa się

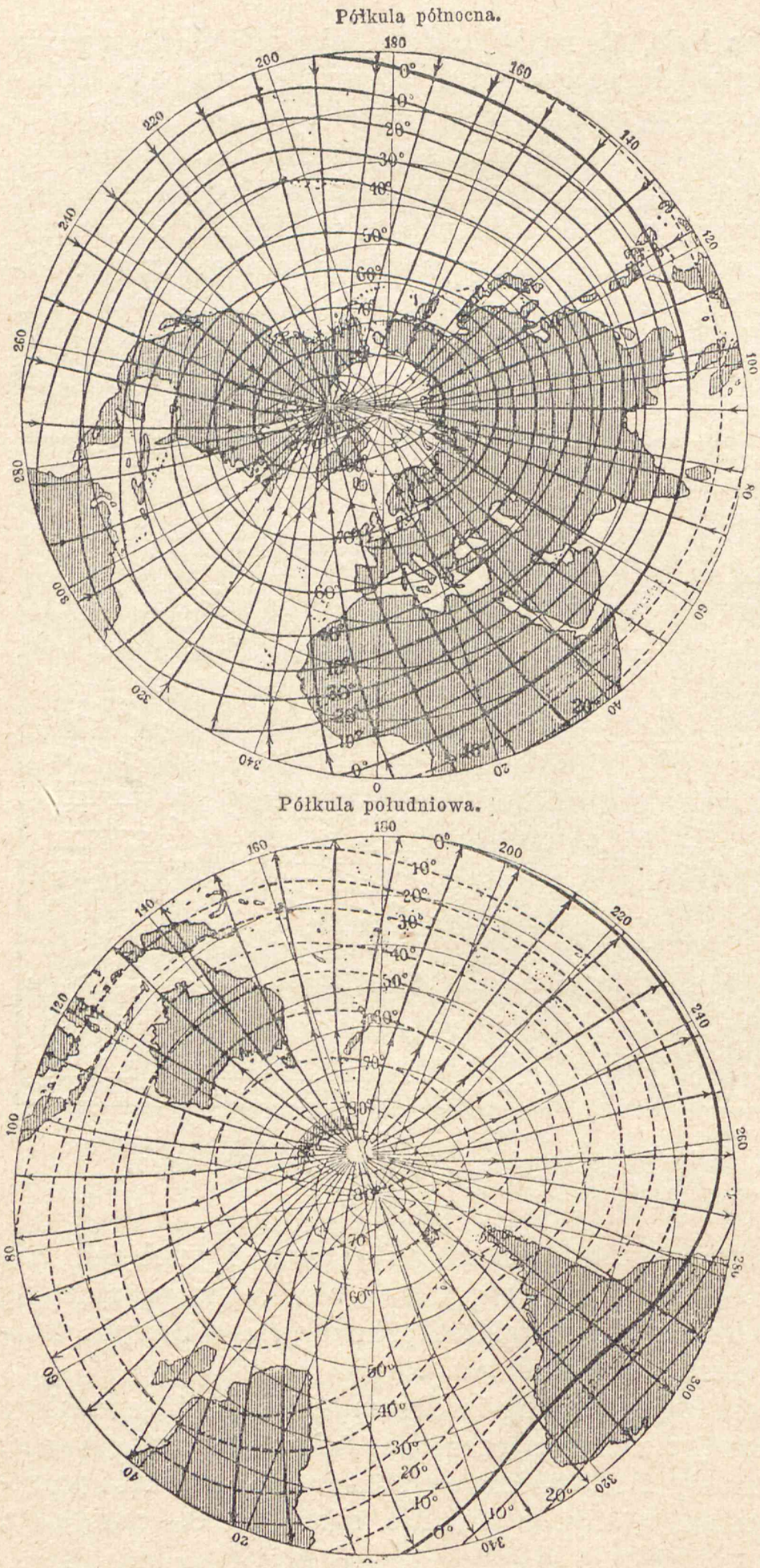


Izodynamy czyli linje jednakiego natężenia magnetycznego.
Według Neumayera „Atlas des Erdmagnetismus".

poziomo. Linja ta nazywa się równikiem magnetycznym i przebiega częścią na północnej, częścią na południowej półkuli ziemi, przesuwając się w Afryce wschodniej do 11 stopnia szerokości północnej, a w Brazylii środkowej aż do 15 stopnia szerokości południowej.

Karta na str. 421 wskazuje przebieg izodynam czyli linji jednakiego natężenia siły magnetycznej ziemi, przyczem za jednostkę przyjęto siłę, która w ciągu jednej sekundy masie jednego grama nadaje prędkość jednego centymetra (zatem jednostkę siły w układzie miar C. G. S.—centymetr, gram, sekunda).

Gdyby ziemia była magnesem prawidłowym o dwu biegunach, izodynamy musiałyby przebiegać równolegle do izoklin, oczywiście bowiem największemu natężeniu siły magnetycznej odpowiadałoby najznaczniejsze



Południki magnetyczne i izokliny, czyli linje jednakiego nachylenia magnetycznego.

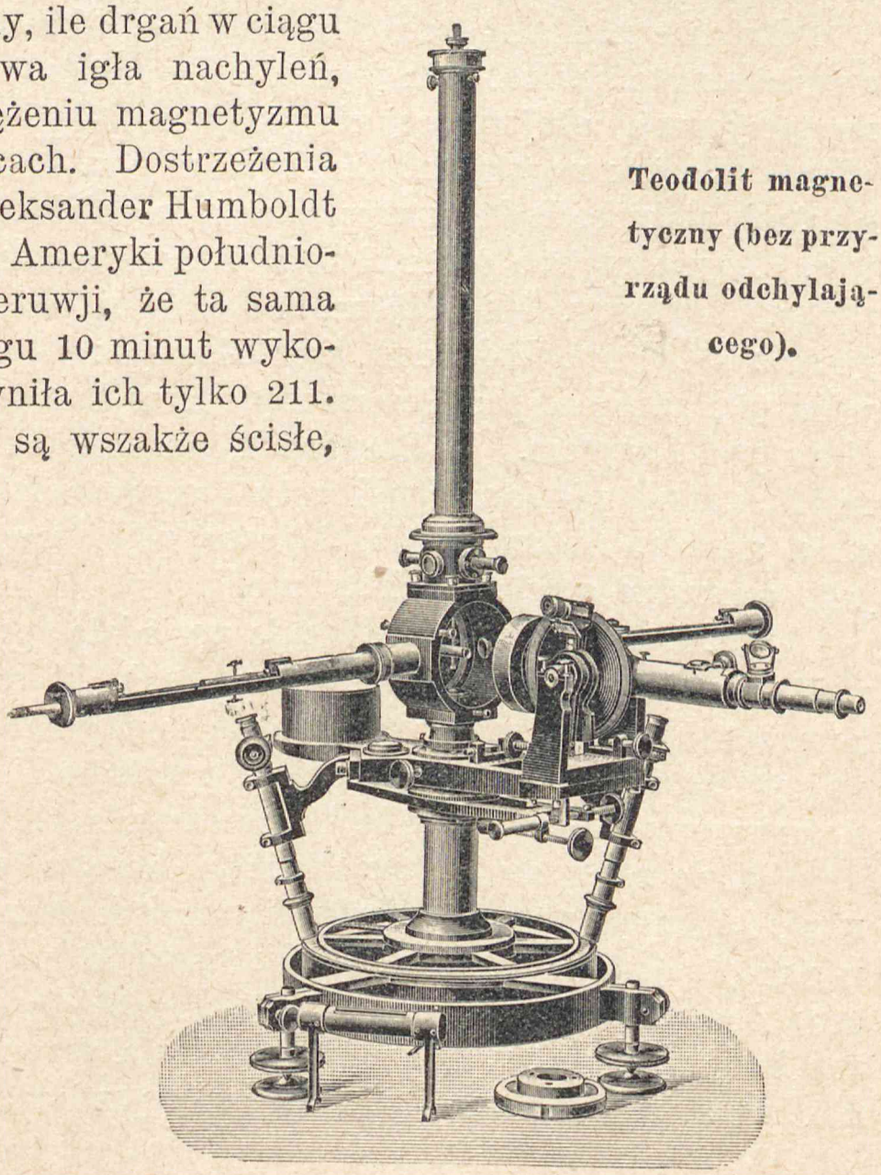
Według I. Hanna

pochylenie igły magnesowej, i nawzajem. W rzeczywistości jednak rozkład natężenia magnetyzmu ziemskiego na powierzchni naszej planety jest dosyć niejednostajny. Na każdej z obu półkul, północnej i południowej, znajdują się dwa miejsca, w których natężenie magnetyzmu ziemskiego dosięga największego stopnia, gdy istnieje jeden tylko środek natężenia najsłabszego na oceanie Atlantyckim w pobliżu brzegów Ameryki południowej. Oba miejsca natężenia największego na półkuli północnej przypadają na północ zatoki Hudsońskiej i w Azji północno-wschodniej pod kołem biegunowem, w dosyć znacznej zatem między sobą odległości, na półkuli zaś południowej pod 65 stopniem szerokości i 140 stopniem długości wschodniej na morzu Lodowatem, oraz pod 50 stopniem szerokości i 120 stopniem długości wschodniej, a zatem blizko między sobą (ob. kartę na str. 421).

Zboczenie magnetyczne (kąt *d* na rysunku str. 417) oznaczamy, mierząc kąt poziomy między linją południkową, czyli północno-południową linją astronomiczną danego miejsca, a osią magnetyczną, t. j. linją łączącą biegun północny i południowy igły magnesowej, obracającej sią swobodnie w płaszczyźnie poziomej. Zboczenie *d* wyraża się w stopniach ($1^0 = {}^1/_{360}$ okręgu koła), minutach ($1' = {}^1/_{60}{}^0$) i sekundach ($1'' = {}^1/_{60}'$). Stosownie do tego, czy biegun północny igły odchyla się nawschód czy też na zachód względem południka astronomicznego, rozróżniamy zboczenie wschodnie i zachodnie.

Nachylenie (kąt *i* na rysunku str. 417) oznacza się przez zmierzenie kąta, zawartego między płaszczyzną poziomą danego miejsca, wskazaną przez poziom lub przez libelę, a osią magnetyczną igły magnesowej, obracającej się w płaszczyźnie pionowej. Nachylenie *i* wyraża się tak samo jak zboczenie w stopniach, minutach i sekundach. Stosownie do tego, czy koniec północny igły usuwa się pod czy też nad poziom, rozróżniamy nachylenie północne i południowe; przypadek pierwszy ma w ogólności miejsce na półkuli północnej, drugi na półkuli południowej.

Podobnie, jak czas wahania wahadła zwyczajnego zależy od siły ciężkości czyli od przyciągania ziemi, tak też od całkowitego natężenia magnetycznego zawisło trwanie wahania igły nachyleń, mogącej się obracać pionowo dokoła położenia, jakie zajmuje w spoczynku. Jeżeli więc w różnych miejscach obserwujemy, ile drgań w ciągu jednakiego czasu wykonywa igła nachyleń, można ztąd wnosić o natężeniu magnetyzmu ziemskiego w tych miejscach. Dostrzeżenia takie prowadził najpierw Aleksander Humboldt w okolicach zwrotnikowych Ameryki południowej i poznał w Andach Peruwji, że ta sama igła, która w Paryżu w ciągu 10 minut wykonywała 245 drgań, tam czyniła ich tylko 211. Pomiary tego rodzaju nie są wszakże ścisłe, oś bowiem, na której igła nachyleń jest zawieszona, wspierać się musi na podporach, co sprowadza przy jej obrocie tarcie i staje się źródłem znacznego błędu. Bardzo ściśle natomiast daje się oznaczyć czas wahań igły zboczeń, obracającej się w płaszczyźnie poziomej, gdy nie opiera się na ostrzu, ale zawieszona jest na pionowej nici jedwabnej. Tą drogą można



Teodolit magnetyczny (bez przyrządu odchylającego).

wprawdzie oznaczyć bezpośrednio jedynie składową siłę poziomą magnetyzmu ziemskiego (*ac* na fig. str. 417); gdy jednak znamy przytem kąt nachylenia, obliczyć już można natężenie jego całkowite *ab* z trójkąta prostokątnego *abc*.

I takie jednak pomiary, jakkolwiek są ścisłe, nie prowadzą do dokładnej znajomości magnetyzmu ziemskiego i zmian, jakim z biegiem czasu ulega, własności bowiem magnetyczne każdej igły zmieniają się już to przeskokami nagłemi, już powolnie. Gauss przeto podał sposób, dozwalający prowadzić bezwzględne pomiary natężenia magnetyzmu ziemskiego i zmian w nim zachodzących. W tym celu prócz igły magnesowej stosuje się jeszcze pręt magnesowy, kołyszący się w południku magnetycznym i w oznaczonej od niej odległości, który odchyla igłę magnesową o pewien kąt. W takim razie z pomiarów drgań i tego odchylenia oznaczyć można prostym rachunkiem siłę magnetyczną ziemi, niezależnie od właściwości magnetycznych igły.

Do dochodzenia zboczenia magnetycznego, nachylenia i natężenia używane były trzy różne przyrządy: busola zboczeń czyli deklinatorjum, busola nachyleń czyli inklinatorjum, oraz aparat do pomiarów natężenia; obecnie wszystkie te rozmaite obserwacje dokonywać się dają za pomocą wspólnego przyrządu, zwanego teodolitem magnetycznym (rys. str. 423).

Zupełne zbadanie geograficzne danego kraju wymaga także oznaczeń magnetycznych w różnych jego miejscowościach i sporządzenia jego karty magnetycznej, obejmującej elementy czyli pierwiastki magnetyzmu ziemskiego dla jak największej liczby punktów. Przeprowadza się to bądź na stacjach stałych, bądź w wyprawach do dalekich i niezbadanych dotąd krajów. Najważniejsze obserwatorja i stacje centralne są w Niemczech: Getynga, Hamburg, Monachjum, Potsdam i Wilhelmshafen, w Austro-Węgrzech: Wiedeń i Budapeszt, we Włoszech: Rzym i Neapol, w Anglii Kew, w Rosji Pawłowsk pod Petersburgiem, w Holandji Utrecht i we Francji St. Maur pod Paryżem. W Stanach Zjednoczonych Ameryki północnej i w Kanadzie zarząd pomiarów wybrzeży przeprowadził rozległe pomiary magnetyczne, a nadto Batawja oraz Zi-ka-wej pod Szanghai zasługują na wzmiankę jako centralne stacje magnetyczne.

Szczególniej ważne znaczenie posiadają pomiary elementów magnetyzmu ziemskiego w stacjach biegunowych, które na propozycję Weyprechta urządzone zostały za porozumieniem międzynarodowem dla strefy biegunowej północnej, a według programu profesora Neumayera w Hamburgu mają być zaprowadzone i na kole biegunowem południowem.

Wiele zapewne jeszcze dziesięcioleci gorliwej pracy upłynąć musi, zanim znajomość naszą rozkładu siły magnetycznej na ziemi nazwać będziemy mogli dokładną. Szczegółowe badania magnetyczne przedstawiają znaczną doniosłość pod względem czysto geologicznym, rozjaśniają bowiem nieraz budowę skorupy ziemskiej. Badania dotychczasowe wykazały mianowicie, że stosunki tektoniczne, budowa powierzchni i znajdujące się w głębi

skały magnetyczne wywierają wpływ na przebieg linji magnetycznych. Przekonał się o tem już przed 50 laty Lamont, prowadząc badania magnetyzmu ziemskiego w Bawarji, a niedawno w górach Harzu zakłócenia dostrzeżone w przebiegu prawidłowym linji magnetycznych doprowadziły do wniosku, że prawdopodobnie zakłócenia te wywołane są przez wielkie masy granitu przejętego żelazem pod powierzchnią ziemi. W ten sposób igła magnesowa, podobnie jak wahadło, jest jakby sondą, którą zapuszczać możemy do warstw głębokich skorupy ziemskiej, niedostępnych już bezpośredniemu dostrzeganiu.

Elementy wszakże magnetyzmu ziemskiego, które tu poznaliśmy, nie są bynajmniej utrwalone, lecz ulegają ciągłym i bezustannym zmianom. Wskutek tej własności uderzającej, a do pewnego stopnia wciąż jeszcze zagadkowej, tworzą objawy magnetyczne wyjątek śród statecznych w ogólności przynajmniej warunków na naszej planecie. Gdy ukształtowanie powierzchni ziemi, systemy wiatrów, przypływy i odpływy oraz prądy oceaniczne przez cały ciąg stuleci pozostają niezmienne, wystarcza już lat niewiele do zmiany stanu magnetycznego ziemi oraz do zupełnego przeinaczenia rozkładu i postaci linji izogonicznych, izoklinicznych i izodynamicznych, a zatem kierunku i wielkości sił magnetycznych ziemi.

Zmiany te magnetyzmu ziemskiego, dotyczące wszystkich jego elementów, są bądź perjodyczne, t. j. dokonywają się wedle pewnych praw w ciągu krótszych lub dłuższych okresów czasu, bądź też występują nagle i bezpośrednio jako zakłócenia magnetyczne.

Zmiany okresowe, przy których elementy magnetyczne w oznaczonych odstępach czasu wzrastają lub słabną, związane są z dobą, miesiącem, porą roku, rokiem lub ze stuleciami, a ztąd rozróżniamy zmiany dobowe, miesięczne, roczne i wiekowe; zmiany te zachodzą na całej ziemi dosyć jednostajnie, chociaż w różnych miejscach z rozmaitem natężeniem, a w ogólności zależą od każdorazowego położenia słońca. Tak, średnia chwiejność dobowa igły zboczeń (zatem średnie z całego roku przesunięcie się igły między największem a najmniejszem jej zboczeniem) wynosi w pobliżu równika mniej więcej 4′, w szerokościach pośrednich około 8′, a w sąsiedztwie biegunów ziemskich do 1,5°. W Europie środkowej przesuwa się igła zboczeń przed południem od wschodu ku zachodowi, a po południu znów ku wschodowi; przytem chwiejność ta jest w lecie znacznie większa aniżeli w zimie.

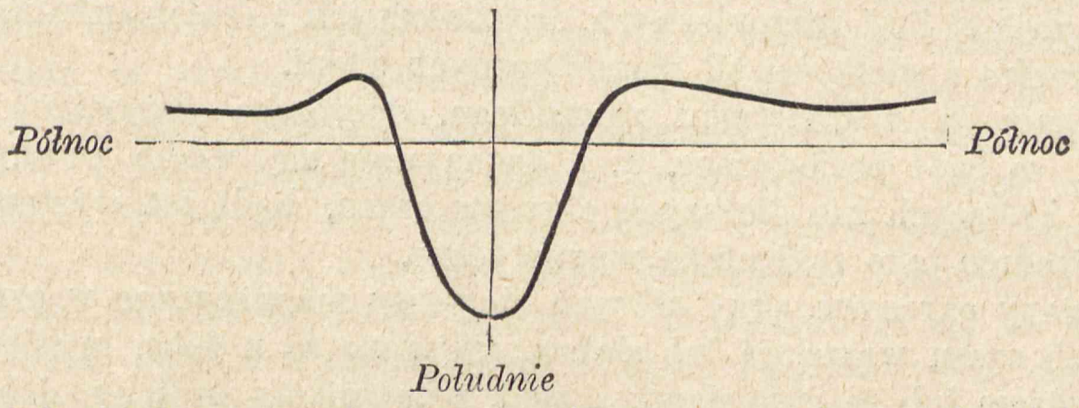
Chwiejność roczna igły zboczeń jest nader drobna i wynosi zaledwie kilka dziesiątych części sekundy po obu stronach położenia średniego.

Szczególne zaciekawienie budzą zmiany wiekowe zboczenia magnetycznego, dokonywające się w ciągu długich okresów czasu, chociaż dokładnie ich jeszcze nie znamy, ścisłe bowiem obserwacje magnetyczne nie były prowadzone przed połową XVI wieku. Zestawienie jednak kart dawniejszych z nowemi już teraz wskazuje różnice uderzające w zboczeniu magnetycznem i w rozkładzie izogon na ziemi. Tak np. w Berlinie pozioma igła magnesowa

odchyla się teraz na jakich 10 stopni ku zachodowi od południka astronomicznego, gdy przed stuleciem panowało tam zboczenie zachodnie 18 stopni, a przed 230 laty zboczenie wynosiło 0 stopni; w 1923 roku zboczenie znowu stanie się zerem.

Gdy chwiejność dzienna igły zboczeń odkryta została już w 1722 roku przez Grahama, to okres dobowy nachylenia poznał dopiero w 1827 roku sławny astronom francuski Arago. W ogólności pochylenie pionowo kołyszącej się igły w średnich i większych szerokościach geograficznych na obu półkulach wzmaga się, gdy słońce przypada nad poziomem, zmniejsza się zaś w ciągu godzin nocnych. Całe to przesunięcie wynosi średnio tylko około 1,5′. Przeciwnie ma się rzecz z nachyleniem w okolicach zwrotnikowych, gdzie za dnia jest mniejsze, w nocy się powiększa, a chwiejność ta średnio dosięga 3′.

I okres roczny nachylenia przebiega na obu półkulach jednakowo, gdyż w ciągu miesięcy od października do marca, przypada powyżej, a od kwietnia do września poniżej swej wartości średniej, całe zaś to przesunięcie czyni około 1,5′.



Chwiejność dobowa całkowitego natężenia magnetyzmu ziemskiego.

Zmiana wiekowa nachylenia magnetycznego sprawia, że i izokliny, podobnie jak to przytoczyliśmy wyżej co do izogon, również położenie swe ustawicznie zmieniają. W Europie zachodniej i środkowej nachylenie zmniejsza się w ciągu roku mniej więcej o 2,5′; wynosiło w Londynie w 1723 r. 74°42′, 1821 r. 70°3′, 1860 r. 68°19′ a 1894 r. 67°16′. W niektórych miejscach ziemi, jak np. na przylądku Horn i w zatoce Gwinejskiej, zmiana roczna nachylenia wynosi nawet przeszło 10′.

Wreszcie i natężenie magnetyzmu ziemskiego okazuje okres dobowy, roczny i wiekowy. O tym ostatnim wiadomo dotąd bardzo mało, ściśle bowiem pomiary natężenia magnetycznego są tak świeżej daty, że okresów dłuższych jeszcze nie obejmują. Wiadomo jednak, że w Ameryce południowej, Afryce i Australji natężenie to w znacznym stosunku maleje, wzrasta zaś w Anglji i Europie zachodniej. Dokładnie znamy natomiast zmiany dzienne i roczne natężenia magnetycznego w wielu miejscowościach ziemi. Chwiejność dzienna natężenia całkowitego okazuje wszędzie przebieg dosyć zgodny; podczas nocy siła pozostaje prawie stateczna, nad ranem szybko opada, w południe dochodzi swej najmniejszości, poczem wzrasta znów szybko aż do wieczora. Dobową tę zmianę przedstawia wyraźnie powyższy rysunek.

Szczególną wszakże uwagę zwraca okres roczny zmian całkowitego natężenia magnetyzmu ziemskiego, na całej bowiem ziemi jest natężenie siły magnetycznej większe podczas zimy półkuli północnej, aniżeli podczas jej lata. Ponieważ ziemia podczas naszej zimy znajduje się w przysłonecznej części swej drogi, w lecie zaś w części odsłonecznej, widzimy przeto, że przy mniejszej odległości ziemi od słońca natężenie jej siły magnetycznej wzrasta, co dzieje się też z nachyleniem igły magnesowej, jak to dawniej już poznano. Oprócz tych najwybitniejszych okresów elementów magnetyzmu ziemskiego dostrzeżono i inne jeszcze perjodyczne ich zmiany, które zależą od czasu osiowego obrotu słońca, wynoszącego około 26 dni, a nawet od stanu księżyca.

W ten sposób poznaliśmy zmiany okresowe magnetyzmu ziemskiego, a zanim przystąpimy do opisu nieprawidłowych i napozór bez powodu występujących zakłóceń magnetycznych, rozpoznajmy jeszcze krótko przyczyny, które najprawdopodobniej wywołują owe prawidłowe i perjodyczne zmiany magnetyzmu ziemskiego.

Co się tyczy zmian dobowych i rocznych magnetyzmu ziemskiego, miarodajne jest przedewszystkiem stanowisko ziemi względem słońca. Nasuwa się ztąd przeto domysł, rzucający niejakie światło na zagadkowe w każdym razie dotąd objawy magnetyczne ziemi, że to centralna gwiazda naszego układu planetarnego bezpośrednio lub pośrednio wywiera pewne działanie magnetyczne na naszą bryłę ziemską.

Gdy szukamy przyczyn powodujących zmiany magnetyzmu ziemskiego dokonywające się w ciągu okresów długich, odwołać się można do przeinaczeń, jakim ulegają masy skalne we wnętrzu naszej planety. Nierówności fizyczne na powierzchni słońca, o których świadczą postrzeżenia astronomiczne, są może źródłem tej chwiejności magnetyzmu ziemskiego, która wiąże się z obrotem osiowym gwiazdy dziennej; gdy znów wpływy magnetyczne księżyca, chociaż o wiele słabsze aniżeli słońca, są źródłem zmian magnetycznej siły ziemskiej, których okres odpowiada obiegowi księżyca. Wreszcie znaczenie pewne przy przebiegu wszelkich okresów magnetyzmu ziemskiego przypada zapewne także zmianom, zachodzącym w warunkach klimatu i w stanie pogody, które trudno dałyby się obliczyć.

Obok tych zmian prawidłowych elementy magnetyzmu ziemskiego ulegają także ruchom nieprawidłowym, przypadkowym, które występują nagle i również szybko przebiegają; są to zakłócenia magnetyczne, sprowadzające działania o wiele potężniejsze, aniżeli zmiany perjodyczne, przy nich bowiem siły magnetyczne wzrastają lub obniżają się nieraz o jakich 10 odsetek swej wartości. Nadto zakłócenia te ujawniają się jednocześnie, w tejże samej chwili, na obszarach rozległych, niekiedy obejmują nawet całą ziemię, zgoła inaczej aniżeli zmiany perjodyczne magnetyzmu ziemskiego, które, jak widzieliśmy, zawsze zależą od czasu miejscowego.

* * *

Gdy szukamy przyczyn, które są źródłem tych zakłóceń magnetyzmu ziemskiego, nasuwają się nam trzy domysły. Najpierw nagłe lub powolne zmiany na słońcu, zachodzące skutkiem rozwoju plam i wielkich protuberancji czyli wyskoków (wybuchów wodoru) na powierzchni naszej bryły centralnej. Powtóre objawy elektryczne w atmosferze naszej, występujące zarówno w formie burz i błyskawic (wyładowania nagłe), jak zwłaszcza w postaci zórz biegunowych (wyładowania powolne elektryczności atmosferycznej). Wreszcie elektryczne prądy ziemne, które zawsze i wszędzie istnieją, chociaż w ostatnich dopiero czasach dokładniej je poznano, powodować mogą zakłócenia w prawidłowym przebiegu magnetyzmu ziemskiego, elektryczność bowiem i magnetyzm pozostają w ścisłej z sobą łączności.

Gdy w połowie zeszłego stulecia niezmordowany obserwator słońca Schwabe w Dessau z czterdziestoletnich swych postrzeżeń wykrył jedenastoletni okres obfitości plam słonecznych, wkrótce potem fizyk angielski Sabine wykazał szczegół zdumiewający, że zakłócenia magnetyzmu ziemskiego wiążą się ze zmianą ilości plam na słońcu.

Nadzwyczaj ważna ta łączność objawów ziemskich i kosmicznych obecnie, na podstawie niemal stuletnich, systematycznych i starannych postrzeżeń, stwierdzona została z zupełną pewnością. Według najnowszych badań astronoma amerykańskiego Newcomba, który na nowo obliczył ważne poszukiwania Wolffa, tyczące się rozwoju plam słonecznych, wiemy teraz, że okres średni ich obfitości wynosi 10,7 roku, a z okresem tym zgadzają się dokładnie i zakłócenia magnetyzmu ziemskiego.

Szczególniej wyraźnie wpływ ten kosmiczny wybija się w średniej chwiejności dobowej igły zboczeń, co wskazuje następująca tabela, zestawiona przez Hanna:

	Chwiejność dzienna igły magnesowej w Monachjum	Ilość plam na słońcu według Schwabego
1844	6,6	52
1845	8,1	114
1846	8,8	157
1847	9,6	267
1848	11,2	330
1849	10,6	238
1850	10,4	186
1851	8,7	151

Obszerność dobowego kołysania się igły magnesowej odpowiada tak dokładnie obfitości plam słonecznych, że nieledwie z ilości plam danego roku obliczyć można średnią wielkość zmian zboczenia magnetycznego.

Do łatwiejszego uwidocznienia tak zupełnie równoległego przebiegu tych objawów kosmicznych i ziemskich służy rysunek na str. 430, który przedstawia wielkość średniej zmiany dobowej w położeniu igły zboczeń, obfitość względną plam słonecznych oraz okresy zórz północnych. Zdumiewająca łączność między działalnością naszej gwiazdy centralnej a objawami magnetycznemi na ziemi! W jaki sposób wskroś przestrzeni światowej utrzymuje

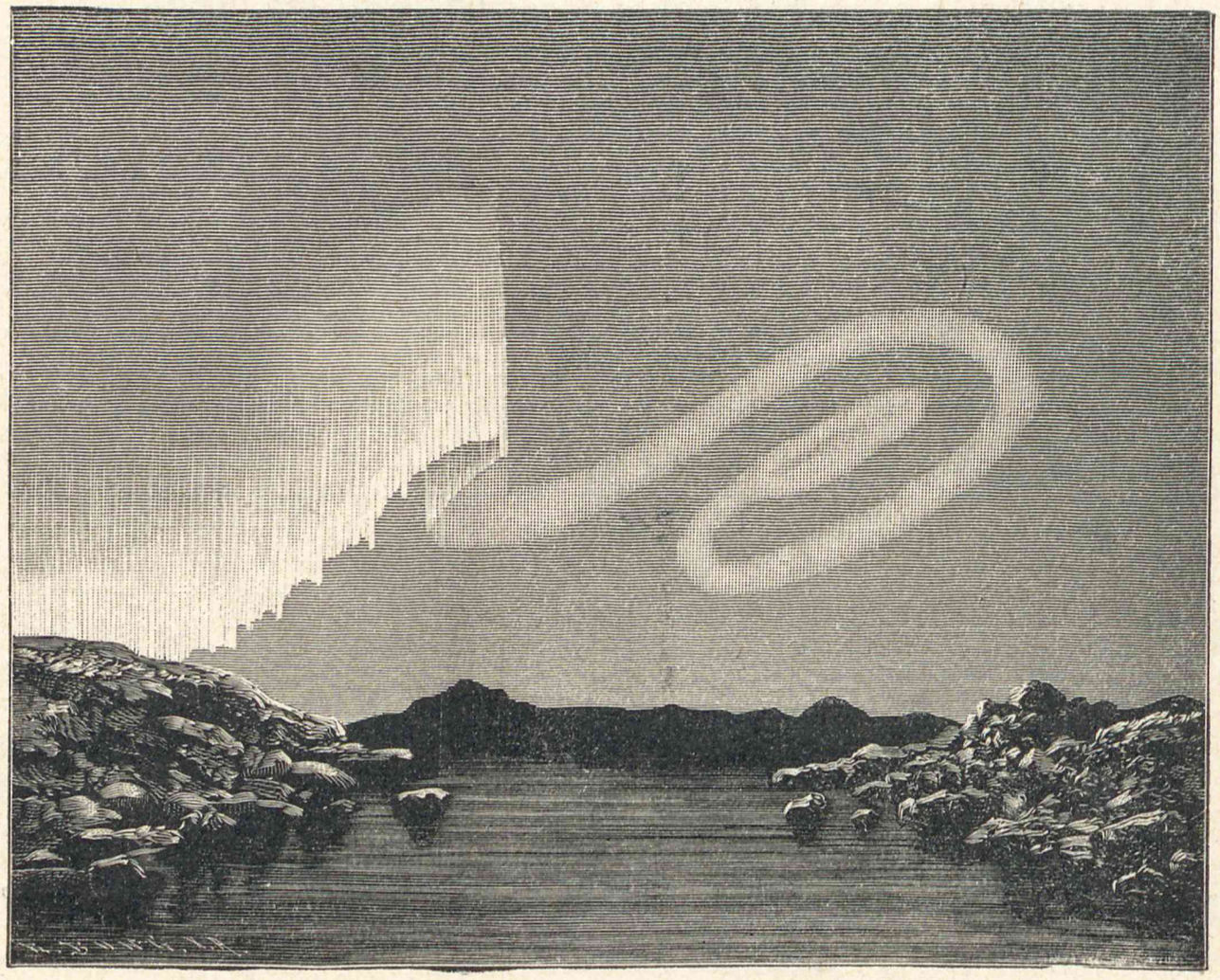


Zorza północna obserwowana 6 sierpnia 1871 r. w dostrzegalni astronomicznej w Edynburgu.

Według J. Hanna „Allgemeine Erdkunde".

się ten związek naszej planety z innemi bryłami niebieskiemi, ta telegrafja bez drutu — możnaby nieledwie powiedzieć, jest to dotąd wciąż jeszcze zagadka tajemnicza, której dokładne rozwiązanie przyniesie dopiero dalszy postęp nauki.

Jednakże zasłona odkrywająca doniosłą tę tajemnicę uchylać się już zaczęła, odkąd wykryto zależność zórz biegunowych od elementów magnetyzmu ziemskiego, a zwłaszcza odkąd prądy elektryczne, krążące po powierzchni ziemi, wskutek badań najnowszych, znacznie rozszerzyły i pogłębiły poglądy nasze na elektro-magnetyczne własności ziemi.

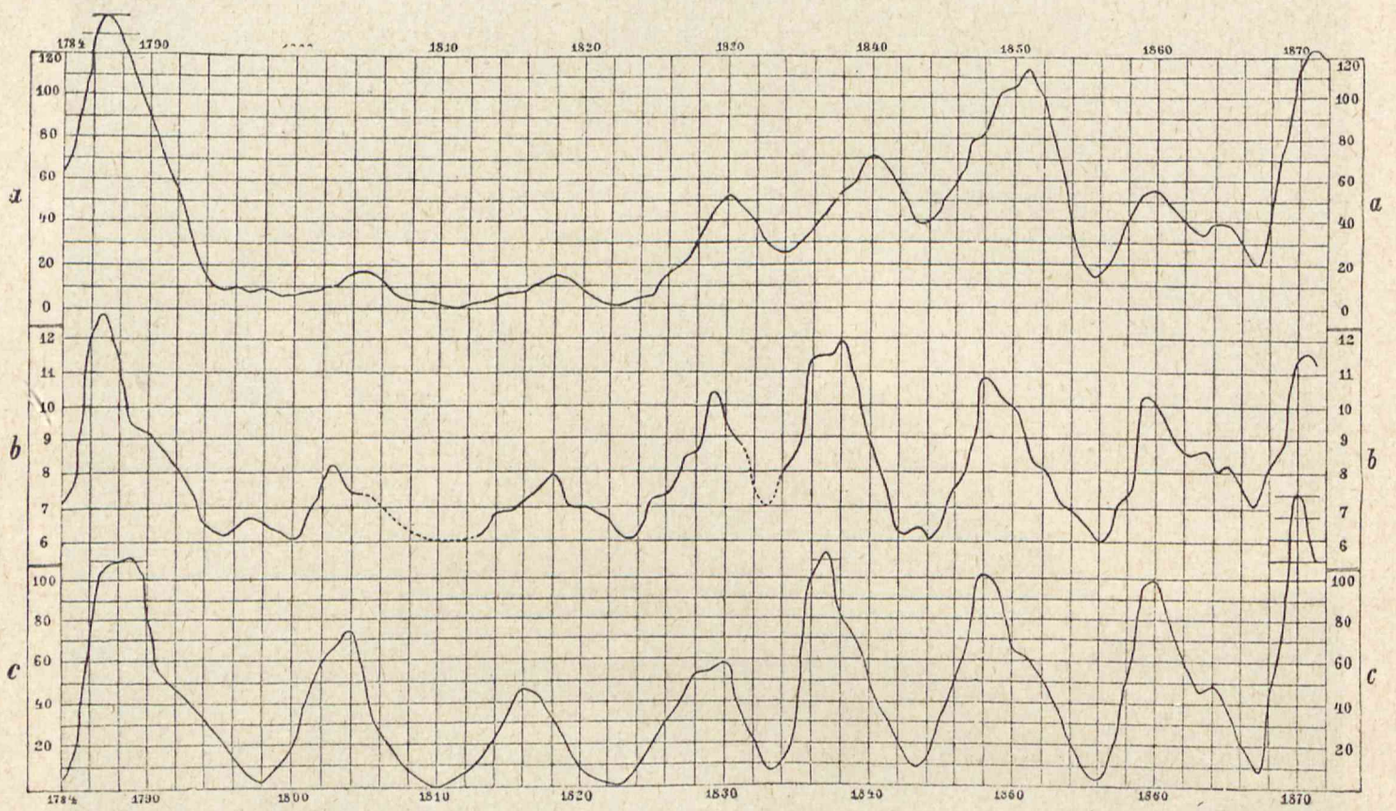


Zorza biegunowa postaci wężowej.

Zorze biegunowe, występujące w atmosferze naszej, jako objawy chronicznych wyładowań elektrycznych, zwane zorzą północną (aurora borealis) na półkuli północnej i zorzą południową (aurora australis) na półkuli południowej, o których obszerniej będzie mowa w dziale meteorologicznym naszej książki, ulegają w ogólności takim samym okresom, jak zakłócenia magnetyzmu ziemskiego. Wielkie zakłócenia magnetyczne przypadają w czasach, gdy objawy zórz biegunowych występują ze szczególnem natężeniem, a to pozwala wnosić, że ogniskiem tych zakłóceń są tak zwane strefy czyli pasy zórz biegunowych, rozpościerające się dokoła biegunów geograficznych i magnetycznych. Zorze biegunowe, zarówno co do swej

obfitości jak i natężenia, osiągają swój rozwój największy i najmniejszy, podobnie jak i zakłócenia magnetyczne, w tych czasach, gdy plamy na słońcu występują najsilniej i najsłabiej. Okazuje się to jasno z rysunku poniższego i z następnego zestawienia liczebnego:

Największości		Najmniejszości	
plam słonecznych	zórz północnych	plam słonecznych	zórz północnych
1804	1805	1811	1811
1816	1818	1823	1822
1830	1830	1834	1834
1837	1840	1844	1844
1849	1850	1856	1856
1860	1861	1867	1866
1871	1871	1878	1878



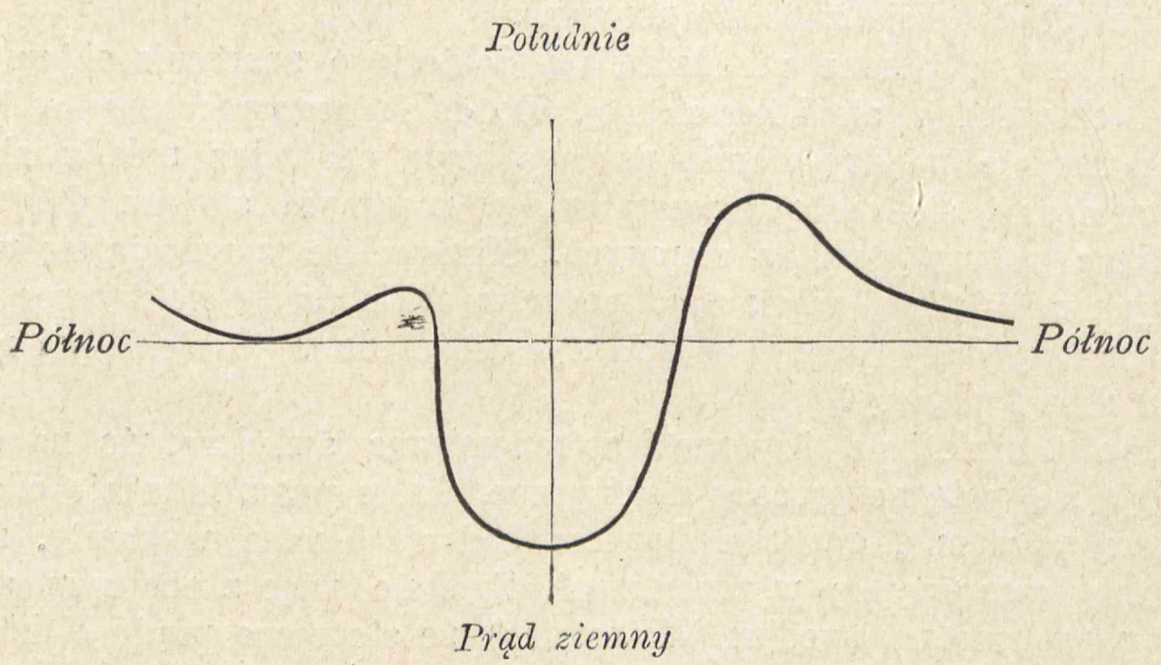
***a*—Okresy zórz północnych, *b*—Okresy chwiejności dziennej zboczenia, *c*—Okresy obfitości plam na słońcu.**

Według Hanna „Allgemeine Erdkunde".

W ten sposób zorze biegunowe, których rozwój wiąże się ze zmienną działalnością na powierzchni słońca, tworzą jakby pomost między owemi objawami kosmicznemi a zależnemi od nich również zakłóceniami magnetycznemi na ziemi. Zdumiewająca ta wzajemność między bryłą naczelną naszego układu słonecznego a objawami elektro-magnetycznemi na planecie naszej, jak to już wyżej zaznaczyliśmy, sięga znacznie jeszcze dalej, z biegu bowiem igły magnesowej i z odpowiedniego okresu obfitości zórz północnych wyczytać można 26-dniowy czas osiowego obrotu słońca, wykazany przez dostrzeżenia astronomiczne. Na stacjach podbiegunowych, mianowicie, i zorze biegunowe zdradzają wyraźny okres 26-dniowy, który już poprzednio ujawniły zmiany i zakłócenia wszystkich elementów magnetyzmu ziemskiego.

Nietylko jednak w atmosferze, ale w litosferze czyli w stałej skorupie ziemskiej znajduje się trwała elektryczność w postaci tak zwanych prądów ziemnych. Prądy te odkryto przed jakiemi 70-ciu laty, gdy według rady Steinheila na stacjach telegraficznych do odprowadzania prądu zamiast drugiego drutu użyto przewodnictwa ziemi. Okazało się wtedy, że przez taki przewodnik ziemny, ograniczony końcami drutu w ziemię zapuszczonemi, przebiegają prądy nawet po usunięciu stosów galwanicznych. Siła tych prądów ziemnych jest nader zmienna, niekiedy dochodzi do natężenia prądu wytwarzanego przez setki ogniw galwanicznych, tak dalece, że przy ich jedynie pomocy przesyłać można wiadomości telegraficzne.

Na objaw ten zwrócili najpierw uwagę Lamont i Airy, z podniety zaś Wernera Siemensa i Wilhelma Förstera zarząd poczt niemieckich zajął się



Bieg dzienny zmian prądu ziemnego,
według obliczeń średnich z postrzeżeń całorocznych.

od lat dwudziestu nieprzerwanemi pomiarami prądów ziemnych, a z opracowania, jakiemu materjał ztąd zebrany poddał Weinstein, okazuje się niewątpliwie, że mamy tu do czynienia z objawem natury właściwym planecie naszej.

Na dwóch linjach telegraficznych, Berlin-Drezno i Berlin-Toruń, notowano wciąż za pomocą przyrządów zapisujących natężenie prądu ziemnego. Prąd ten okazał się objawem nader zmiennym, który zupełnie, jak magnetyzm ziemski, przedstawia zmiany prawidłowe, związane z chwilą doby, z porą roku i t. d., oraz zakłócenia występujące nagle, w postaci gwałtownych przeskoków w swem natężeniu. Prąd ziemny zmienia ustawicznie siłę swą i kierunek, a powyższy rysunek, który daje obraz zmienności dobowej jego natężenia według wartości średnich z postrzeżeń dokonanych w ciągu roku, okazuje zupełne podobieństwo do rysunku poprzedniego (na str. 426), dającego przebieg zmian dziennych całkowitego natężenia magnetyzmu ziemskiego.

I inne zmiany prądu ziemskiego, wiążące się z porą roku i rokiem, okazują stosunki zupełnie podobne, jak wyżej opowiedziane okresy elementów magnetycznych ziemi.

Ważniejsza jeszcze, a dla telegrafji praktycznej wprost niezbędna, jest znajomość nagłych i gwałtownych zakłóceń prądu ziemnego, które tak samo jak zakłócenia magnetyzmu ziemskiego występują na całej ziemi jednocześnie i zostają w związku z jedenastoletnim okresem obfitości plam na słońcu. W latach 1848, 1859, 1872, 1883 i 1894 zakłócenia te tak silnie uczuć się dawały na kontynencie europejskim i północno-amerykańskim, że komunikacja telegraficzna ulegała przerwie przez godziny całe. W jesieni 1859 roku prądy ziemne, przebiegające przez wszystkie druty telegraficzne, sprowadzały z przyrządów wyrywy snopów ognistych, które ustępowały dopiero, gdy połączenie z ziemią zupełnie usuwano.

Prądy zatem ziemne przedstawiają doniosłego znaczenia objaw fizyki nietylko telurycznej, ale i kosmicznej. Do dokładnego rozpoznania łączności, jaka istnieje między ziemią naszą a bryłą centralną układu słonecznego, przyczynić się może niewątpliwie w znacznym stopniu dokładniejsze zbadanie natury prądów ziemnych. Mimowolnie narzucają się tu dwa pytania jak największej wagi: zkąd pochodzą takie prądy elektryczne w skorupie ziemskiej i czy prądy te posłużyć mogą do wyjaśnienia sił magnetycznych naszej planety?

Różne postrzeżenia fizyczne i astronomiczne świadczą, że na słońcu rozgrywają się potężne procesy elektryczne, które przez indukcję oddziaływać muszą na ziemię, epokowe bowiem badania Hertza wykazały, że fale elektryczne przenoszą się w przestrzeni. Zgodnie więc z obecnym stanem nauki przyjąć można (według Weinsteina), że stateczne prądy elektryczne na słońcu wywoływać też muszą prądy ziemne, bezpośrednio lub przynajmniej pośrednio.

Ale na pytanie drugie — czy takie prądy ziemne wystarczyć mogą do wzbudzania magnetyzmu ziemskiego?—należy dać odpowiedź przeczącą, gdyż prądy te, pomijając pewne zakłócenia gwałtowniejsze, są o wiele za słabe, by mogły wyjaśnić ogół sił magnetycznych naszej planety: ziemia przecież zachowuje się jak magnes takiej potęgi, że dla sztucznego odtworzenia jej działań magnetycznych należałoby w jej wnętrzu umieścić przeszło cztery sekstyljony (4 z 21 zerami) prętów magnesowych o ciężarze kilograma.

Chociaż jednak prądy ziemne nie wystarczają, by w każdym czasie mogły wywoływać cały magnetyzm ziemski, pozostają z nim niewątpliwie w ścisłym związku. Prądy bowiem elektryczne mogą być źródłem sił magnetycznych, a zmiana prądów ziemnych pod względem kierunku lub natężenia musi powodować odpowiednie przeinaczenia w elementach magnetyzmu ziemskiego. Badania czasów ostatnich pozwalają rzeczywiście przypuszczać, że ruchy igły magnesowej wywoływane są najczęściej przez zmiany prądów ziemnych; jeżeli się domysł ten potwierdzi, to rozwiązana będzie przynajmniej część zagadnień najtrudniejszych, jakie nam nastręcza wyjaśnienie magnetyzmu ziemskiego.



Zorza północna, obserwowana 21 stycznia 1839 r w Bossekop w Finmarkji.

Według Bravais'go.

W związku z rozważaniami naszemi, które obejmują tak ścisłe stosunki astronomji z geofizyką, narzuca się mimowoli pytanie, czy astronomja, opierając wyjaśnienie ruchów ciał niebieskich wyłącznie na podstawie praw ciążenia powszechnego, nie popełnia ciężkiej pomyłki, pomijając wszystkie te działania elektryczne i magnetyczne, których istotę i skutki poznaliśmy właśnie. Obawa ta jest wcale nieuzasadniona i możemy ją śmiało usunąć. Najpierw bowiem zupełna i świetna zgodność obliczeń astronomicznych z najściślejszemi obserwacjami, jak to w innej części naszego dzieła poznamy, daje dowód, że odkryte przez Newtona prawo ciążenia powszechnego wystarcza do wyjaśnienia ruchów niebieskich; powtóre zaś można również dokładnie wykazać, że działania elektryczne i magnetyczne między ciałami niebieskiemi o znacznych masach nie mogą mieć prawie żadnego wpływu na ruchy tych brył w przestrzeni.



Wielka kometa Donatiego z 1858 roku.
Według rysunku K. Graffa.

Ziemia według poprzednich naszych wywodów zachowuje się wprawdzie jak potężny elektromagnes ogromnych wymiarów, to samo przyjąć można także co do innych planet i co do bryły naczelnej naszego układu słonecznego ale magnetyczne te siły, jakkolwiek doniosłe mogą być ich działania na powierzchni ciał niebieskich, nie mogą bynajmniej wpływać na wzajemne ich ruchy, choćby dlatego, że działania przeciwnych biegunów magnetycznych w znacznej odległości znoszą się nawzajem niemal zupełnie. Nadto takie siły biegunowe, t. j. polegające na działaniu dwóch biegunów, nie słabną w stosunku kwadratów z odległości działających wzajemnie na

siebie mas, jak to się dzieje z ciążeniem powszechnem, ale daleko prędzej, w stosunku trzecich potęg tych odległości. Chociażby przyciąganie danego magnesu na bryłę żelazną w pewnej odległości tysiąc razy przewyższało działanie ciążenia, to przy tysiąckrotnem powiększeniu tej odległości wpływ siły biegunowej obniżyłby się już tak dalece, że wyrównałby wpływowi ciążenia powszechnego. Jeżeli odległość obu tych ciał stanie się jeszcze tysiąc razy większa, to ciążenie działa już tysiąc razy silniej aniżeli magnetyzm, pierwsze bowiem słabnie tylko w stosunku kwadratu, drugi w stosunku trzeciej potęgi odległości.

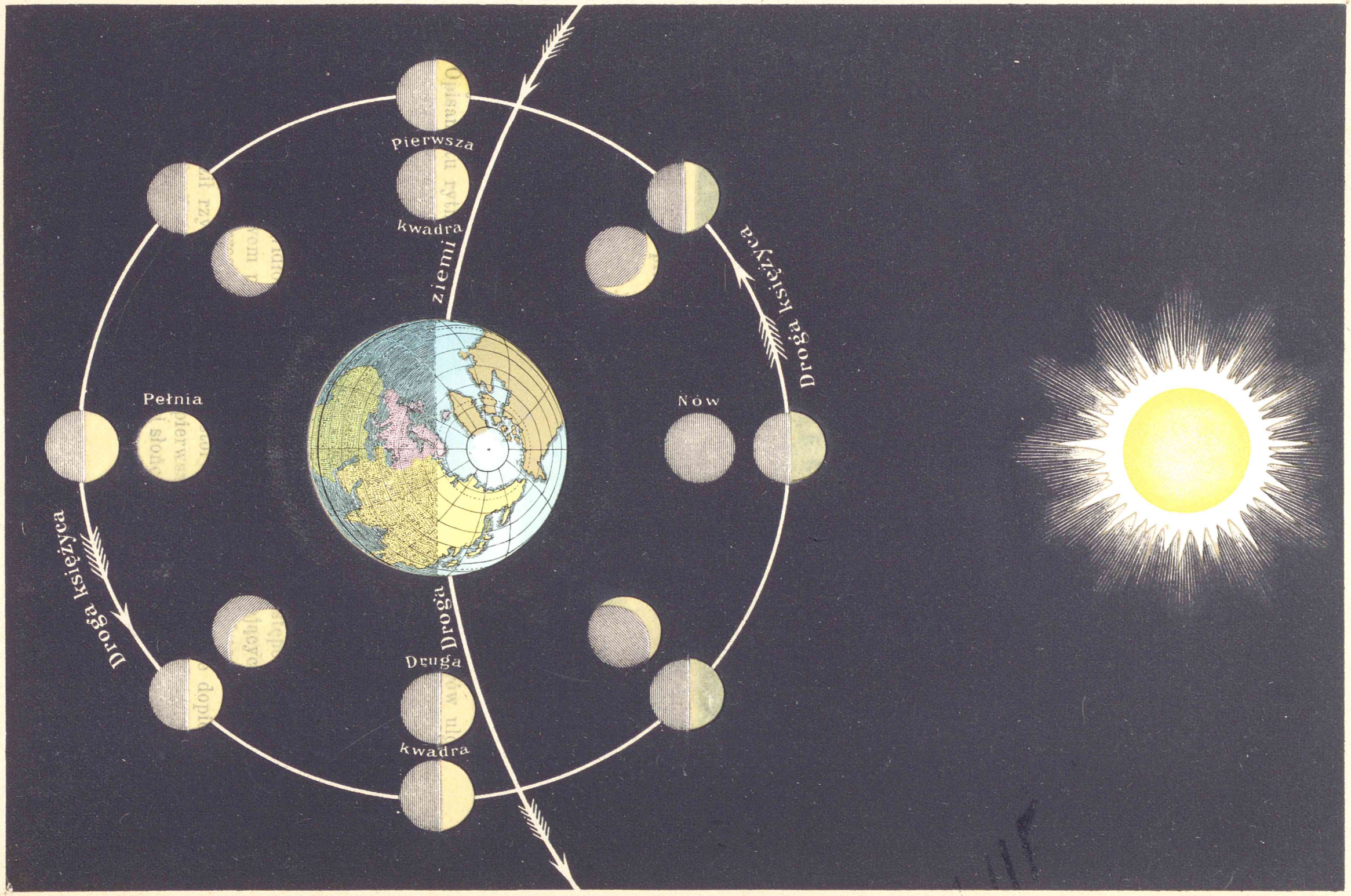
Co się zaś tyczy działań elektrycznych, to wiadomo, że mają one siedlisko swe jedynie na powierzchni ciał, łatwo przeto można drobne ciała tak mocno naelektryzować, że się silnie przyciągają i odpychają. Gdy jednak idzie o wielkie bryły niebieskie, z ich powierzchnią stosunkowo nader małą względnie do masy, siły elektryczne w ogólności nie mogą wywierać jakiegokolwiek wpływu dynamicznego na ich biegi. Jednakże istnieje w przestrzeni świata pewien właściwy objaw ruchu, który się zapewne utrzymuje pod wpływem sił elektrycznych; mówimy tu o ruchach cząstek składających ogony komet, ale utwory te posiadają właśnie bardzo wielką powierzchnię przy nader nikłej masie, a przytem niekiedy nadzwyczaj blizko przystępują do olbrzymiego elektromagnesu, jakim jest słońce. Nowsze badania natury komet wykazały, że występuje tu odpychająca siła elektryczna, wywierana przez słońce, a przypuszczenie takie dozwala bez mozołu tłomaczyć nader osobliwe i zawiłe formy ogonów komet. W ostatnich czasach próbowano wspaniałe te objawy świetlne wyjaśnić jako katodalne promieniowanie elektryczne w przestrzeni, ale i w takim razie utrzymać się musi domysł siły biegunowej, pochodzącej od słońca. Gdy zaś pominiemy ten przypadek wyjątkowy, przy którym zresztą nie idzie o wzajemne działanie mas, ale o wpływ wielkiej masy (słońca) na olbrzymie powierzchnie (komety), utrzymywać można stanowczo, że wszystkie znane nam ruchy we wszechświecie pozostają pod władzą jedynie siły ciążenia powszechnego, działającej według prawa wykrytego przez Newtona. Okazują to bliżej jeszcze objawy przypływów i odpływów oceanicznych, do których w dalszym ciągu rozważań naszych w zakresie fizyki kuli ziemskiej zwracamy się teraz.

II. Przypływ i odpływ.

Morza i jeziora, pokrywające pięć siódmych części skorupy ziemskiej, pozostają już od tysięcoleci w równowadze z lądami i wyspami, które są przez nie oblewane. Oceany nie opuszczają już teraz swoich wybrzeży, by jak w przeszłości geologicznej naszej ziemi zalewać lądy falami swemi, olbrzymie jednak zbiorowiska wód morskich ulegają wciąż wahaniom prawidłowym, które ujawniają się wznoszeniem i obniżaniem poziomu wody, dając tem najwspanialszy i najbardziej uderzający objaw ruchu hydrosfery naszej planety.

Perjodyczne te kołysania się poziomu morza tworzą przypływ, gdy woda wznosi się ponad pewien stan swój średni, odpływ zaś, gdy woda schodzi poniżej tego poziomu średniego. Ruch ten wody przebiega jakby olbrzymia fala, której góra tworzy stan wody wysoki, dół zaś stan jej nizki.

Mieszkaniec lądu, przybywający po raz pierwszy do portu na brzegach oceanu, ze zdumieniem widzi podczas najniższego odpływu morze w znacznej odległości od tamy portowej, której ogromne mury ogołocone z wody sterczą w powietrzu. Po upływie jakiej godziny poziom wody zwolna się podnosi, stopniowo narasta woda prędzej, a w trzy godziny później poziom jej dosięga średniej swej wysokości. Teraz woda szybko stan ten przekracza, a po sześciu godzinach podnosi się tak wysoko, że mury tamy niewiele już tylko wyzierają z wody. Najwyższy ten stan swój woda powolnie opuszcza, ale potem opada coraz prędzej, aż po dziewięciu godzinach znowu dosięga stanu średniego. Potem opada powolniej i po dwunastu mniej więcej godzinach wraca ponownie do najniższego stanu odpływu, przyczem mury tamy znowu się obnażają, a odtąd rozpoczyna się powtórny przebieg przypływu. Zjawisko to powtarza się każdego dnia, ale uważny obserwator dostrzega, że początek każdego odpływu i przypływu opóźnia się codziennie



Odmiany księżyea.



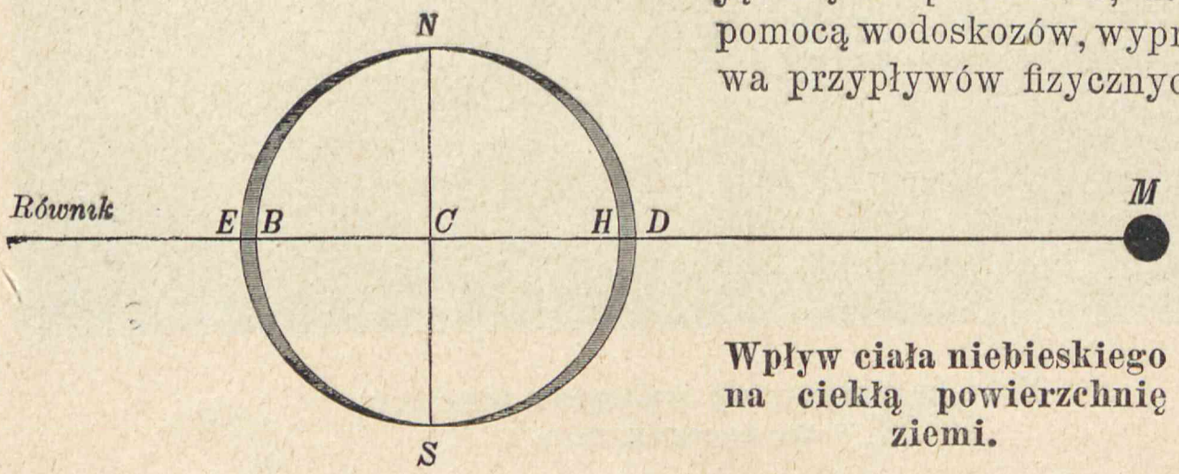
Fala przypływu na wybrzeżu płaskiem.
Według fotografji K. Graffa.

mniej więcej o 50 minut, przyczem wysokość poziomu wody przy jej stanie najwyższym i najniższym w ciągu miesiąca znacznie się zmienia. Co czternaście dni, mianowicie, różnica między wysokością wody podczas przypływu i odpływu staje się największa, czyli ma wtedy miejsce przypływ wysoki, gdy w siedem dni później różnica ta przybiera obszerność najmniejszą, czyli następuje przypływ nizki.

Opisane tu rytmiczne ruchy oceanu mogą pod wpływem wiatrów ulegać wzmożeniu, ale z tąż samą prawidłością zdarzają się również przy niebie bezchmurnem i przy powietrzu spokojnem. W różnych miejscach ziemi występują w różnych porach doby, ale powtarzają się wszędzie tak regularnie, że chwile ich powrotu obliczyć się dają na całe lata z góry z takąż samą niemal pewnością, z jaką astronomja przewiduje każdochwilowe położenie słońca i księżyca na sklepieniu niebieskiem.

Zjawisko tak prawidłowe, jak przypływy i odpływy, następować musi oczywiście pod wpływem przyczyn statecznie i trwale działających; przed 2 000 już lat geograf grecki Strabo przeczuwał działanie sił kosmicznych, a podobnie sądził rzymski imperator i historyk Juljusz Cezar, ale dopiero Plinjusz w swej „Historia naturalis“ w pierwszem stuleciu po Chr. rozpoznał w tem objaw przyciągania księżyca i słońca. W początku ósmego wieku

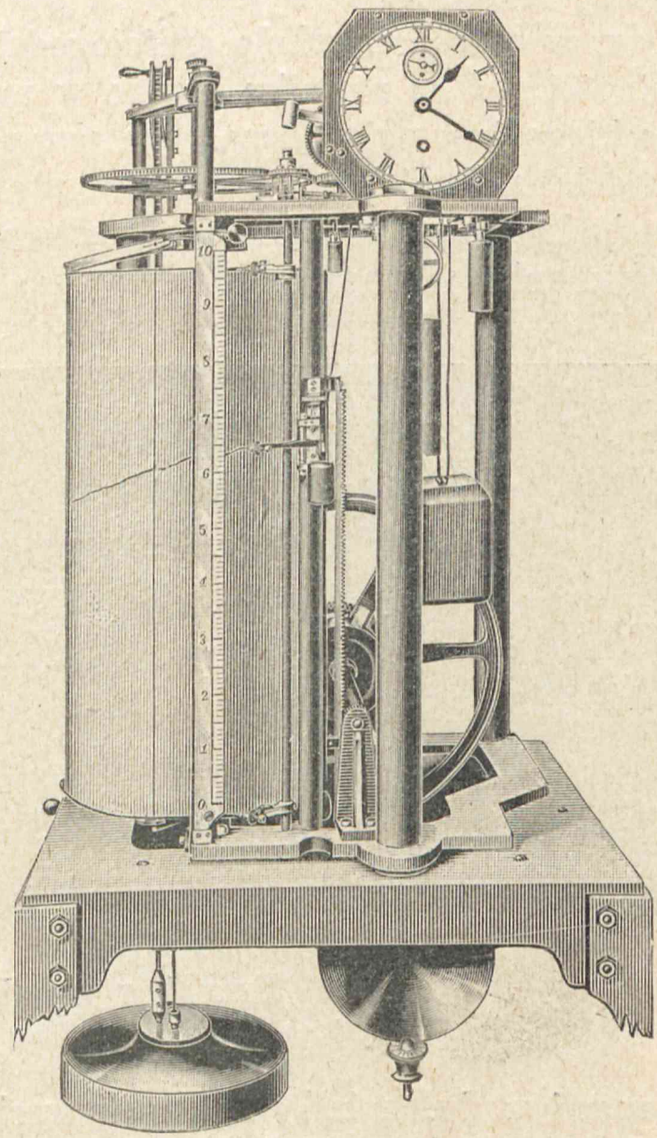
w przyrodniczem dziele angielskiego historyka kościoła Bedy Czcigodnego znajdujemy dokładne pojęcia o wpływie księżyca na ruch wody, zebrane na podstawie licznych postrzeżeń na wybrzeżach angielskich; Beda poznał nadto, że wiatr wywiera działanie zakłócające na przypływy i odpływy. W wieku XVI i XVII zbadano dokładniej prawa empiryczne tych zjawisk, tak niesłychanie ważnych dla żeglugi; między innymi zajmował się rzeczą tą i Kepler, a w 1682 roku sławny astronom angielski Flamsteed wydał pierwsze dokładne tablice, dające epoki wysokiego stanu wody przy ujściu Tamizy. Już w pięć lat później nieśmiertelny odkrywca praw ciążenia, Newton, rozwinął teorję matematyczną, która dokładnie tłomaczyła przypływy i odpływy na podstawie biegu księżyca i słońca, a w ciągu XVIII w. teorja ta udoskonaloną została przez wielkiego fizyka szwajcarskiego Bernouillego i przez sławnego autora mechaniki niebieskiej, Laplace'a. Dopiero wszakże w XIX wieku doniosłe te teorje dały się zastosować bezpośrednio i do celów praktycznych, gdy astronowowie angielscy Lubbock i Whewell, opierając się na pomiarach, dokonanych za pomocą wodoskozów, wyprowadzili prawa przypływów fizycznych. W ostatnich czasach Lentz w Cuxhafen i Börgen w Wilhelmshafen zebrali większy zasób dostrzeżeń lokalnych, co pozwala z coraz większą pewnością obliczać przyszły przebieg tych zjawisk, tak ważnych dla żeglarstwa. Gdy zaś praktyka nowemi zbogaciła się faktami, ożywiły się niemi i badania teoretyczne, a Airy, Ferrel, William Thomson i G. H. Darwin wskazali nowe metody, które wiodą do oznaczania każdochwilowej wysokości wody na wszystkich wybrzeżach i w każdem ich miejscu.



Wpływ ciała niebieskiego na ciekłą powierzchnię ziemi.

Zbadajmy tedy, jak na zbiorowiska wód naszej ziemi działają siły przyciągające słońca i księżyca. Dla ułatwienia przyjmiemy najpierw, że ziemia zewsząd pokryta jest oceanem głębokim, nigdzie przez lądy nieprzerwanym, ciała zaś niebieskie, które wywierają przyciąganie na te wody, znajdują się w płaszczyźnie równika ziemskiego. Załączony rysunek wyjaśni nam działanie ciała niebieskiego na ocean. Widzimy tu ziemię przedstawioną w przecięciu, ograniczoną okręgiem NHSB; środek jej przypada w punkcie C. Po prawej stronie rysunku w znacznem oddaleniu mieści się bryła niebieska M, która wraz z równikiem ziemskim znajduje się na jednej płaszczyźnie. Im bardziej ciało niebieskie jest oddalone od ziemi, tem słabsze wywiera przyciąganie na masy ziemskie. Ztąd zatem ciało

niebieskie M słabiej przyciąga dalej od niego usunięty środek ziemi C niż punkt H, silniej jednak aniżeli dalszy jeszcze punkt B. Masa zatem wody otaczająca kulę ziemską tem silniej wznosić się będzie ku bryle niebieskiej, im bliżej się względem niej znajduje, przy H tedy woda wzbije się aż do D. Po drugiej stronie ziemi stosunki układają się w sposób następujący: środek C, który bardziej zbliżony jest do ciała niebieskiego aniżeli przypadający na powierzchni punkt B, jest też przez nie silniej przyciągany; bryła ziemska rozciąga się poniekąd w kierunku BC ku gwieździe M, a masa wody E pozostałaby nieco w tyle, gdyby natychmiast nie spłynęły tam z S i N nowe ilości wody, które zapełniają obszar do rozporządzenia wolny. A zatem przy H zarówno jak i przy B, czyli na dwóch wręcz przeciwległych punktach ziemi, ocean wznosić się musi, tworząc tam górę wodną czyli „przypływ“; natomiast zaś z obu stron, od N i od S, woda spływać będzie, by ten przypływ przy E i D umożebnić; przy N i S tedy poziom morza jest nizki, panuje tam „odpływ“. Innem zresztą jeszcze rozumowaniem uzasadnić można, że całe to zbiorowisko wody w ten sposób dokoła ziemi rozłożyć się musi. Im bardziej usuwają się przedmioty od środka ziemi, tem stają się lżejsze; woda przeto spiętrzona przy E i D byłaby lżejsza aniżeli poprzednio, gdy zajmowała normalną swą odległość od środka ziemi; by więc jednaki ciężar przywrócić, zbiegają z N i S nowe ilości wody, które tą drogą przywracają równowagę.

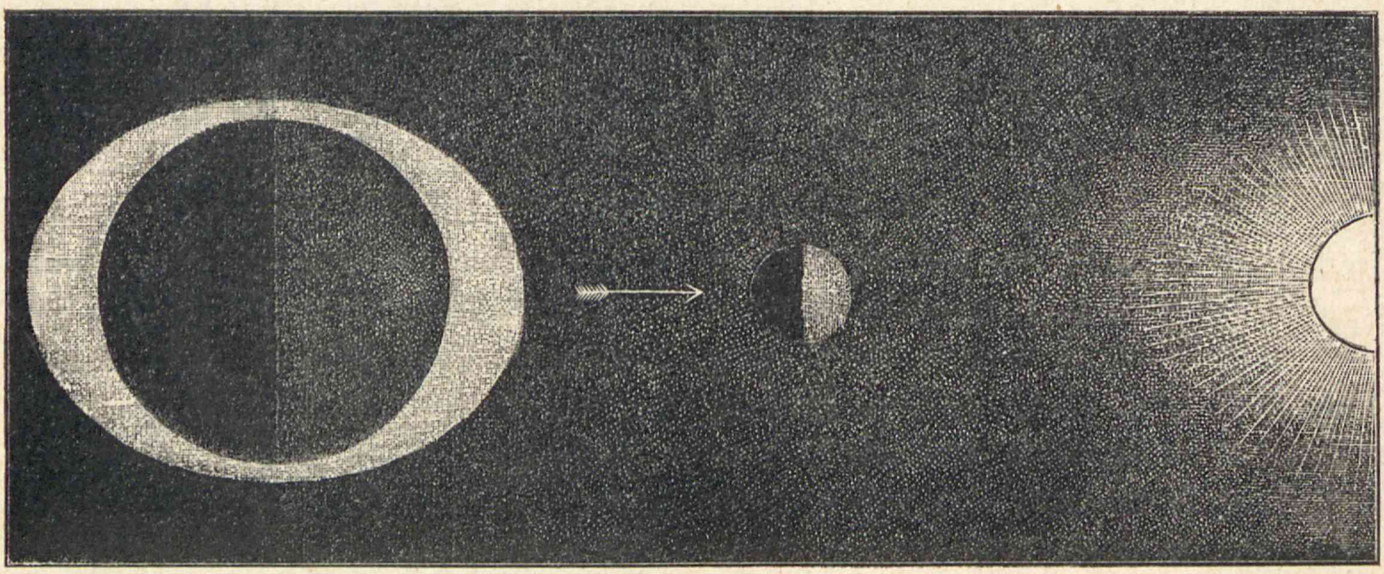


Wodoskaz samopiszący
systemu Seidta i Fuessa.

Gdy ciało niebieskie przypada w tak wielkiej odległości, że w stosunku do niej średnica ziemi schodzi do wielkości nieznacznej, woda jest we wszystkich punktach jednakowo silnie, czy też jednakowo słabo przyciągana, a przypływy i odpływy się nie trafiają. Księżyc jedynie i słońce sprowadzać mogą takie zjawiska, pierwszy bowiem oddalony jest od nas tylko na 60, drugie zaś na 23 300 promieni ziemskich średnio.

Dla wyjaśnienia objawów przypływu i odpływu przyjmowaliśmy dotąd, że cała ziemia pokryta jest głębokim oceanem, a zakłócające ciała niebieskie, słońce i księżyc, przypadają w płaszczyźnie równika, zatem w kierunku prostopadłym do osi ziemskiej. Jeżeli dodamy do tego trzecie jeszcze

założenie, również nieodpowiadające warunkom rzeczywistym, że wody oceanu bezzwłocznie ulegają przyciąganiu księżyca i słońca, to przy obrocie ziemi od zachodu ku wschodowi najznaczniejsze wyniesienia wody, góry przypływu, musiałyby zawsze przypadać w kierunku gwiazdy zakłócającej. Podczas jednego obrotu ziemi, w ciągu doby zatem, każdy punkt powierzchni miałby dwukrotnie w jednakich odstępach około dwunastu godzin przypływ, w odstępach około sześciogodzinnych następowałby odpływ. W szczególności zaś na równiku, gdzie w założeniu naszem przyciąganie ciała niebieskiego jest największe, fala przypływu byłaby też największa, a na biegunach najmniejsza. Fala przypływu posuwałaby się nieprzerwanie od wschodu ku zachodowi, a odpowiadająca fali tej góra przypadałaby wciąż w kierunku północno-południowym; dół zaś tej fali, odpowiadający nizkiemu



Przypływ wysoki podczas nowiu.
Według dzieła Ottona Ulle „Die Erde und die Erscheinungen ihrer Oberfläche".

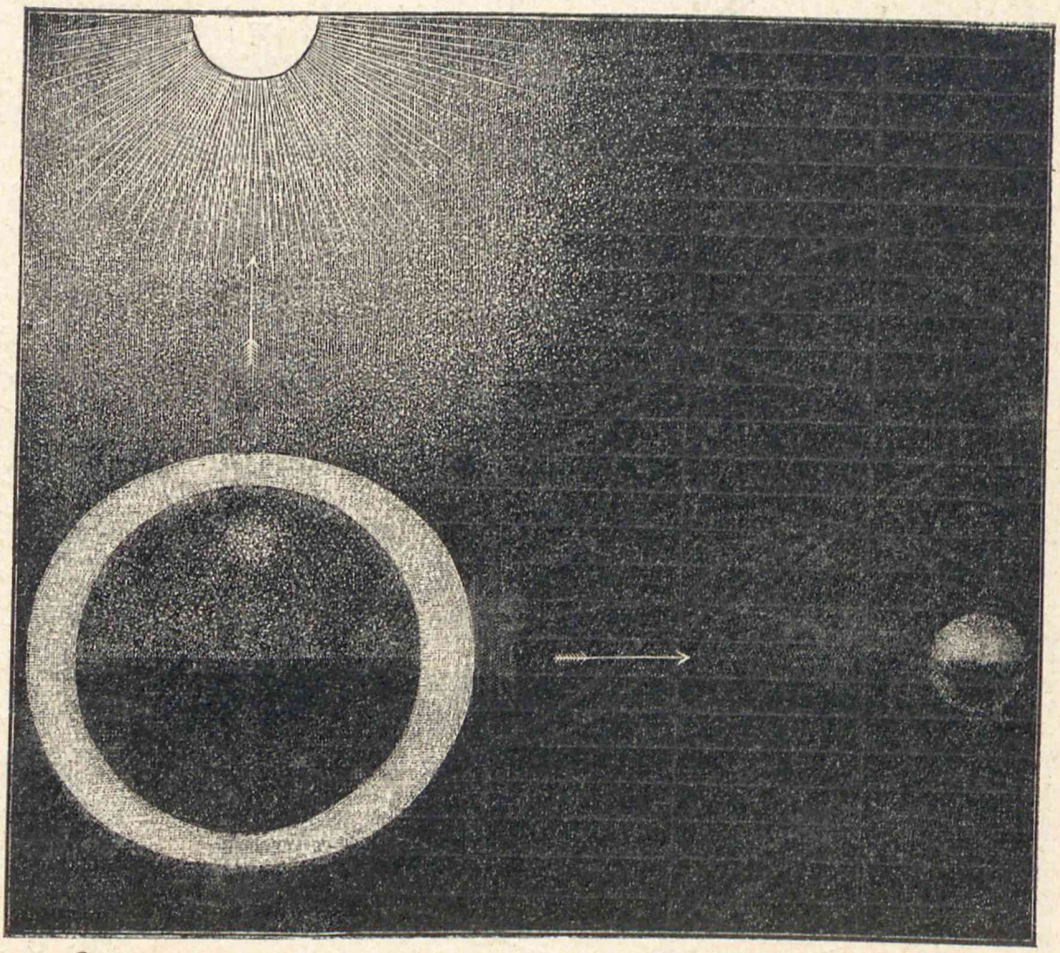
stanowi wody, miałby kierunek wschodnio-zachodni, do poprzedniego prostopadły. Rozpoznać tedy należy, jak wielka jest siła wywierana przez księżyc i słońce na ten ruch wód ziemskich, oraz jakie zakłócenia następują wskutek współdziałania obu tych ciał niebieskich.

W przyjętych przez nas, uproszczonych założeniach, że ziemię pokrywa wszędzie głęboki ocean i że masa wody bez zwłoki ulega przyciąganiu, siła sprowadzająca przypływy zależy jedynie od masy i odległości ciała niebieskiego działającego na ziemię. Według tego obliczyć się daje teoretycznie, że wysokość przypływu powodowanego przez słońce wynosi 44 centymetry, przez księżyc zaś 97 centymetrów. Przypływ księżycowy jest przeto około 2,2 raza większy aniżeli słoneczny, chociaż masa jego czyni zaledwie $^1/_{26\,000\,000}$ masy słońca czyli około $^1/_{80}$ masy ziemi, gdyż księżyc jest względem nas średnio 389 razy bliżej, aniżeli słońce*). Dlatego chwile wysokiego i niskie-

*) Kilka słów jeszcze bliższego wyjaśnienia nie będzie tu rzeczą zbyteczną. Ponieważ przyciąganie jest proporcjonalne do masy, a odwrotnie proporcjonalne do kwadratu odległości, przeto według liczb wyżej podanych przyciąganie, jakie słońce wywiera na ziemię, przechodzi

go stanu wody zależą przedewszystkiem od księżyca, przypływy zaś i odpływy wzniecane przez słońce wzmagają lub osłabiają ruchy wody powodowane przez księżyc, stosownie do tego, czy fale wodne przez obie te gwiazdy wytwarzane przebiegają w kierunku zgodnym, czy też w przeciwnym.

Jeżeli księżyc i słońce przypadają razem na tym samym południku, jak to się zdarza podczas pełni i nowiu, gdy satelita nasz z ziemi widziany znajduje się przed słońcem lub poza niem, to góry i doły obu wzniecony przez nie fal przypływu schodzą się wzajemnie. Podczas pełni zatem i nowiu, czyli podczas syzygjów, działania przyciągające słońca i księżyca łączą się wzajemnie, przypływy i odpływy doznają wzmożenia, bywają tedy przypływy wysokie (ob. rysunek schematyczny na str. 440, który przedstawia położenie księżyca na nowiu; takiż sam rozkład wody zachodzi i podczas pełni, gdy księżyc przypada po drugiej stronie ziemi).

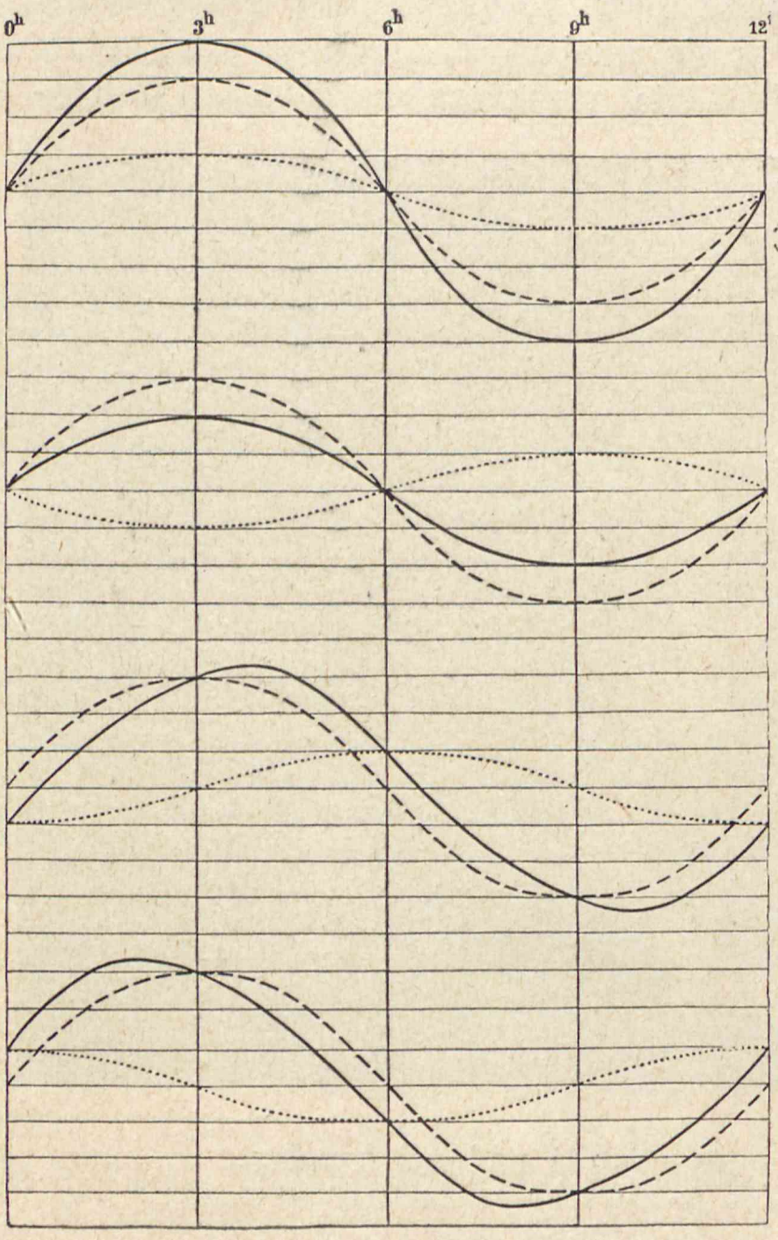


Przypływ nizki podczas kwadry.
Według Ottona Ule „Die Erde und die Erscheinungen ihrer Oberfläche"

Jeżeli natomiast słońce i księżyc oddalone są od siebie na sklepieniu nieba o 90°, czyli podczas pierwszej i drugiej kwadry, działania przyciągające słońca i księżyca osłabiają się nawzajem, góra fali księżycowej schodzi się z dołem fali słonecznej, powstają więc przypływy nizkie, różnice najmniejsze między poziomami przypływu a odpływu (rys. str. 441).

$\frac{26\,000\,000}{389^2}$ czyli około 170 razy przyciąganie księżyca. Przypływy jednak nie zależą bynajmniej od bezwzględnej wielkości tego przyciągania, ale od różnicy przyciągań, jakie ciało niebieskie wywiera na powierzchnię ziemi i na jej środek, t. j. na punkty H i C na rysunku str. 438. Różnica zaś odległości tych punktów od księżyca czyni $^1/_{60}$ oddalenia jego od środka ziemi, gdy dla słońca stosunek ten wynosi zaledwie $^1/_{25\,000}$. To tłomaczy dostatecznie, dlaczego księżyc, pomimo nikłej swej masy w porównaniu z masą słońca, przy wytwarzaniu przypływów i odpływów ma znaczenie górujące. *Przyp. tłom.*

Rysunek str. 442 przedstawia w sposób widoczny przebieg przypływu księżycowego i słonecznego; widzimy tu, jak się wzajem wzmacniają lub osłabiają i jak wytwarza się fala istotna, powstająca przez połączenie obu tych fal składowych. Linja kropkowana oznacza tu przypływ słoneczny, linja kreskowana przypływ księżycowy, a linja pełna przebieg rzeczywisty zjawiska.

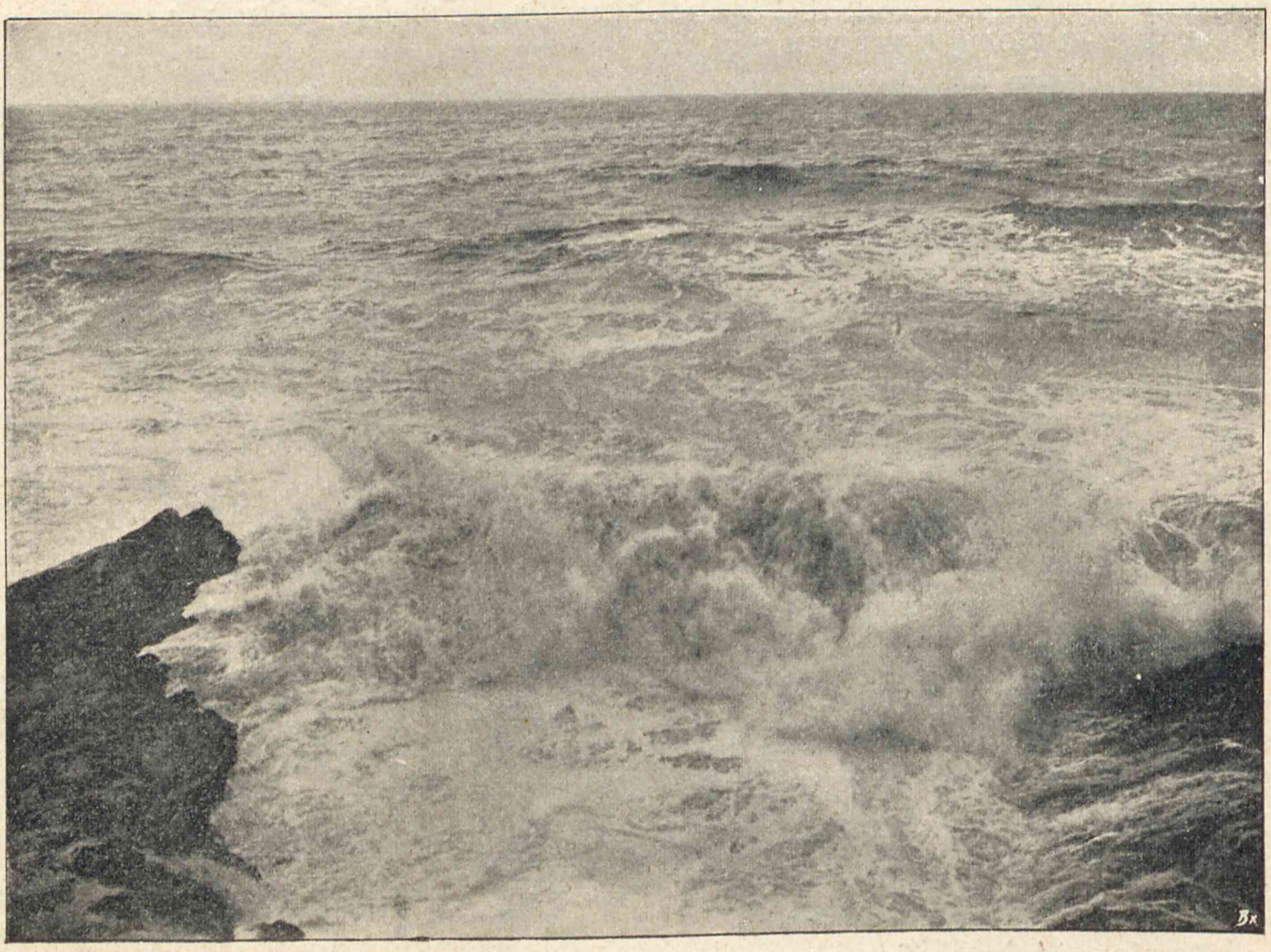


Kombinacje przypływów księżycowych i słonecznych.
Według Hanna.

Jak z krzywych tych linji poznajemy, w czasie syzygjów (na pełni i na nowiu księżyca), a więc mniej więcej co 14 dni, różniące się wysokością przypływy księżycowe i słoneczne schodzą się razem górami swemi i dołami (na rys. naszym o godzinie 3 i 9), powstająca z nich przeto wypadkowa fala przypływu nie okazuje żadnego zgoła odstępstwa w czasie względem czystej fali księżycowej. Ale już dnia następnego po pełni lub po nowiu wierzchołek fali księżycowej pozostaje o jakichś 50 minut poza takąż samą fazą fali słonecznej; podczas bowiem jednego obrotu ziemi księżyc w drodze swej dokoła niej przesuwa się mniej więcej o 13,5 stopnia, co daje 50 minut w czasie. Odstępstwo to przypływu księżycowego względem słonecznego wzmaga się i dalej, a po czterech dniach, w oktantach, t. j. po przebieżeniu przez księżyc ósmej części jego drogi dokoła ziemi, przypływ księżycowy pozostaje już o trzy godziny poza przypływem słonecznym. Po dalszych czterech dniach opóźnienie wynosi sześć godzin, a wreszcie dosięga kresu swego, wynoszącego dziewięć godzin. Odtąd odstępstwo maleje znowu i w porządku odwrotnym przebiega też same fazy, stosownie do odmian księżyca.

Wyprowadzone tu teoretyczne przyśpieszenia i opóźnienia przypływu rzeczywistego względem księżycowego polegają oczywiście jeszcze na

upraszczających naszych założeniach, że ziemia zewsząd pokryta jest głębokiem morzem, którego wody natychmiastowo ulegają przyciągającej sile księżyca i słońca. Zobaczymy następnie, że różnice czasu pomiędzy przejściem księżyca przez południk danego punktu a ruchem wody w temże samem miejscu z powodu właściwego ukształtowania powierzchni ziemi nie dają się obliczyć teoretycznie, ale można je wyprowadzić jedynie na podstawie postrzeżeń szczegółowych, które dozwalają oznaczyć dla każdego miejsca na wybrzeżu tak zwany czas portowy, czyli różnicę pomiędzy chwilą przejścia księżyca przez południk a chwilą najwyższego stanu wody



Przypływ na morzu wzburzonem.
Według fotografji Franciszka Goerke.

podczas przypływów wysokich. Czasy portowe okazują najosobliwsze różnice w różnych punktach wybrzeża, w tem samem wszakże miejscu są stateczne; dla żeglugi posiadają znaczenie nader doniosłe, wskazują bowiem czas przypływu w portach.

Zmienność ta przypływów, rozmaita ich wysokość i ukazywanie się ich w różnych porach doby, zależy, jak widzieliśmy, od ustawicznie przeinaczającej się kombinacji przypływów księżycowych i słonecznych i wiąże się z kolejnym przebiegiem odmian księżyca; odmiany zaś te dokonywają się w ciągu miesiąca synodycznego, który obejmuje przeciąg czasu od jednego nowiu do następnego. Dlatego też opowiedziany tu okres przypływów,

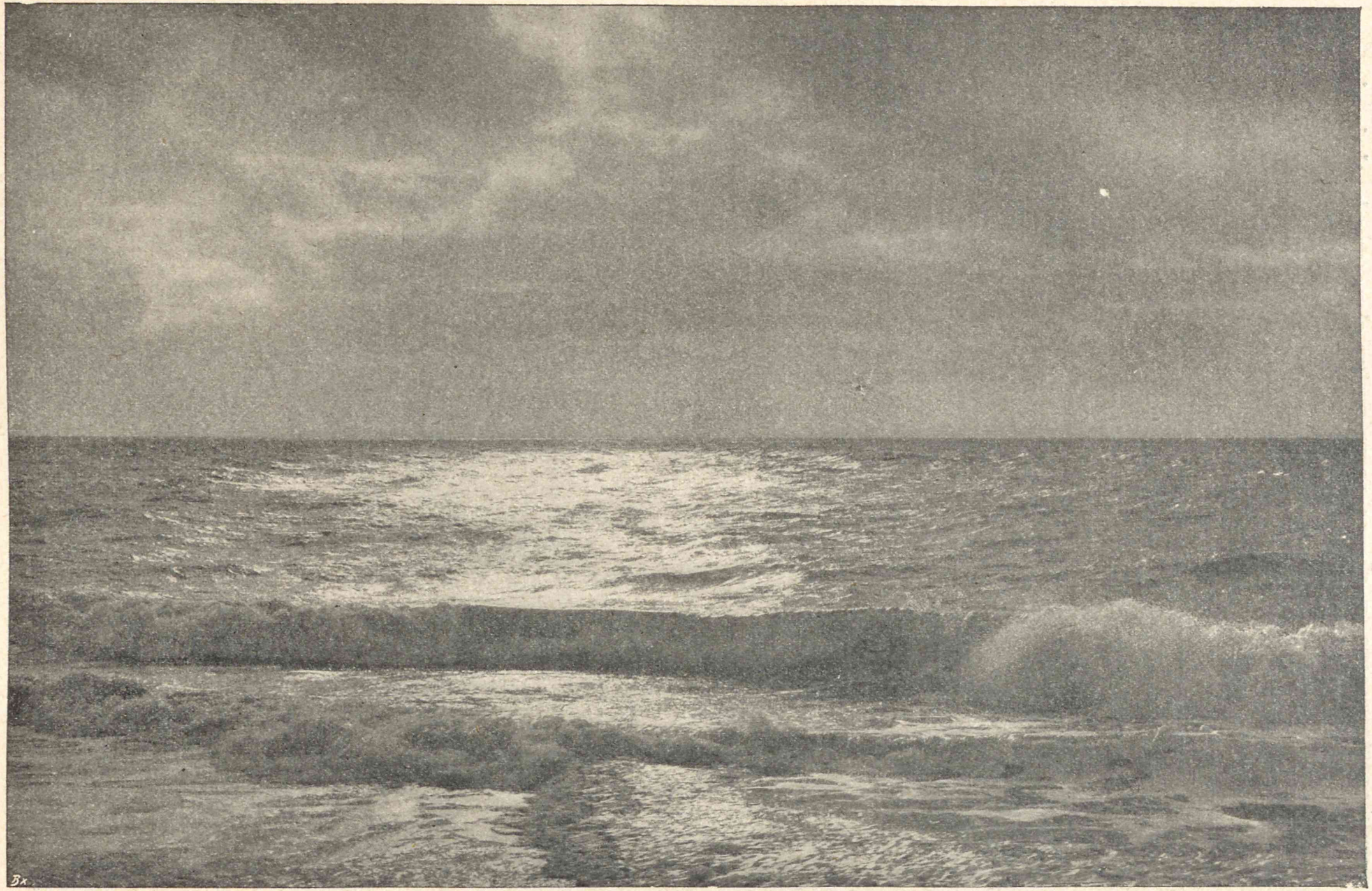
który wybija się nietylko w istotnéj ich wysokości, ale i w czasach ich następstwa, nazywa się „nierównością półmiesięczną“ fali przypływu, charakterystyczne bowiem jej objawy przebiegają mniej więcej co 14 dni w tej samej kolei.

Do tej nierówności półmiesięcznej przybywa inny jeszcze okres fali przypływu, który się nazywa „nierównością dobową“, a polega na tem, że oba przypływy, w ciągu jednej doby występujące, nie sięgają bynajmniej do jednakiej wysokości. Byłyby one równe lub prawie równe w tym tylko razie, gdyby słuszne było założenie nasze, że wywołujące je ciało niebieskie zawsze się znajduje na płaszczyźnie równika. Księżyc jednak przy obiegu swym dokoła ziemi przesuwa się przez płaszczyznę równika tylko co 14 dni, a odległość jego od równika, czyli tak zwane zboczenie, w ciągu miesiąca kołysze się co najmniej o $\pm 18^0$ a co najwyżej o $\pm 28^0$, w obie strony tej płaszczyzny, prostopadłej do osi ziemskiej i dzielącej kulę ziemską na dwie równe części.

Podobnież i słońce ma zboczenie zmienne: przechodzi przez płaszczyznę równika dwa razy w ciągu roku, podczas wiosennego i jesiennego porównania dnia z nocą (21 marca i 22 września), gdy w początku lata półkuli północnej usuwa się od równika najdalej na północ (dosięga zboczenia $+23{,}5^0$), w początku zimy północnej najdalej na południe (przy zboczeniu $-23{,}5^0$). Teorja i obserwacja wykazały zgodnie, że im znaczniejsze jest zboczenie księżyca i słońca, tem większe dają się dostrzegać nierówności dzienne fali przypływu.

Wpływ główny wywiera i w tym razie księżyc, który zbliża się do nas średnio na 380 000 kilometrów, gdy oddziaływanie zmiennego zboczenia słońca jest nader słabe, naczelna bowiem gwiazda naszego układu planetarnego oddalać się od nas może przeszło na 150 miljonów kilometrów średnio. Jednakowoż z długoletnich postrzeżeń dały się oznaczyć nietylko bardzo wyraźne nierówności dobowe, zależne od zboczenia księżyca, ale i słabsze daleko nierówności, wywoływane przez zmienne zboczenie słońca.

Oprócz tych bardzo znacznych nierówności fali przypływu, „półmiesięcznych“ i „dobowych“, istnieją jeszcze inne liczne jej okresy, które się wiążą z oddaleniem słońca od księżyca i ze wzajemnem ich względem siebie położeniem. Wszystkie te nierówności, występujące w nieprzeliczonych kombinacjach i mniej lub więcej wyraźne, powtarzają się co do księżyca w obrębie tak zwanego cyklu Metona, obejmującego prawie 19 lat, gdy zaćmienia słońca i księżyca, wiążące się również ze stanowiskami naszego satelity, wracają w przeciągu 18 lat i 11 dni. Co się tyczy przypływów, od słońca zawisłych, okres, w którym się zjawiska te powtarzają, czyni około 21 000 lat, po tym bowiem czasie zawsze w tymże samym dniu roku słońce wraca do swego punktu przyziemnego (albo raczej ziemia do punktu przysłonecznego). O rozmaitości wszelkich możliwych zmian, jakich doznawać mogą objawy przypływu, powziąć można jasne wyobrażenie, jeżeli na



Ocean w brzasku rannym.

Według fotografji zdjętej w pobliżu Celjony przez A. Marcus'ego.

podstawie przytoczonego tu okresu przypływów słonecznych, obejmującego 21 000 lat, obliczymy liczbę krzywych przypływu, jakie wodoskaz musiałby wypisać, zanim powtarzać się zaczną zupełnie takie same formy tych linji krzywych. Przyjmując, że w ciągu roku zwyczajnego wysoki stan wody przypada 705 razy, to dopiero po 15 miljonach odstępujących między sobą krzywych przypływu powtórzy się krzywa początkowa. Ze znacznej liczby innych nierówności w przebiegu przypływów przytoczymy tu jeszcze jedną tylko, najwyraźniejszą z nich, która się nazywa „nierównością eliptyczną“. Zmiana ta w wysokości stanu wody jest następstwem chwiejnej odległości ziemi i księżyca od gwiazdy centralnej naszego układu planetarnego, powodowanej eliptyczną postacią ich dróg. Tak np. przypływ księżycowy wtedy, gdy księżyc znajduje się w punkcie przyziemnym swej drogi, jest o połowę większy, aniżeli podczas przesuwania się jego przez punkt odziemny, w pierwszym bowiem przypadku odległość księżyca od ziemi wynosi około 57, w drugim prawie 64 promienie drogi ziemskiej. Ztąd pochodzi, że wysokość przypływu księżycowego kołysze się między 46,5 centrymami podczas największego oddalenia księżyca od ziemi a 64,7 centymetrami przy najznaczniejszem jego zbliżeniu. Co się tyczy przypływu słonecznego, to zachodzą tu różnice daleko mniejsze w wysokości stanu wody, droga bowiem ziemi nie przedstawia elipsy tak wybitnej, jak droga księżyca. Odległość ziemi od słońca zmienia się od 23 000 promieni ziemskich w początku stycznia do 23 800 w początku lipca, a ztąd wysokość przypływu słonecznego kołysze się między 23,4 a 25,9 centymetrami.

W ten sposób najważniejsze objawy przypływów i odpływów oceanicznych staraliśmy się opisać na podstawie praw ciążenia powszechnego, odkrytych przez Newtona; nie powinniśmy jednak taić, że dotychczasowe rozważania nasze nie są w możności dokładnie przedstawić całego zjawiska. Opieraliśmy się przecież wciąż na założeniach prostych i sprzecznych z faktami istotnemi, że powierzchnia naszej ziemi jest jednostajnie pokryta głębokim oceanem i że wody jego bez wszelkiego tarcia i bezwładności przechodzić mogą bezzwłocznie z początkowego do każdego nowego położenia równowagi.

Zarzucimy więc teraz te założenia upraszczające, a opierając się na ciągłych i ścisłych postrzeżeniach, oraz odwołując się do nowych, udoskonalonych teorji, podamy obraz rzeczywistego przebiegu przypływów i odpływów na ziemi.

Na morzu otwartem, zwłaszcza we wschodnich częściach oceanu Spokojnego, gdzie woda na jakich 9 000 metrów głęboka rozpościera się nieprzerwanie między Vancouver a podbiegunowemi ziemiami południowemi na połowie prawie południkowego obwodu ziemi, fala przypływu okazuje najczystszy jeszcze charakter. Przedstawia się tam jako fala nadzwyczaj płaska, mniej więcej na metr wysoka, która długością swoją zajmuje ćwiartkę obwodu ziemi. Wytwarzająca ją siła działa aż do dna morskiego, którego największa głębokość około 9 kilometrów zgoła jest nieznaczna

w stosunku do długości fali, wynoszącej w oceanach otwartych tysiące kilometrów. Przytem cząstki wody posiadają ruch przeważnie kołyszący się w górę i na dół, a daleko mniej posuwają się w kierunku fali; tak np. każda cząstka wody w oceanie na 9000 metrów głębokim, przy fali przypływu na 1 metr wysokiej, przesuwa się poziomo w ciągu ćwierci doby zaledwie o 900 metrów.

Zgoła inaczej układają się te stosunki, gdy fala przypływu na oceanie przybliża się do wybrzeża lądu stałego, gdy przedostaje się na wodę płytszą w zatokach, przy ujściu rzek i t. d. Wtedy ruch poziomy cząstek wody



Przypływ na wybrzeżu skalistem.
Według fotografji Franciszka Goerke.

wzmaga się znacznie, występują bystre prądy, a cały objaw przypływu ulega znacznemu przeobrażeniu, przyczem zmieniają się silnie nietylko wysokości przypływów, ale także chwile wysokiego i nizkiego stanu wody. Odstępstwa te przypływu rzeczywistego od teoretycznego, zależne od rozmaitego ukształtowania wybrzeży, ocenić możemy z następujących przykładów.

Czas portowy, który, jak widzieliśmy, daje różnicę czasów między przejściem księżyca przez południk a chwilą najwyższego stanu wody podczas przypływów wysokich, okazuje następujące opóźnienia w różnych miejscach na wybrzeżu morza Północnego i oceanu Atlantyckiego:

Hamburg . . .	5,1 godzin	Kajenna	3,5 godzin
Cuxhafen . . .	1,1 „	Cherbourg . . .	7,8 „
Bremerhafen . .	1,8 „	Brest	3,7 „
Helgoland . . .	11,0 „	Kadyks	1,2 „
Londyn	2,7 „	Lizbona	4,0 „

Pomimo tak znacznych różnic wzdłuż wybrzeża, w tem samem miejscu pozostaje czas portowy niezmienny, o czem przekonały obserwacje, prowadzone od dziesiątków lat. Na kartach morskich czas portowy zawsze się zaznacza dla potrzeb żeglugi. Podobnież i wysokości przypływu okazują w różnych miejscach uderzające różnice, jak widzimy z następującego zestawienia:

Miejsce	Wysokość przypływu	Miejsce	Wysokość przypływu
Wyspy Hawajskie . . .	0,3 metra	Wyspa Wight	3.8 metra
Tahiti	0,5 „	Southhampton	4,0 „
Wyspy Fidżi	1,3 „	Christchurch	1,5 „
Św. Helena	1,0 „	Brighton	6,0 „
Wyspy Azorskie . . .	2,0 „	Hastings	7,3 „
Bordeaux	4,3 „	Liverpool	8,4 „
Brest	5,8 „	Bristol	9,6 „
Boulogne	7,7 „	Newport	11,6 „
Dieppe	8,2 „	Aberdeen	3,7 „
Jersey	9,6 „	Wyspy Szetlandzkie . .	2,0 „
St. Malo.	11,0 „	Londyn.	6,3 „
Blissingen	4,6 „	Dover.	5,7 „
Ostenda	5,2 „	Calais , ...	5,9 „

Szczególnego wszakże wzmożenia doznają objawy przypływu w tych miejscach, gdzie zbiegają się fale przybywające z dwóch różnych stron, jak w morzu Irlandzkiem (ocean Atlantycki północny i zachodni) albo w cieśninie Magielańskiej (ocean Spokojny i Atlantycki). Powstają tam przypływy ogromnej wysokości, które np. w zatoce Fundy (Anglja) i w zatoce St.-Cruz (cieśnina Magielańska) dosięgają wyniosłości 20 metrów i więcej.

Gdy fale przypływów morskich wstępują do ujść rzecznych lub do wązkich cieśnin, powstają prądy, które podczas przypływu skierowane są ku lądowi, podczas odpływu zaś w stronę morza. Posuwając się w górę rzeki, napotyka fala przypływu dno jej coraz płytsze, łożysko jej coraz węższe, a nadto coraz silniejszy opór wody rzecznej; w takim razie wzmaga się niesłychanie wysokość i siła wdzierającej się fali przypływu, wywołując pieniące się i szumiące bałwany wodne. Przy ujściu Amazonki podczas przypływów wysokich podnoszą się ogromne fale, zwane tam „pororoka“, których prądy uczuwać się dają przeszło na 300 kilometrów w górę rzeki; do wysokości prawie 5 metrów wznosi się potężny wał wodny, jakby mur zalegający całą szerokość rzeki, który z ogłuszającą wrzawą posuwa się naprzód, zmiatając przed sobą wszelkie zawady.

W chińskiej rzece Tsien-Tang podczas nowiu i pełni fala, wzniecona przypływem, sięga aż do Hangczeu, tworząc wał wodny na 9 metrów wysoki, który z szybkością 14 metrów na sekundę przebiega z mocą nieprzepartą, by po kilku godzinach z prądem odpływu zawrócić w stronę morza.

Przy ujściu Elby prąd przypływu wyraźnie dostrzedz się daje aż do 150 kilometrów, a przy ujściu Wezery prawie do 70 kilometrów w górę rzeki; prądy te, podczas przypływu zwrócone w stronę morza, dochodzą szybkości 2 metrów na sekundę i dla żeglugi mają znaczenie jak największe.

Nietylko przy ujściach rzecznych, ale w ogólności w pobliżu lądu między wyspami i w wązkich cieśninach powstają prądy przypływu, potężne i niebezpieczne. Najsłynniejsze prądy tego rodzaju znajdują się na krańcu Ameryki południowej między Patagonją a Ziemią Ognistą, w cieśninie Magielańskiej, przy Lofotach w Norwegji i w cieśninie Mesyńskiej, gdzie w najwęższem miejscu między Kalabrją a Sycylją już w starożytności osławione wiry Scylli i Charybdy zadawały żegludze klęski.

Sądzono dawniej, że fale przypływu powstają jedynie na rozległych wodach oceanu Południowego i Spokojnego, a ztamtąd stopniowo rozpościerają się po innych morzach. Dokładne jednak pomiary stanu wody wykazały, że wszystkie morza, nie wyłączając mniejszych mórz śródlądowych, jak morze Śródziemne i Baltyckie, a nawet jezioro Michigan, największe z jezior Ameryki północnej, posiadają własne swe odpływy i przypływy, polegające na bezpośredniem przyciąganiu księżyca i słońca. W morzu Śródziemnem przypływy na brzegu zachodnim dochodzą wysokości 0,6 metra, na brzegu wschodnim 0,3 metra; w Malcie sięga przypływ na 0,2 metra, w Wenecji na 0,5 metra, a w Trjeście przypływ wysoki wznosi się niekiedy aż do 0,8 metra. Na morzu Baltyckiem odpływ i przypływ jest bardzo słaby, pod Kielem wynosi 7 centymetrów, pod Arkoną 2 centymetry, a pod Kłajpedą (Memlem) przy pomocy wodomiarów bardzo czułych zdołano dostrzedz zmianę poziomów wody zaledwie na 5 milimetrów. Na jeziorze Michigan przypływ najwyższy pod Chicago wynosi 7 centymetrów, a pod Milwaukee 3 centymetry.

Dokładne obserwacje wysokości fal przypływu oraz chwil, w których występują te rytmiczne ruchy wody, prowadzić się dają jedynie w miejscach nadbrzeżnych, zresztą i na wyspach odosobnionych, ale nie na pełnym i głębokim oceanie. Dlatego też poznajemy z doświadczenia jedynie fale przypływu mniej lub więcej zakłócone wpływami lokalnemi, a nie istotny przebieg całego zjawiska. Airy, Ferrel, Thomson, Darwin i Börgen podali wprawdzie bardzo głębokie i starannie opracowane teorje, które wyjaśniają należycie wszelkie szczegóły zjawiska i dozwalają przebieg jego z góry obliczać, ale pomimo to odpływ i przypływ morza pozostaje jednym z najzawilszych objawów przyrody, a wszelkie przyczyny, od których przebieg jego istotny zależy, bardzo trudno uchwycić się dają. Łatwo to pojmiemy, pamiętając, że współdziałają tu nietylko przyczyny kosmiczne i lokalne zakłócenia ziemskie, ale biorą w tem udział nawet zjawiska meteorologiczne,

jak wiatr, ciśnienie powietrza i deszcz. Skutkiem tych wpływów atmosferycznych w niektórych miejscach przypływy słoneczne nietylko znacznie się zmieniają, ale nawet w pewnych okolicznościach ulegają zupełnemu przytłumieniu. Według nowszych pomiarów morza Baltyckie i Czarne posiadają nawet roczne przypływy i odpływy meteorologiczne, których następstwo wiąże się z porą deszczową w lecie lub z topnieniem śniegów na wiosnę, a obszerność powstającego ztąd ruchu wynosi około 10 centymetrów.

Dlatego teorja, która ma na celu przewidywanie i obliczanie z góry odpływów i przypływów, obejmować musi nietylko proste ruchy wody, zależne od przyczyn kosmicznych, ale i złożone przypływy ziemskie. Te ostatnie, jak widzieliśmy, zależą już to od wpływów dna w wodach płytkich, już też od wpływów meteorologicznych, a tworzą wynik ogólny nie przez proste nakładanie się wzajemne fal, ale raczej wywołują fale kombinacyjne w sposób taki, jak fale głosowe w akustyce przez zbieg interwałów harmonicznych i dysharmonicznych wytwarzają tony kombinacyjne. Na podstawie więc takiej „analizy harmonicznej“ oparła się najdokładniejsza i najściślejsza teorja przypływów, rozwinięta przez Thomsona, Darwina i Börgena, która łączy wszystkie perjodyczne ruchy falowe morza, jakie się okazują z linji krzywych wypisanych na wodoskazach, i ztąd wyprowadza wielkości licznych przypływów szczegółowych. Teorja taka, która wciąż odwoływać się musi do zebranych już i bezustannie mnożących się postrzeżeń, a ztąd nie może być uważana za teorję czystą, obejmuje w zakresie swoim dwa jeszcze ważne zagadnienia, wiążące się ściśle z budową i ruchem naszej ziemi.

Dawno już wiedziano, że obrót osiowy ziemi wywiera wpływ na kierunek prądów morskich, a przed dwudziestu przeszło laty poznano, że ruch ten wirowy ziemi sprowadza też odchylenie fal przypływu. Wszystkie na powierzchni ziemi w kierunku poziomym zachodzące ruchy ulegają wskutek jej obrotu odchylaniu, a wielkość tego zboczenia wzrasta od równika ku biegunom; ponieważ obrót ziemi odbywa się od zachodu ku wschodowi, odchylenie następuje na półkuli północnej na prawo, a na półkuli południowej na lewo. Szczególniej wyraźnie ujawnia się siła odchylająca obrotu ziemi w falach przypływu przebiegających przez szerokie i głębokie kanały, gdzie przypływ na jednym brzegu sięgać może wyżej, aniżeli na drugim. W samej rzeczy, w morzu Północnem i w kanale Brytańskim okazują objawy przypływu na obu brzegach różnice, które usuwają wszelką wątpliwość co do działań takiej siły odchylającej, wywoływanej przez obrót ziemi. Zobaczymy następnie, gdy będzie mowa o astronomicznem regulowaniu zegarów, że nawzajem dostrzedz się także daje zdumiewający wpływ przypływów na czas obrotu kuli ziemskiej, na bieg zatem najdokładniejszego naszego czasomierza.

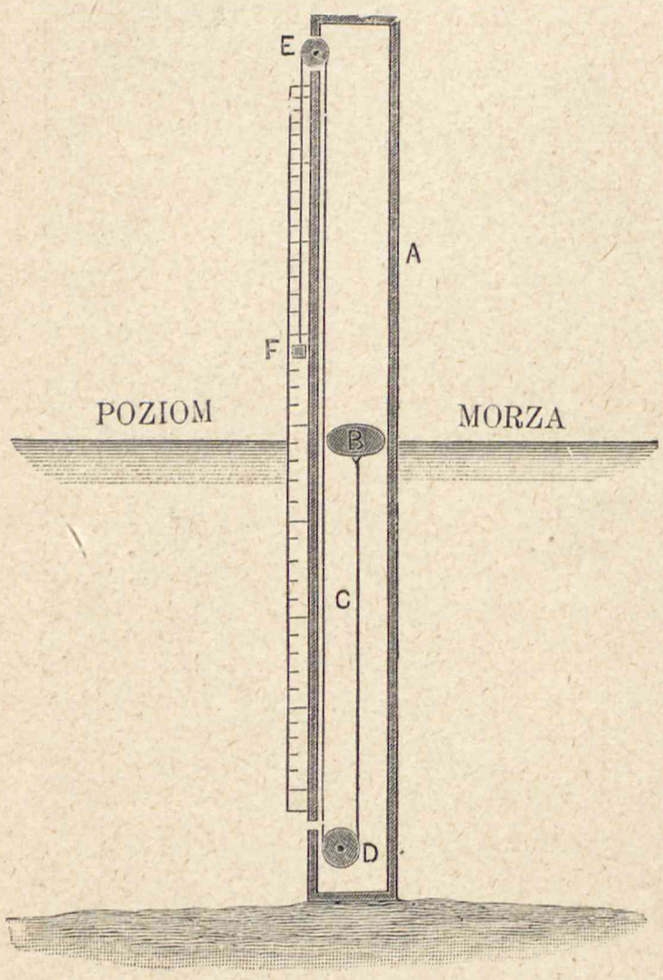
Zagadnienie drugie, które przez dokładniejsze badania przypływów i odpływów na nowo poruszone zostało, tyczy się budowy kuli ziemskiej. Przed dwudziestu jeszcze laty wszystkie teorje przypływów opierały się na



Przypływ gwałtowny na Helgolandzie.

Według rysunku Fryderyka Goerke.

przypuszczeniu, że sama bryła ziemska, a w szczególności jej litosfera, jest doskonale sztywna i pod wpływem przyciągań księżyca i słońca nie ulega żadnemu przekształceniu. Teraz wszakże wiemy, że w przypływach rzeczywistych, obserwacjom naszym dostępnych, ujawniają się jedynie różnice między przekształceniami hydrosfery i litosfery. Zależnie od stopnia sztywności skorupy stałej przypływy istotne zgadzają się lepiej lub gorzej z przypływami, teoretycznie obliczonemi dla oceanów. Gdyby bryła ziemska była doskonale plastyczna i ulegała zupełnie siłom przekształcającym, przypływy morskie byłyby zupełnie niedostrzegalne na wybrzeżach, podobnie jak na pełnem morzu, wtedy bowiem ciekłe i stałe części skorupy ziemskiej wznosiłyby się i opadały równomiernie. Gdyby bryła ziemska była bezwzględnie sztywna, przypływy rzeczywiste zgadzałyby się dokładnie z obliczeniami teoretycznemi. Zestawienie wszakże rezultatów najdokładniejszej dotychczasowej teorji z przypływami księżycowemi, wypisanemi w portach europejskich i azjatyckich, a wolnemi od wpływów meteorologicznych, wykazało, że przypływy zaobserwowane wynoszą mniej więcej dwie trzecie przypływów, obliczonych w przypuszczeniu bezwzględnej sztywności ziemi. Ztąd wypływa, że skorupa ziemska posiadać musi wytrzymałość mniej więcej stali.



Wodoskaz zwyczajny.

Kwestje te zresztą, wiążące się bezpośrednio z teorją odpływów i przypływów, wkraczają już w dziedzinę astronomji i geologji, nam zaś należy tu jeszcze wykazać, w jaki sposób gromadzi się materjał obserwacyjny z notowań zmiennego stanu wody. Pomiary te, prowadzone już od stuleci w miejscach nadbrzeżnych, nietylko dla żeglugi mają znaczenie jak największe, ale, jak już kilkakrotnie przytaczaliśmy, tworzą nawet jedyną i pewną podstawę do poznania i dokładniejszego zbadania praw rządzących przypływami, które zawsze jeszcze nastręczają liczne, nierozwiązane dotąd zagadnienia.

Do pomiarów stanu wody służący, wodoskaz najprostszego urządzenia składa się z pręta mocno osadzonego, opatrzonego podziałką, którego koniec dolny tak nizko pod wodą przypada, że zero podziałki pozostaje nią zakryte przy najniższym nawet odpływie. Aby wysokość wody łatwo można było odczytać, wodoskaz umieszczony być winien blizko brzegu, w miejscu,

dokąd woda morska ma dostęp swobodny nawet przy zupełnym jej spokoju, zgoła bez udziału wiatru. Osiągamy to najdogodniej za pomocą rury, która w głębokości kilku metrów pod poziomem wody przy najniższym jej stanie ma komunikację z morzem; wysokość wody wskazuje unoszący się na jej powierzchni pływak, którego przesuwanie się w górę i na dół odczytać można na podziałce. W tak prosty sposób urządzony wodoskaz przedstawiony jest na rysunku str. 452.

Dawniej, przed stu jeszcze laty, wystarczało oznaczanie wysokości i chwili wysokiego jedynie stanu wody, okręty bowiem przez płytkie wejścia

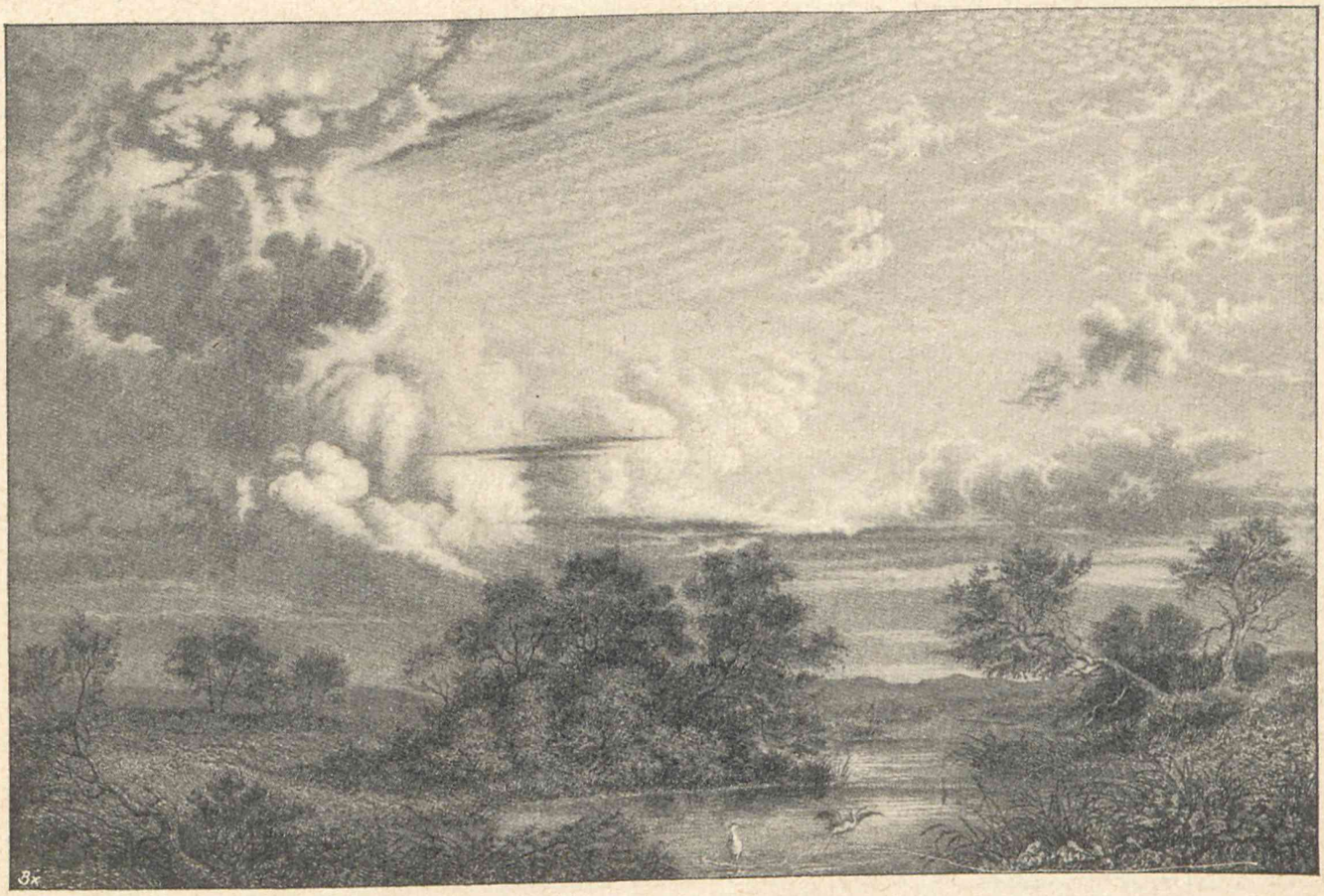


Przypływ na brzegu skalistym.
Według fotografji Franciszka Goerke.

do portów, przez mielizny i inne podobne przeszkody przedostawały się tylko podczas przypływu, przy odpływie zaś zachowywały się bezczynnie. W początku dopiero XIX wieku, gdy rozwinęła się znajomość teoretyczna przypływów, a żegluga silniej się ożywiła, okazała się konieczność notowania także wysokości i chwil nizkiego stanu wody. Potrzebie tej lepiej jeszcze odpowiadają przyrządy, które dozwalają śledzić stan wody w sposób ciągły, w połączeniu bowiem z dokładnym zegarem chwiejność poziomu wody kreślą nieprzerwanie w postaci linji krzywej. Są to wodoskazy automatyczne czyli samopiszące, inaczej mareografami zwane, gdzie ruch pływaka za pośrednictwem odpowiedniego układu drążków przenosi się na pióro, które wypisuje nieprzerwaną linję krzywą na walcu, wprawianym w obrót

przez urządzenie zegarowe. Na wstędze papierowej, otaczającej taki walec, odległości poziome zaznaczają odstępy czasu, gdy linje pionowe wskazują bezpośrednio wysokość wody (ob. rys. str. 439). Pierwszy tego rodzaju przyrząd ustawiono na wybrzeżu Anglji w roku 1831, ale od tego czasu udoskonalono znacznie budowę wodoskazów samopiszących, a dziś na wszystkich wybrzeżach rozmieszczone są liczne mareografy. które kreślonemi przez siebie linjami krzywemi dają materjał do coraz dokładniejszego obliczania następnych przypływów. Jak to łatwo z przytoczonego rysunku poznajemy, na linjach krzywych tak wypisanych ujawniają się bezpośrednio wszelkie szczegóły przypływów rzeczywistych, a jedynie na podstawie jak najobfitszych postrzeżeń, tą drogą zebranych, można dla danego miejsca należycie z góry obliczyć przebieg przypływów. Na drodze czysto teoretycznej, nie opierając się na postrzeżeniach bezustannych, przyszłego przebiegu całego tego zjawiska i dziś jeszcze obliczać niepodobna, tak samo jak przed 170 laty, gdy akademja nauk w Paryżu ogłosiła nagrodę za wskazanie metody „obliczania czasu portowego dla jakiegokolwiek punktu wybrzeża“. Pod tym względem teorja astronomiczna biegu ciał niebieskich o całe tysiącolecie rozwojem swoim wyprzedziła naukę o ruchach wody na planecie naszej. Astronomja przecież, jeżeli niewielu choćby rozporządza postrzeżeniami, umie już ztąd obliczyć drogę ciała niebieskiego i wskazać położenie jego w czasach przeszłych i przyszłych, gdy teorja przypływów od celu takiego bardzo jest jeszcze oddalona. Różnica ta wszakże usprawiedliwić się daje, zagadnienie bowiem przypływów i odpływów, wikłając się ze stosunkami geograficznemi i meteorologicznemi, jest w istocie trudniejsze daleko, aniżeli jakiekolwiek zadanie mechaniki niebios, gdzie wszelkie ruchy w oddaleniu wielkiem ukazują się nam oswobodzone od ubocznych wpływów zakłócających.

Nadejdzie zapewne czas, gdy i ten dział geofizyki, przy szybkim rozwoju nauki i techniki, pochlubić się zdoła powodzeniem podobnem, jakie osiągnęła astronomja. Dziś jednak, chociaż prawie 320 lat już minęło, odkąd genjusz Newtona ujął matematycznie związek przyczynowy między przypływem i odpływem mórz a ruchami słońca i księżyca, znajomość naszą tych objawów przyrody ziemskiej porównać trzeba do pstrych kamyków i połyskujących muszel, znajdowanych na brzegu morskiem, gdy ocean prawdy, prawie niezbadany jeszcze, rozpościera się w dali nieskończonej...



Główne rodzaje chmur. Według H. Masiusa „Naturstudien".

III. Powłoka atmosferyczna ziemi.

Uwaga, przytoczona w zakończeniu rozdziału poprzedniego, daje się też zwrócić do tej gałęzi geofizyki, która się zajmuje objawami, zachodzącemi w atmosferze ziemskiej, a do której przechodzimy teraz, by przedstawić najważniejsze jej rezultaty, tak doniosłego znaczenia dla pomyślności człowieka. I pod innemi zresztą jeszcze względami zachodzi podobieństwo między ruchami i prądami w hydrosferze i w atmosferze naszej planety. Atmosfera tworzy przecież jakby potężny ocean powietrzny, mający całą powierzchnię ziemi za dno, rozleglejszy daleko i głębszy aniżeli ocean wodny, który go tylko przewyższa większą swą gęstością. Gdybyśmy ciężar ogólny atmosfery ziemskiej wyrazić chcieli warstwą wody, pokrywającą całą powierzchnię ziemi, wytworzyłoby się płytkie tylko morze, na jakie 10 metrów zaledwie głębokie, gdy średnia głębokość oceanów naszych przewyższa 3 000 metrów.

Przed 250 laty jezuita Riccioli wypisał jako godło na karcie księżyca, którą opracował: „Tu ani ludzie żyć, ani rośliny wzrastać nie mogą". Zdanie to, którego słuszność i z dzisiejszego stanu nauki jest niezaprzeczona, na tem się opiera, że księżyc nie posiada atmosfery wyraźnej.

Jednakże towarzysz nasz, który przedstawia obraz przyszłości naszej ziemi, w okresie pierwotnego swego stanu otoczony był niewątpliwie gęstą powłoką gazową. Uległa ona wszakże zagładzie powolnej, dlatego najpierw, że według praw ruchu molekularnego lżejsze cząstki gazowe opuszczają atmosferę ciał niebieskich, skoro własne ich prędkości górują nad przyciąganiem tych brył, a powtóre ztąd, że skały na księżycu, krzepnąc zupełnie, pochłonęły gazy cięższe, jak tlen, który gęstością swą szesnaście razy przewyższa wodór.

Jakżeż smutne odsłaniają się ztąd widoki mieszkańcom ziemi! Już teraz gazy najlżejsze, jak wodór i hel (helium), opuściły prawie zupełnie atmosferę ziemską, jakkolwiek przyciąganie przez naszą planetę wywierane znacznie przewyższa przyciąganie księżyca. Gdy wreszcie coraz dalej postępujące krzepnięcie bryły ziemskiej po miljonach lat dojdzie kresu swego, i cięższe także gazy, jak tlen i azot, pochłonięte być mogą przez stygnące masy skalne. W takim razie ostatni człowiek nie zmarznie jako eskimos na równiku, jak dawniej zwykle przypuszczano, ale zginąć musi dla braku tlenu; chociażby bowiem mógł się stopniowo przystosowywać do coraz słabszego oddychania tlenem, to przecież i przystosowanie takie napotyka swe granice. Porzućmy jednak ponure te roztrząsania przyszłości, teraz bowiem i długo jeszcze cięższe gazy, tlen i azot, należeć będą do atmosfery ziemskiej; radować się dziś możemy gęstą naszą powłoką powietrzną, z którą wszelkie życie organiczne nierozdzielnie jest związane. Zasadnicze znaczenie atmosfery dla człowieka da się w tem streścić, że wszystkie organizmy nietylko w powietrzu, ale prawie wyłącznie żyją powietrzem. Zwierzęta wdychają tlen, a wydychają kwas węglany; rośliny wydzielają tlen, przyjmują zaś kwas węglany i spalają go wraz z azotem na utworzenie swej substancji organicznej, którą żywi się zwierzę, a po śmierci organizmów, przez zbutwienie ich substancji, wytwarza się znów kwas węglany,—jest to więc obieg zamknięty. Całkowite spotrzebowanie tlenu w przyrodzie oceniać można na 1 300 kilometrów sześciennych tego gazu rocznie. Wydaje się to ilością nader wielką, a jednak po 1 000 lat dopiero czyni jedną odsetkę objętości atmosfery, jeżeli nie bierzemy pod uwagę wyrównania sprowadzanego przez organizmy roślinne.

W dawniejszych już czasach zajmowali się ludzie własnościami tak dla ich bytu niezbędnego powietrza atmosferycznego, ale od pierwszego meteorologa czasów starożytnych, od Arystotelesa począwszy, aż do XVI wieku, przez 2 000 lat zatem z górą, poprzestawano na spisywaniu w sposób najprostszy objawów i zmian zachodzących w atmosferze. Pierwsze ważniejsze postępy w znajomości naszej powłoki powietrznej pochodzą z XVI wieku, gdy odkrycia geograficzne Hiszpanów i Portugalczyków zwróciły uwagę na klimat i stan pogody, a Guericke i Toricelli położyli podstawy aerostatyki. Za pierwszych meteorologów naukowych uważać można Bakona Werulamskiego i Galileusza. Dzieło Bakona „Historja naturalna wiatrów“, które Humboldta zwróciło do metorologji, zawiera pierwszy zarodek ważnego

prawa obrotu wiatrów, z którego w 200 przeszło lat później Dove uczynił podstawę meteorologji. Galileusz uzasadnił fizyczno-matematyczną teorję ciśnienia powietrza, nadto uważany być może za wynalazcę termometru, gdy uczeń jego, Toricelli, obdarzył naukę barometrem; meteorologja więc zyskała dwa swe najważniejsze przyrządy obserwacyjne. Już w XVII wieku zaczęto w różnych krajach prowadzić gorliwe postrzeżenia meteorologiczne, we Włoszech pod wpływem akademji florenckiej, w Francji z podniety założonej w 1666 r. akademji nauk, a później w Niemczech, gdzie szczególniej zajęło się niemi towarzystwo meteorologiczne w Mannheim, zawiązane przez



Chmury kłębiaste na niebie wieczornem.
Według fotografji K. Graffa w Berlinie.

elektora Karola Teodora w 1780 r.*). Pod wpływem dzieł i zachęty Aleksandra Humboldta w początkach XIX wieku rozpowszechniły się obserwacje meteorologiczne stopniowo po całej Europie, na rozległym zaś obszarze Stanów Zjednoczonych Ameryki północnej rozwinęła się prawdziwie olbrzymia służba meteorologiczna pod kierunkiem znakomitego marynarza i fizyka, Maurego.

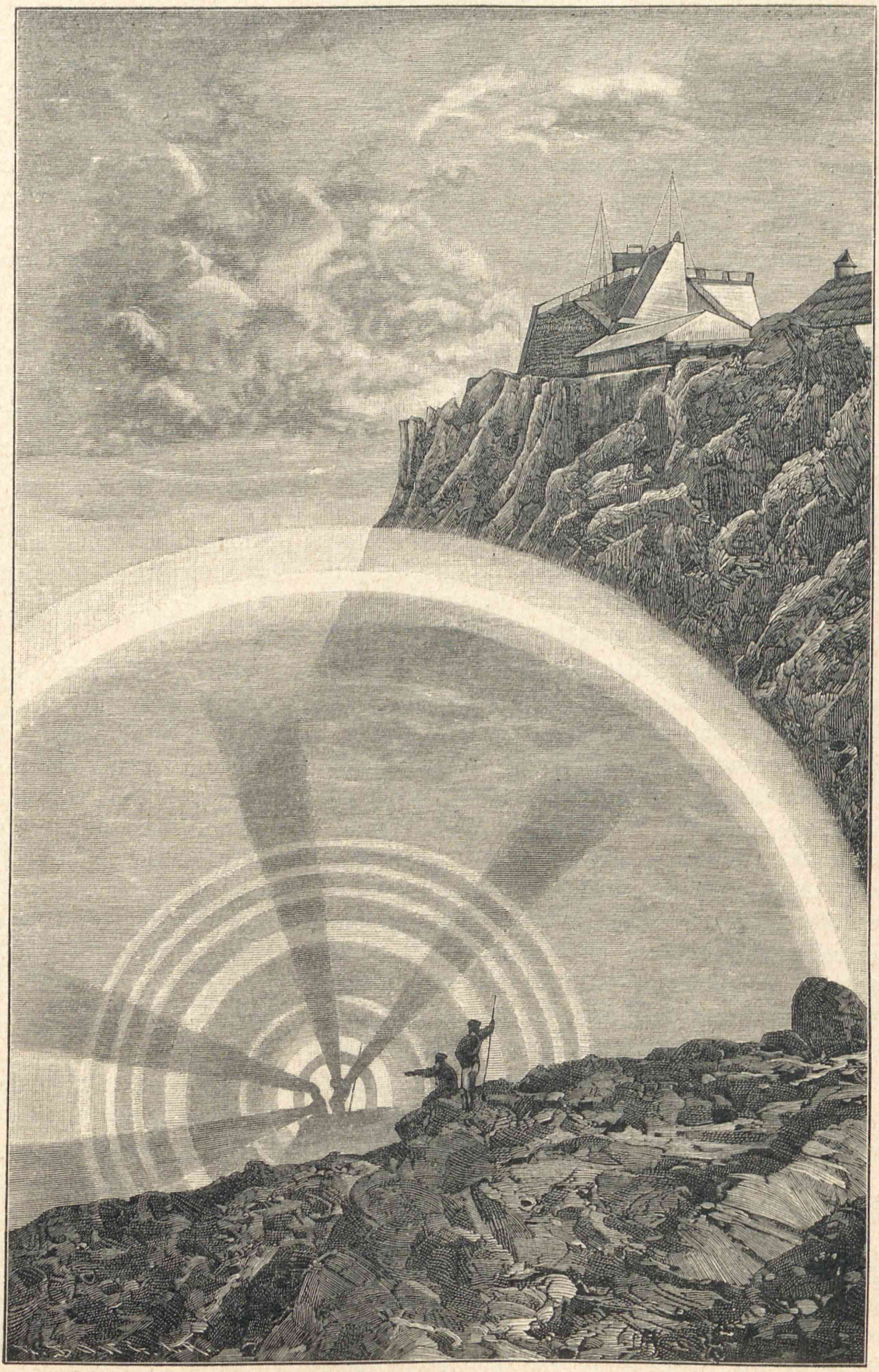
*) Z tegoż mniej więcej czasu pochodzą pierwsze systematyczne postrzeżenia meteorologiczne w Polsce; w Warszawie prowadził je od 1779 roku ksiądz Jowin Fryderyk Bystrzycki, astronom króla Stanisława Augusta.

Przyp. tłom.

Tą drogą już w pierwszej połowie XIX stulecia nagromadził się niesłychanie obfity zasób postrzeżeń, zebrany na szerokiej przestrzeni ziemi. Liczby wszakże same nie przedstawiłyby wartości, gdyby znaczenia ich nie rozumiano, taką zaś znajomość, oprócz Humboldta, Bucha, Berghausa i Maurego, posunęli głównie Kämtz, Dove, Mohn, Bezold, Hann, Spring, Hellmann i van Bebber. Ztąd w ostatnich dopiero dziesięcioleciach rozwinęła się meteorologja jako nauka samodzielna, jeden z najmłodszych działów ścisłej wiedzy przyrodniczej. Gdy następnie przy pomocy połączeń telegraficznych korzystać zaczęto z jednoczesnych w wielu miejscach ziemi postrzeżeń, tyczących się ciśnienia atmosferycznego, temperatury, kierunku i siły wiatru, mogła też uczynić szybkie postępy dla życia praktycznego najważniejsza gałąź meteorologji, prognoza czyli przewidywanie pogody. Pomimo to i teraz daleko nam jeszcze do znajomości wszystkich przyczyn, które rządzą tak zmiennym i tak napozór dowolnym przebiegiem stanu pogody. Postępy jednak meteorologji w ciągu ostatnich lat pięćdziesięciu budzą nadzieję, że i młoda ta nauka zdobędzie w przyszłości prawa, które dozwolą jej wyjaśnić wszelkie zakłócenia, jakie zachodzą w prawidłowym przebiegu objawów atmosferycznych, i z pewnym przynajmniej stopniem dokładności z góry je obliczać.

Meteorologja obejmuje naukę o atmosferze naszej ziemi z jej wszystkiemi zjawiskami i siłami, oraz z jej stosunkami do innych działów wiedzy przyrodniczej. Zanim więc przystąpimy do właściwej tej „atmosferologji“, należy nam przedewszystkiem rozważyć postać, wysokość i skład naszej powłoki powietrznej, oraz najważniejsze jej własności fizyczne.

Postać ziemi określić można w ogólności jako elipsojdę obrotową, która powstaje przez obrót elipsy dokoła jej osi mniejszej. Podobną też postać posiadać musi i atmosfera, otaczająca stałe i ciekłe części bryły ziemskiej, ograniczona od dołu skorupą ziemską a w górze przestrzenią światową, zajętą „eterem“, czyli środowiskiem subtelnem, lekkiem i nader sprężystem, które drganiami swemi przenosi fale światła, ciepła i elektryczności, a rozpościera się także między cząsteczkami ciał. Oprócz tego cała przestrzeń naszego układu słonecznego zapełniona jest gazami niesłychanie rozrzedzonemi, które pochodzą z wytworów ulatniania się słońca i innych ciał niebieskich. Według tego zatem powietrze atmosferyczne nie jest od przestrzeni międzyplanetarnej odgraniczone stanowczo, ale przechodzi w nią stopniowo i niewyraźnie, teoretycznie jednak pojmować można górną granicę atmosfery. W pewnej oznaczonej odległości od środka ziemi musi już zachodzić równowaga między przyciąganiem a siłą odśrodkową; cząstki powietrza po naszej stronie przypadające należą jeszcze do ziemi, znajdujące się poza tym kresem odrzucane być muszą w przestrzeń światową. Z rachunku opartego na tej zasadzie wypływa, że wysokość atmosfery przechodzi nieco długość pięciu promieni ziemskich, czyli wynosi około 30 000 kilometrów; jest to wszakże wynik niewątpliwie zbyt wielki, już bowiem w wysokości 100



Koła wielkie, obserwowane 17 lipca 1882 r. na szczycie Pic du Midi.

Według K. Flammariona „L'atmosphère".

kilometrów ciśnienie atmosfery obniża się do $^1/_{1000}$ milimetra, a w wysokości 300 kilometrów przypada już daleko poza granicami naszej wyobraźni *).

Jeżeli natomiast zbierzemy pomiary praktyczne, któremi starano się oznaczyć wysokość powietrza, to powiedzieć można, że właściwe sobie działania optyczne i mechaniczne wywierać może atmosfera w wysokości co najwyżej 250 kilometrów czyli $^1/_{25}$ promienia ziemskiego. Zobaczmy więc, na czem opierają się mniej lub więcej dokładne wyobrażenia nasze o wysokości atmosfery. Najdawniejsze spostrzeżenia tego rodzaju, pochodzące z XII wieku, tyczą się trwania i przebiegu objawów zorzy, które pozostają w bezpośrednim związku z wysokością atmosfery. Najdokładniejsze pomiary zorzy wykazały wysokość atmosfery około 70 kilometrów. W ostatnich czasach, przed piętnastu mniej więcej laty, do rozszerzenia wiadomości naszych o górnych warstwach atmosfery posłużyły „obłoki świecące“, osobliwe utwory, złożone z cząstek gazu i popiołu, które wyrzucone zostały przez gwałtowne wybuchy wulkanu Krakatau i zagęściły się w górnych warstwach atmosfery. Przez dwa prawie lata po tym wybuchu obłoki te jaśniały po zachodzie i przed wschodem słońca w większych szerokościach geograficznych obu półkul. Z trzech zdjęć fotograficznych, otrzymanych jednocześnie w trzech stanowiskach znacznie od siebie oddalonych, obliczono bardzo dokładnie wysokość tych obłoków jaśniejących na 82 kilometry.

I jednoczesne w różnych miejscach obserwacje gwiazd spadających doprowadziły również do pewnych wniosków w tym przedmiocie. Owe najdrobniejsze bryłki niebieskie, wdzierając się z ogromną prędkością do atmosfery ziemskiej, jak wiadomo, rozpalają się w powietrzu skutkiem tarcia. Ze wszystkich dotąd przeprowadzonych pomiarów wyniesień, w jakich ukazują się meteory, wypływa, że wysokość warstw atmosfery, wywierających jeszcze tarcie wyraźne, przenosi nieco 200 kilometrów. Do podobnych, a może i do znaczniejszych jeszcze, wysokości naszej atmosfery sięgają zorze biegunowe. Według pomiarów najnowszych, przeprowadzonych w międzynarodowych stacjach podbiegunowych, zorze biegunowe występują najczęściej w wysokości 1 — 70 kilometrów, niekiedy jednak w szerokościach arktycznych, a częściej jeszcze w szerokościach pośrednich zjawiska zórz północnych sięgają do 250 kilometrów nad powierzchnią ziemi.

O wiele dokładniej, aniżeli wysokość, znamy skład powietrza atmosferycznego, które nie jest związkiem chemicznym, ale mieszaniną azotu, tlenu, argonu, kwasu węglanego, ozonu, amoniaku, siarkowodoru, wodoru i pary

*) Aby ocenić rozrzedzenie powietrza w miarę wzrostu wysokości, pamiętać należy, że siła ciśnienia atmosferycznego, która na powierzchni ziemi dorównywa ciśnieniu słupa rtęci o wysokości 760 milimetrów, czyni w wysokości 10 kilometrów 217 milimetrów, w wysokości 20 kilometrów 51, w wysokości 30 kilometrów 9 milimetrów, w wysokości 40 kilometrów 1 milimetr, a w wysokości 50 kilometrów już tylko 0,1 milimetra. Istotne objawy atmosferyczne, od których zależy pogoda i klimat, mają tedy siedlisko swoje poniżej 30 kilometrów.

wodnej. Z wyjątkiem pary wodnej są inne części składowe powietrza gazami trwałemi, które przy występujących w naturze warunkach temperatury i ciśnienia zachowują stan swój lotny. W ostatnich dopiero czasach zdołano drogą sztuczną skroplić wszystkie gazy, a po części nawet przeprowadzić w stan stały, azot przy — 194°C, tlen — przy 182°C, argon przy — 180°C, kwas węglany przy — 80°C, wodór przy — 240°C. Natomiast para wodna, występująca w ilościach nader zmiennych w atmosferze, nie utrzymuje się w stanie lotnym przy wszelkich warunkach temperatury i ciśnienia, ale stosownie do okoliczności panujących staje się ciekłą lub stałą, zkąd z gazu tego powstają wszelkie opady atmosferyczne. Inne gazy trwałe, które zawsze istnieją w powietrzu w stosunku bardzo statecznym, poza ich znaczeniem chemicznem i biologicznem przy właściwych objawach meteorologicznych, nie odgrywają niemal żadnej roli. Skład suchego powietrza atmosferycznego w warunkach normalnych przedstawia aż do 6 000 metrów wysokości według dochodzeń najnowszych, następne odsetki gazów głównych na objętość: azotu 78,04, tlenu 20,99, argonu 0,94, kwasu węglanego 0,03. Skład taki powietrza utrzymuje się niewątpliwie aż do wysokości bardzo znacznych, co stwierdzono przez badanie prób powietrza, otrzymanych przy wysokich wzlotach balonowych (prawie do 11 000 metrów). W wysokości dopiero 20 kilometrów skład powietrza zmienia się zapewne bardziej lub mniej znacznie odpowiednio do rozmaitej gęstości gazów oddzielnych. Jeżeli gęstość wodoru przyjmiemy za jedność, to gęstość pary wodnej wynosi 9, azotu 14, tlenu 16, argonu 20, a kwasu węglanego 22. W wysokościach przeto bardzo znacznych zmniejsza się zawartość w powietrzu tlenu, argonu i kwasu węglanego, gdy zawartość azotu wzrasta. W wysokościach najwyższych, do których zdołali dotąd dotrzeć aeronauci, sięgających prawie na 11 kilometrów, zawartość tlenu w powietrzu zmniejsza się zaledwie nieznacznie. Tlen sztuczny do oddychania zabierają żeglarze powietrzni jedynie do podniecenia oddychania, obniżającego się wskutek osłabionej działalności serca.

Ilość kwasu węglanego w powietrzu zmienia się zależnie od warunków lokalnych. Tak np. w nocy zawiera powietrze prawie o $^1/_3$ więcej kwasu węglanego aniżeli za dnia, widocznie wskutek procesu oddychania roślin, rośliny bowiem pod wpływem promieni słonecznych przyjmują kwas węglany, a w nocy znów go wyziewają. W drobnych ilościach znajduje się w powietrzu amoniak i siarkowodór, zwłaszcza w pobliżu butwiejących ciał organicznych. Swobodnego wodoru zawiera powietrze średnio 0,015 odsetki na objętość, w ilościach większych jedynie w sąsiedztwie gór wybuchających ogniem.

Oprócz wymienionych tu gazów i pary wodnej znajdują się jeszcze w powietrzu cząstki pyłu, gromadzące się z piasku i popiołów, z wytworów palenia, z najdrobniejszych istot żyjących i z pyłków kosmicznych, powstających z ulatniania się meteorów. Zamącenie powietrza spowodowane najdrobniejszemi temi cząstkami słabnie w ogólności wraz z wysokością, w skupio-

nych zaś ogniskach zaludnienia szybko wzrasta; w meteorologji pył atmosferyczny odgrywa ważną rolę, przyśpiesza bowiem skraplanie pary wodnej, a nie jest też bez znaczenia i w klimatologji specjalnej, jak np. przy rozpościeraniu się chorób zaraźliwych. Dokładne dochodzenie liczby pyłków atmosferycznych w różnych próbach powietrza doprowadziło do wyników zdumiewających. Tak np. w centymetrze sześciennym powietrza w małem miasteczku po deszczu znalazło się 32 000, podczas suszy zaś 130 000 pyłków; gdy powietrze izby oświetlonej dwoma płomieniami gazowemi zawierało w połowie wysokości dwa miljony, a u pułapu nawet pięć miljonów pyłków na centymetr sześcienny. Powietrze w wielkich miastach zawiera bardzo często ćwierć do półmiljona cząstek pyłu na centymetr sześcienny, gdy na wysokich górach lub nad oceanem zawartość pyłu w powietrzu jest nader słaba, niekiedy tylko 400 pyłków i mniej na centymetr sześcienny.

Skoro poznaliśmy już znaczenie, postać, wysokość i skład powietrza, zająć się teraz możemy opisem najważniejszych jego własności optycznych, elektrycznych i akustycznych.

Światło, przedzierające się do oka naszego od ciał niebieskich i od wszystkich odległych przedmiotów ziemskich, ulega w przejściu przez warstwy powietrza atmosferycznego różnym zakłóceniom i zboczeniom. Gdy z miejsca zupełnie otwartego przypatrujemy się sklepieniu niebieskiemu, to nie ukazuje się nam jako półkula, ale średnica jego pozioma przedstawia się znacznie większa aniżeli pionowa. Jest to następstwo tak zwanej perspektywy powietrznej, która sprowadza znane, ale zawsze nanowo uderzające zjawisko, że słońce i księżyc przy wschodzie i zachodzie wydają się nam znacznie większe, aniżeli gdy są wysoko na niebie wzniesione. Ta perspektywa powietrzna ztąd pochodzi, że atmosfera w ograniczonej tylko mierze jest przezroczysta, pochłania bowiem część promieni światła, zwłaszcza wskutek zawartości swej pary wodnej i kwasu węglanego, część ich inną odbija i rozprasza; nadto zaś ciała obce, jak pył, dym i mgła, rozproszone przeważnie w dolnych warstwach atmosfery, osłabiają znacznie przezroczystość, jaka przypada czystemu powietrzu. Ubytek przezroczystości zależny od tej drugiej przyczyny nazywamy zamąceniem mechanicznem, gdy przyczyna pierwsza powoduje zamącenie optyczne. Wskutek odbijania się promieni światła w obrębie atmosfery powstaje rozproszone światło dzienne; w braku oświetlenia takiego widzielibyśmy jedynie przedmioty, na które promienie słoneczne padają bezpośrednio, wszystkie zaś inne rzeczy, podobnie jak i tło nieba, wydawałyby się czarne.

Sklepienie wszakże niebios nietylko błyszczy jasnem oświetleniem, ale i rozmaitem zabarwieniem; przy pogodnem powietrzu za dnia pokrywa się błękitem różnego natężenia, przy wschodzie zaś i zachodzie słońca pięknemi odcieniami zorzy porannej i wieczornej czyli świtu i zmierzchu. Dawniej dla wytłomaczenia błękitu niebios przyjmowano, że najdrobniejsze, w powietrzu bujające, cząstki i obce ciała mają własność najsilniejszego odbijania i rozpraszania niebieskiego światła. Teraz wiemy z doświadczeń,



Chmury faliste (alto-cumulus).
Według fotografji instytutu meteorologicznego w Berlinie.

że powietrze, samo przez się bezbarwne, wytwarzać może i barwę niebieską wskutek rozpraszania światła przez własne swe cząstki. W ogólności wszystkie odcienie barwne atmosfery dają się tłomaczyć w sposób prosty tem, że zależnie od różnych stanów powietrza cząstki jego posiadają zmienną zdolność rozpraszania, odbijania i przepuszczania promieni światła różnej długości fal czyli różnych barw. Jak wiadomo, zwykłe czyli białe światło słoneczne rozszczepić się daje na widmo złożone ze smug barwnych — czerwonej, pomarańczowej, żółtej, zielonej, niebieskiej, błękitnej (ciemno-niebieskiej) i fjoletowej; w szeregu tym czerwień tworzą promienie o największej, fjolet zaś promienie o najmniejszej długości fali. Przy powietrzu czystem i pogodnem cząsteczki jego, jak już przytoczyliśmy, rozpraszają i odbijają głównie promienie światła o falach krótszych, promienie zaś światła o falach dłuższych ulegają w nich przeważnie pochłanianiu; tem więc tłomaczy się błękitna barwa nieba, która przybiera natężenie coraz silniejsze w miarę coraz znaczniejszego wzniesienia nad poziom morza, oraz w miarę suszy powietrza. Na górach bardzo wysokich, a silniej jeszcze przy wzlotach balonowych na wysokie obszary atmosfery, niebo przy pogodzie wydaje się prawie czarno-błękitne, błękitna bowiem barwa powietrza rzuca się na czarne tło przestrzeni światowej. Gdy zaś powietrze zawiera dużo pary wodnej w postaci skroplonej albo też liczne cząstki pyłu, barwa nieba przy

wyższem położeniu słońca staje się białawą i mętną. Przy nizkiem położeniu słońca promienie jego przebiegają przez warstwy powietrza obficie zapełnione parą wodną i cząstkami pyłu, które przepuszczają głównie i rozpraszają promienie o falach długich, zatrzymują zaś promienie o falach krótszych, czem się tłomaczą wspaniałe barwy jutrzenki i zmierzchu, któremi rozpoczynają się lub kończą objawy zorzy.

Gdyby dokoła planety naszej nie rozpościerała się powłoka atmosferyczna, przejście od dnia do nocy i nawzajem od pomroki nocnej do jasności dziennej następowałoby na całej ziemi nagle. Nadto i wtedy, gdy słońce znajduje się pod poziomem, promienie jego odbijają się przez czas pewien od górnych warstw atmosfery, a ztąd dobiegają do miejsc takich, gdzie słońce bezpośrednio jeszcze lub już nie jest widzialne. Objawy te zorzy zależą pod względem swego trwania od szerokości geograficznej danego miejsca i od pory roku, gdy natężenie ich zmienia się z każdochwilowym stanem meteorologicznym atmosfery, ze stopniem zachmurzenia, wilgotności, obfitości pyłu i t. p. Ztąd w strefach zwrotnikowych, gdzie słońce wschodzi i zachodzi prostopadle niemal do poziomu, zorza trwa najkrócej; natomiast w okolicach biegunowych, gdzie pozorna droga dzienna słońca pod bardzo małym kątem pochylona jest względem poziomu, zorza ciągnie się najdłużej. W czerwcu, gdy na półkuli północnej przypadają najdłuższe zorze letnie, w szerokościach przechodzących 51°, noce stawać się mogą tak jasne i krótkie, że z końcem zmierzchu łączy się bezpośrednio początek świtu. Słońce wtedy, przy największem swem zboczeniu północnem, schodzi niewiele tylko pod poziom, a długość dnia wzmaga się jeszcze w znacznej mierze od blasku zorzy, noce więc biegunowe stają się bardzo krótkie. Już pod $60^1/_2{}^0$ szerokości północnej, a więc naprzykład w mieście Bergen, położonem na zachodnim brzegu Norwegji, niema istotnej nocy od 25 kwietnia do 17 sierpnia, a w Hammerfest, w mieście najbardziej północnem na ziemi, pod 70,7 stopniem szerokości północnej, stan podobny ciągnie się od 28 marca do 14 września. Od połowy maja aż do końca lipca słońce w Hammerfest zgoła nie zachodzi, a na biegunie samym półroczna noc tameczna skutkiem blasku zorzy trwa w całej swej pełni zaledwie przez 13 tygodni. Tyczy się to, rzecz jasna, północnych zarówno jak i południowych szerokości geograficznych na ziemi.

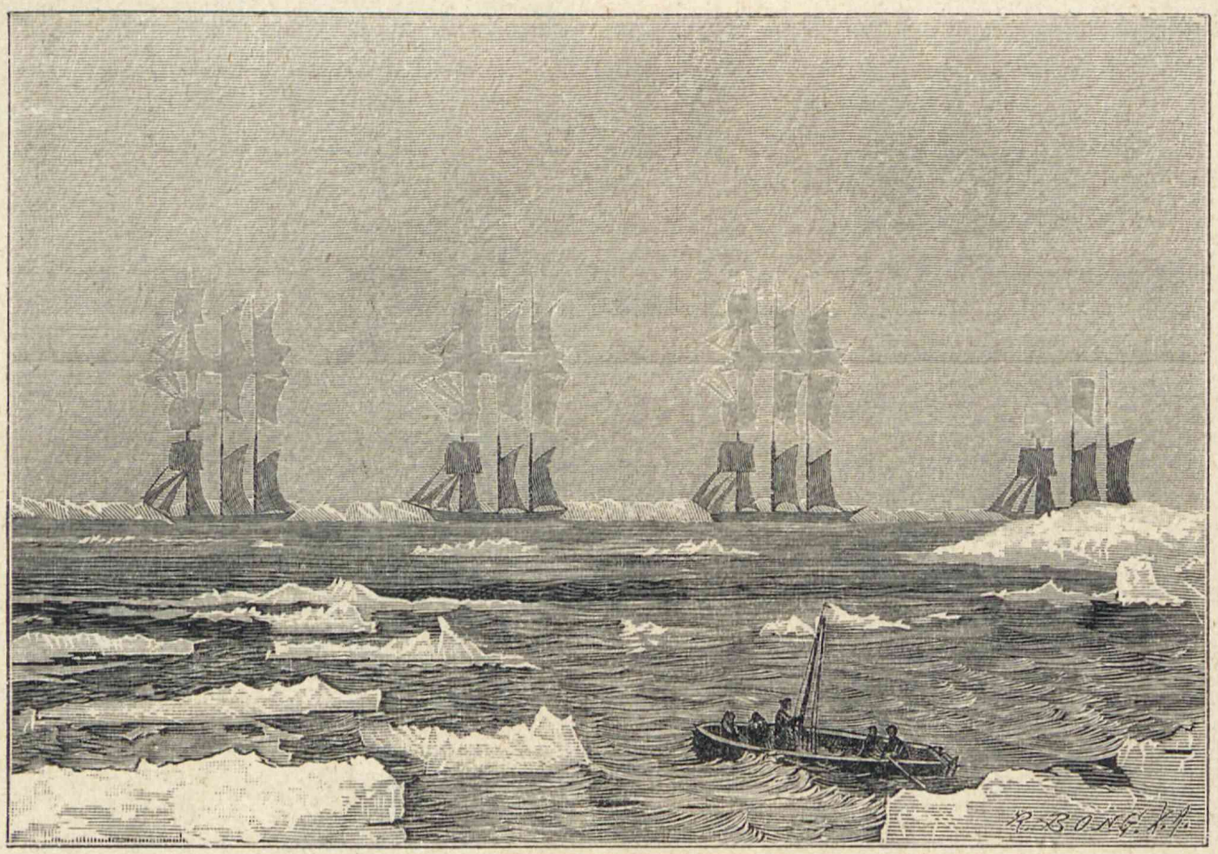
Światło ciała niebieskiego, zanim do oka naszego dobiegnie, przedzierać się musi przez warstwy powietrza, które są gęstsze od gazów zajmujących przestrzeń światową, a nadto stają się coraz gęstsze w miarę zbliżania do powierzchni ziemi. Przy takiem przechodzeniu promieni światła ze środowisk rzadszych do gęstszych załamują się te promienie, zkąd gwiazdy ukazują się napozór wyżej nad poziom wzniesione, aniżeli są rzeczywiście. Promienie przybywające od zenitu padają prostopadle i załamanie ich schodzi do zera, najsilniejsze zaś jest przy samym poziomie, a znajdujące się tam gwiazdy ukazują się wzniesione przeszło o pół stopnia. Ponieważ pozorna średnica słońca właśnie nieco nad pół stopnia czyni, wzniesienie przeto



Miraż w pustyni Afrykańskiej.

Według akwareli F. Perlberga

tej gwiazdy nad poziom, wywołane załamaniem promieni, sprawia przedłużenie dnia, które pod 50° szerokości geograficznej wynosi 4 minuty, gdy w strefie biegunowej słońce, rzeczywiście znajdujące się pod poziomem, widzialne jest przez całe nawet dnie i tygodnie nad widnokręgiem. Wielkość tego załamania czyli refrakcji astronomicznej, na którą baczną należy zwracać uwagę przy wszelkich obserwacjach ciał niebieskich, zależy zresztą nietylko od wysokości gwiazdy nad poziomem, ale także od ciśnienia i od temperatury powietrza, oba te bowiem czynniki według praw fizycznych wpływają na zmianę gęstości warstw powietrza załamujących światło.



Mamidło na morzu.
Według K. Flammariona „L'atmosphère".

Oprócz opowiedzianej tu krótko refrakcji astronomicznej istnieje jeszcze i refrakcja ziemska, zasadzająca się na załamaniu promieni przedmiotów ziemskich przez otaczające warstwy powietrza. Załamanie to ulega tymże prawom, co i refrakcja astronomiczna, a mąci ścisłość postrzeżeń zwłaszcza przy pomiarach ziemi i przy zdejmowaniu kart geograficznych.

Nienormalne załamywanie promieni światła sprowadza nadto znane zjawisko astronomiczno-meteorologiczne, tak zwane iskrzenie gwiazd, często już dla oka nieuzbrojonego widoczne, które podczas nocy zimowych zwłaszcza uroczym połyskiem ożywia wspaniały spokój nieba gwiaździstego. Takie właśnie noce, które postrzegaczowi zwykłemu szczególniej piękne się wydają, gdy migocące gwiazdy przedstawiają się nie jako punkty świecące, ale jak kółka rozpromienione, są dla astronomów niekorzystne. Obrazy mianowicie w lunetach astronomicznych zamącone są bardzo silnie tem



Tęcza księżycowa.

Według K. Flammariona „L'atmosphère".

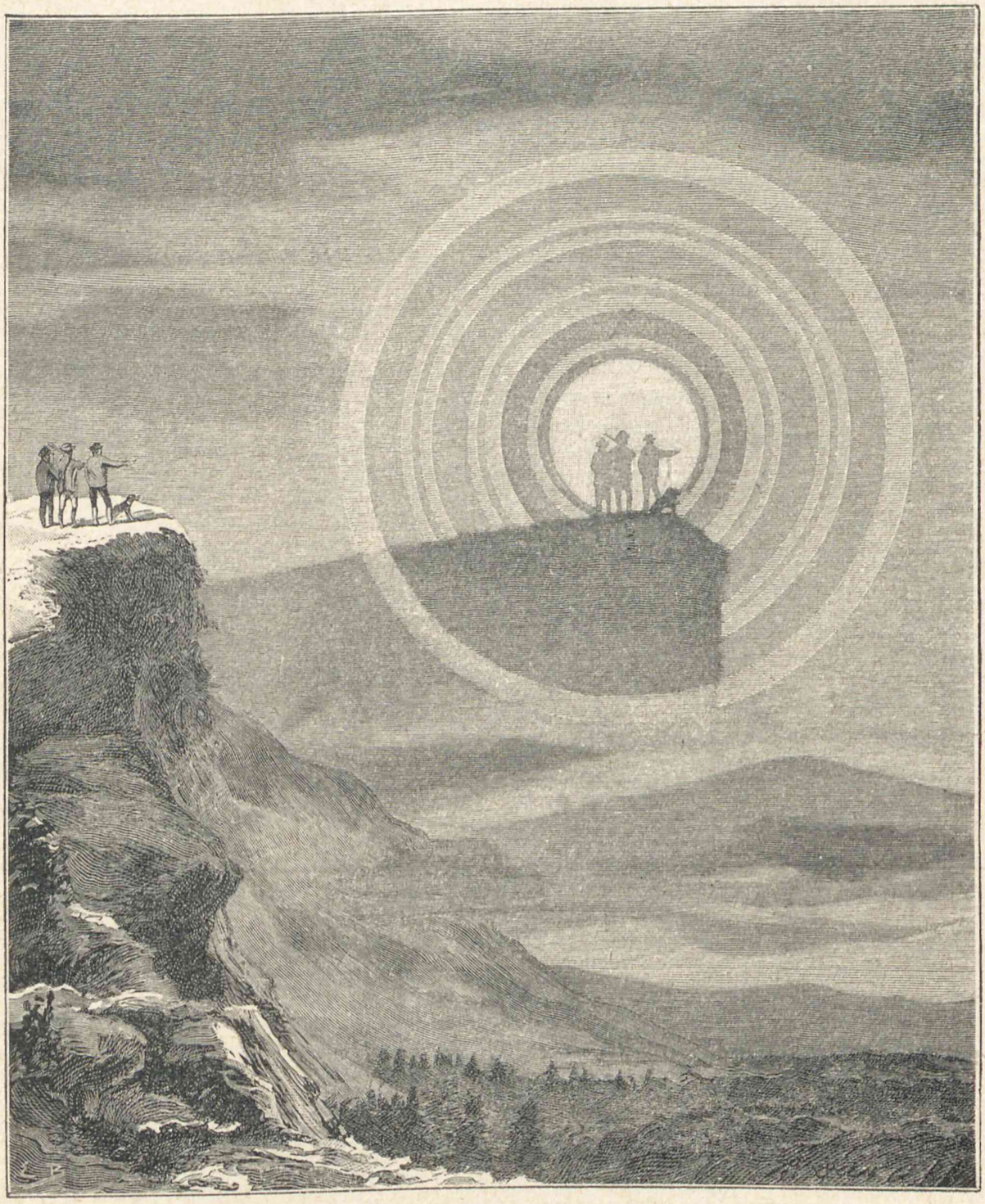
iskrzeniem gwiazd, co przeszkadza ścisłości postrzeżeń i niweczy ją zupełnie. W warunkach normalnych obrazy gwiazd w lunetach występują jako punkty spokojne i wyraźne, podczas iskrzenia zaś punkty te drgają i rozlewają się, a objawy takie silnie zwłaszcza wybijają się, gdy w warstwach powietrza zachodzą nagłe zmiany meteorologiczne; ztąd to oddawna już astronomowie korzystali z nich nieraz do przepowiadania stanu pogody, widząc w tem zapowiedź deszczu. I inna jeszcze kategorja ciekawych i uderzających zjawisk optycznych powstaje skutkiem nienormalnego załamywania i odbijania promieni światła w warstwach powietrza rozmaitej gęstości, rozpościerających się nad powierzchnią ziemi, — są to tak zwane miraże czyli



Koło małe otaczające księżyc.
Według K. Flammariona „L'atmosphère".

mamidła (fata morgana). Tak na morzu horyzont wydaje się czasami znacznie podniesiony, a przedmioty odległe, okręty lub skały nadbrzeżne, w warunkach zwykłych ukryte pod poziomem, stają się widzialne przez załamanie promieni, skutkiem zaś ich odbicia ukazują się zawieszone w powietrzu w położeniu odwróconem. Niekiedy nawet ponad okrętem dalekim unoszą się w powietrzu obrazy dwóch statków, z których jeden ma położenie właściwe, drugi jest odwrócony (str. 466). Objawy podobnie nienormalnego załamywania i odbijania obserwowano także przy wzlotach balonowych, zwłaszcza w pobliżu brzegów morskich. Zdarza się w takich razach, że ponad przegrodą chmur rozkłada się rozległa powłoka zielonawa, dająca

obraz odbity morza, po którem płyną okręty zwrócone masztami ku dołowi, a pudłem ku górze. Zdumiony obserwator widzi morze istotne, rozpościerające się daleko pod jego stopami, w górze zaś ponad całem otoczeniem odblask czarodziejski tego zbiorowiska wody, tworzący jakby morze rozlane po niebie.



Cień rzucony na tło mgły, obserwowany w Andaluzji 4 kwietnia 1883.
Według K. Flammariona „L'atmosphère".

Na piasczystych równinach pustyni, rozpalonych przez słońce, nieprawidłowy przebieg promieni w dolnych warstwach powietrza sprowadza obrazy zwodnicze, jakby wodą otoczone, które są tylko odbiciem przedmiotów dalekich, a za zbliżeniem się do nich rozwiewają się bez śladu. Tak w końcu XVIII wieku żołnierze Napoleona podczas wyprawy egipskiej często

byli okrutnie łudzeni takim mirażem: po uciążliwych pochodach szukali ochłody w poblizkiej napozór wodzie, a gdy tam dobiegali, znajdowali tylko gorący piasek pustynny. Znakomity matematyk i fizyk Monge, który towarzyszył armji francuzkiej, już wtedy podał należyte wyjaśnienie tego zjawiska. Miraż taki ukazuje się, gdy wskutek nader silnego rozgrzania warstw powietrza przez zetknięcie z rozpalonym gruntem gęstość ich nie wzrasta ku dołowi, jak w warunkach zwykłych, ale coraz słabnie; ztąd promienie światła dobiegające od dalekich przedmiotów ulegają załamaniu ku górze, a nadto błękit niebios odbija się w gorących warstwach powietrza, dając ułudny obraz powierzchni wodnej.

Skutkiem odbijania, załamywania i uginania promieni słońca i księżyca przez unoszące się w powietrzu najdrobniejsze kropelki wody i najmniejsze kryształy lodowe powstają także wspaniale ubarwione tęcze, oraz koła otaczające słońce i księżyc.

Jeżeli poza sobą mamy słońce a przed sobą deszcz, i gdy przytem wysokość gwiazdy dziennej nie przechodzi 42^0, dostrzegamy tęczę jako podstawę stożka, którego wierzchołek mieści się w oku obserwatora, a oś przypada na linji łączącej oko ze słońcem. Ta tęcza główna okazuje zwykłe barwy widmowe z czerwienią od strony zewnętrznej i z fjoletem od strony wewnętrznej, powstaje zaś wskutek dwukrotnego załamania i jednokrotnego odbicia promieni w kroplach deszczu; oprócz niej wszakże występują tęcze drugorzędne z odwróconym porządkiem barw, które się tworzą przez dwukrotne odbicie na tylnych ścianach kropel. Wyjaśnienie zjawiska tęczy zaprzątało już w najdawniejszych czasach wyobraźnię ludzi i wciąż nanowo ją podniecało. Jaśniejący ten łuk barwny stał się najpierw źródłem licznych legend. Dla dawnych Germanów tęcza była ścieżką powietrzną, po której dusze poległych bohaterów wstępowały do Walhalli; Helenowie widzieli w niej ucieleśnioną posłankę bogów, Iris, a lud polinezyjski wysp oceanu Południowego sądzi, że piękna dziewczyna, uchodząc przed prześladowcami, na tęczę zamienioną została. Obok podobnych wyobrażeń poetycznych urocze to zjawisko optyczne pobudzało też do rozważań poważniejszych, ale dopiero mnich polski w XIII wieku zdołał wykryć podstawy optyczne do istotnego wyjaśnienia tęczy, której teorja należy obecnie do najbardziej wykończonych i najdokładniejszych w fizyce *).

---

*) Mnich, o którym tu mowa, jest to Vitello (Vitellio), nazwany przez Wiszniewskiego Ciolkiem. Autor niesłusznie mieni go mnichem niemieckim, sam bowiem na tytule swego traktatu optycznego nazwał się „thuringopolonius“, co Risner, który dzieło to wydał w Bazylei 1572 r., tłomaczy tem, że ojciec Vittela pochodził z Turyngji i osiadł w Polsce. Wiadomo, że przebywał we Włoszech, inne szczegóły jego życia są nieznane. Domysł, że doświadczenia swe prowadził przy mogile Krakusa i że od niego urosła legenda o Twardowskim, nie jest bynajmniej uzasadniony. Teorję tęczy opiera Vitello słusznie na załamywaniu się i odbijaniu promieni światła w kroplach deszczu, ale dokładnego opisu przebiegu tego nie podaje. Zresztą, na zupełne wyjaśnienie tęczy długo jeszcze trzeba było czekać; postać jej geometryczną wytłomaczył dopiero Descartes (1644), a powstawanie jej barw Newton (1704).

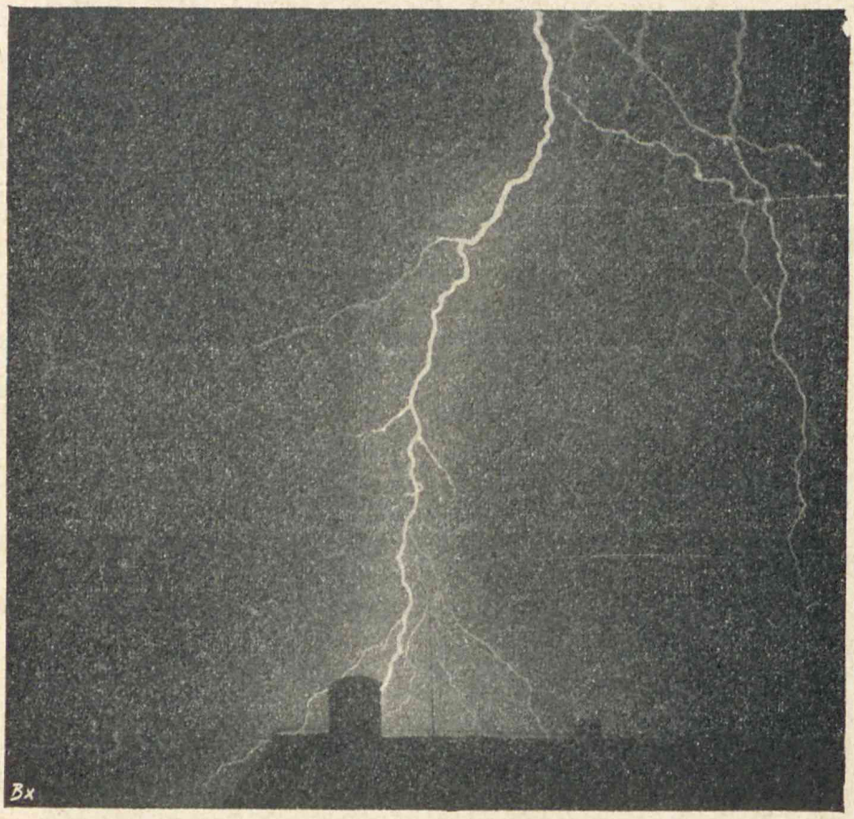
Przyp. tłom.



Widmo Brokenu.

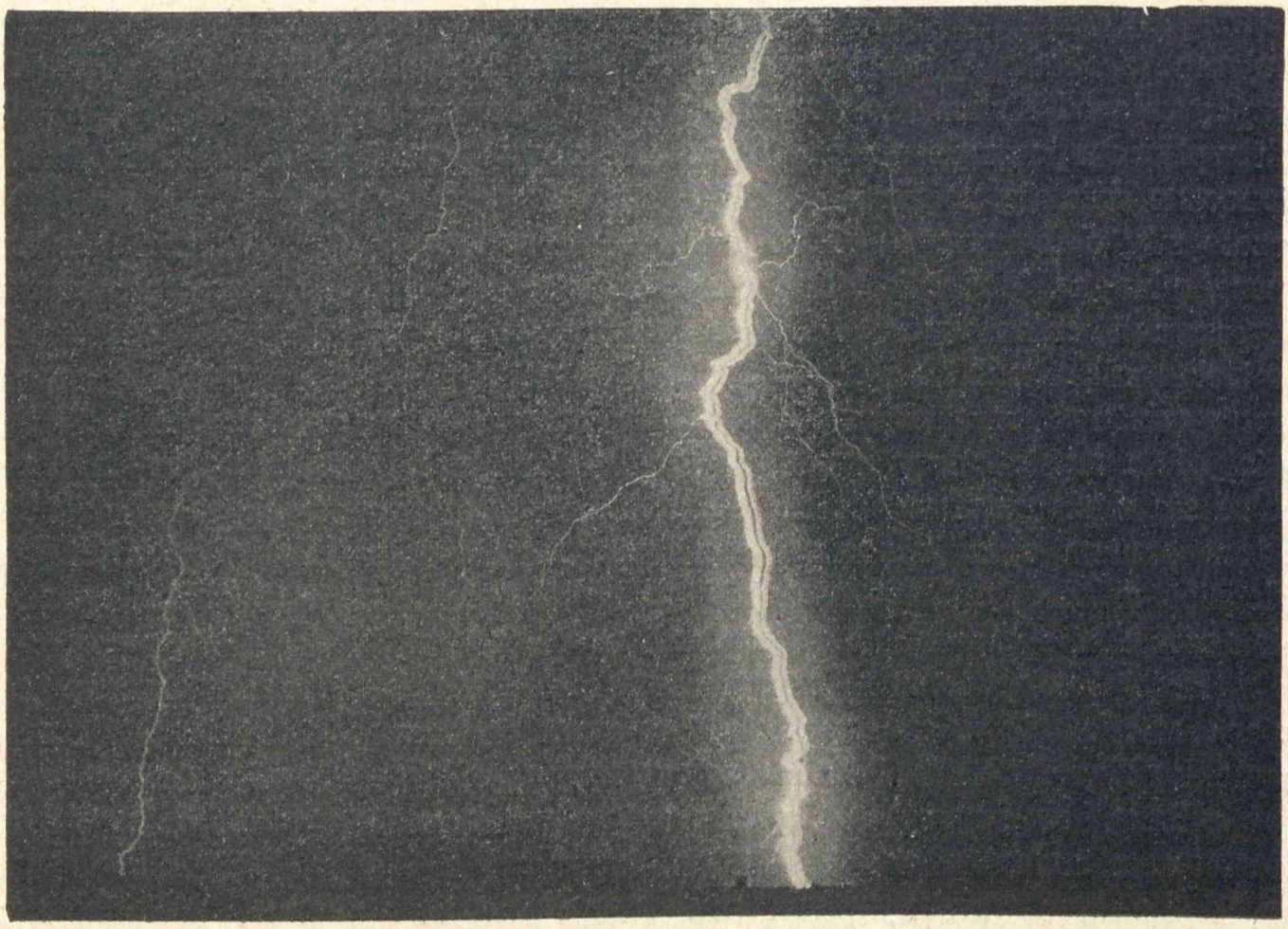
Według „Le tour du monde“.

Do objawów optycznych atmosfery należą wreszcie koła wielkie i małe, otaczające słońce i księżyc, oraz widma ukazujące się na wysokich górach i w podróżach balonowych. Koła małe (wieńce), przylegające tuż do obwodu tarczy słońca i księżyca, ukazują się przy słabem zachmurzeniu, najczęściej ubarwione; powstają wskutek uginania się promieni światła, gdy te przedzierają się przez najszczuplejsze otwory między oddzielnemi kropelkami mgły w atmosferze. Średnice tych kół wzrastają w miarę, jak się zmniejszają kulki mgły, i nawzajem; ponieważ zaś kropelki te powiększają się przy powietrzu wilgotnem, podczas pogody zaś stają się drobniejsze, ztąd koła takie (lisie czapki w słownictwie ludowem), wyraźnie zwłaszcza występujące przy księżycu, dają często użyteczne skazówki do przewidywania stanu pogody, są bowiem węższe przed deszczem, szersze zaś, gdy zbliża się pogoda. Odmienny zgoła początek mają jasne pierścienie czyli koła wielkie, które w rozległym obwodzie otaczają często księżyc, a rzadziej słońce, przynajmniej w szerokościach pośrednich i mniejszych. Zjawiska te ukazują się zwłaszcza przy lżejszych chmurach pierzastych, a powstają wskutek załamywania się promieni światła w bujających wysoko, najdrobniejszych igiełkach lodowych, mających formy graniastosłupów krystalicznych. Ztąd też koła takie, u Greków zwane halo, najczęściej i w postaci najlepiej rozwiniętej występują w okolicach podbiegunowych, gdzie powietrze prawie zawsze przejęte jest kryształami lodowemi. Nieraz też rozwija się dokoła słońca kilka kół ze słońcami bocznemi, oraz z jasnemi łukami, które przytykają do kół wewnętrznych i zewnętrznych; tworzy to razem w powietrzu biegunowem figurę geometryczną, która harmonijnym układem linji i ich ozdobami barwnemi budzi podziw prawdziwy.



Fotografja błyskawicy.

Na swobodnych szczytach górskich, gdy na niebie pogodnem słońce przypada poza plecami obserwatora, a przed nim rozpościera się zasłona mgły, dostrzega on niekiedy własny swój obraz, w olbrzymiem powiększeniu wybijający się na tle utworzonem z mgły. Obrazy takie od szczytu w górach Harzu, na którym po raz pierwszy dostrzeżone zostały, nazywają się „widmem Brokenu“; ogromne wymiary takiego cienia polegają na złudzeniu,



Fotografja błyskawicy.

wywoływanem przez perspektywę powietrzną. Także na górach szwajcarskich, zwłaszcza na Rigi i na Pilatusie, widma takie dają się wybornie obserwować. Przy wzlotach balonowych często widzieć można olbrzymi cień balonu, rysujący się na niżej położonych warstwach chmur.

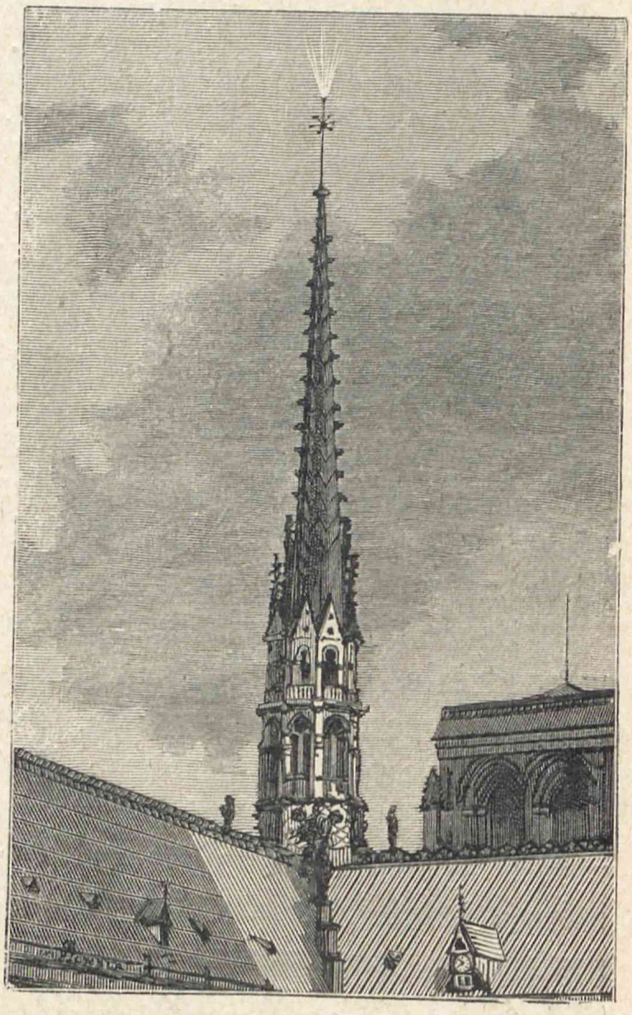
Załatwiwszy się w ten sposób ze zjawiskami optycznemi powietrza atmosferycznego, rozpoznamy pokrótce własności elektryczne i akustyczne naszej atmosfery, w których majestat sił przyrody tak się potężnie ujawnia. Poglądy nasze na przyczyny elektryczności atmosferycznej, pomimo istniejących jakich pięćdziesięciu teorji, mniej lub więcej odrębnych, nie są dotychczas stanowczo ustalone. W najnowszych dopiero czasach zadowalające rozstrzygnięcie pytania o pochodzeniu elektryczności atmosferycznej zapowiada się w tak zwanej teorji jonów, którą tu wprowadził Linss, a Elster, Geitel i Ebert dalej rozwinęli, jakkolwiek i ta teorja istnieje dopiero w początkowym stanie. Teorja jonów, która opiera się na ściśle w fizyce uzasadnionych faktach, da się streścić w sposób następujący: Żaden gaz sam przez się nie ma możności przyjmowania i przenoszenia ładunków elektrycznych, jeżeli pod wpływem promieni pozafjoletowych widma, na oko nasze niedziałających, nie zostanie rozłożony na części najdrobniejsze, czyli na jony, które uzdolnione są do przyjmowania wysokiego napięcia elektrycznego, dodatniego lub ujemnego. Jony te są to części składowe molekuł czyli cząsteczek gazowych, a za ich pośrednictwem gazy przyjmować mogą

i przeprowadzać siły elektryczne, przyczem w ogólności jony dodatnie i ujemne zachodzą w jednakowej ilości. Wraz z promieniami światła i ciepła przybywają od słońca do atmosfery także promienie pozafjoletowe, a pod ich wpływem jonizuje się powietrze. Ponieważ pozafjoletowe te promienie słoneczne działają najsilniej w najwyższych warstwach atmosfery, siedlisko przeto siły elektryzującej powietrze mieścić należy w górnej części powłoki naszej planety. Wniosek ten zgadza się z postrzeżeniami poczynionemi przy wyprawach balonowych, że ilość jonów wzrasta wraz z wysokością nad powierzchnią ziemi. Tą drogą zyskałaby też wyjaśnienie wyżej już przytoczona zależność magnetycznych i elektrycznych objawów na ziemi od obfitości plam na słońcu, wybuchy bowiem wodoru czyli protuberancje słoneczne, które się z plamami wiążą, najszczodrzej wysyłają promienie pozafjoletowe, a tem samem sprzyjają rozwojowi jonów w atmosferze. W ogólności powiedzieć można, że żaden szczegół tyczący się elektryczności atmosferycznej nie zostaje w sprzeczności z zasadami teorji jonów.

Przyjąć więc teraz należy, że swobodne powietrze atmosferyczne zawiera wielką ilość cząsteczek niesłychanie drobnych, dodatnio i ujemnie naelektryzowanych. Doświadczenia wykazały, że ciała odosobnione, otoczone powietrzem, elektryzują się ujemnie; podobnież ziemia, otoczona zewnątrz powietrzem najonizowanem, przyjmować musi ładunek elektryczny ujemny, dolne więc warstwy powietrza, tracąc swe jony ujemne, posiadać muszą nadmiar jonów dodatnich. Obie zatem elektryczności dążyć muszą do wyrównania, a to właśnie jest źródłem objawów elektrycznych w atmosferze. Stosownie do okoliczności wyrównywania te elektryczne mogą mieć charakter nagły lub chroniczny; w pierwszym więc razie są to burze szybko przemijające, w drugim powolnie przebiegające zorze biegunowe, ognie św. Elma i inne objawy elektryczne.

Siedliskiem burz jest pewna kategorja chmur kłębiastych, obejmowana nazwą chmur deszczowych (nimbus), które są na powierzchni dolnej zabarwione szarawo-niebiesko, a po brzegach często porozdzierane. Te chmury deszczowe, podobnie jak łączące się z niemi pary skroplone i opady wodne, zawierają elektryczność swobodną w znacznem napięciu, bądź dodatnią, bądź ujemną, która elektryczność jednoimienną odpycha, a różnoimienną przyciąga. Skoro przyciąganie to przemaga opór powietrza między dwiema chmurami, lub między chmurą a powierzchnią ziemi, następuje wyrównanie w postaci iskry elektrycznej, tworzącej błyskawicę. Rozróżniono cztery rodzaje błyskawic: błyskawice iskrzyste, płaskie, perliste i kuliste. Najzwyklejszą formą są błyskawice iskrzyste, które dawniej, zanim posiadano fotografje błyskawic, mylnie zwano zygzakowatemi wielkością jedynie różnią się one od iskry machiny elektrycznej; dokładne fotografje wykazały, że błyskawice tego rodzaju mają postać systemu rzecznego o kierunku odwróconym. Błyskawica płaska jest objawem spokojniejszego nieco wyładowania elektrycznego w postaci połysków, które sprowadzają ogólne rozjaśnienie chmury. Chmura perlista tworzy inny znów rodzaj wyładowania

elektrycznego, które się składa z szeregu gęsto po sobie następujących punktów świetlnych; jest to rzadsza już i niedawno dopiero dokładniej opisana forma błyskawic. Stanowi ona przejście do najosobliwszego i najbardziej zagadkowego rodzaju błyskawic, do błyskawicy kulistej, ukazującej się w postaci jaśniejącej i wielkiej jak głowa bryły, która się porusza zwolna i niknie niekiedy bez śladu, często wszakże z przerażającym hukiem. Nowsze badania dozwalają się domyślać, że długotrwałe i ciągłe prawie wyrównywanie elektryczne między chmurą a ziemią prowadzi wreszcie do takiej formy wyładowania. Gdy błyskawice przebiegają daleko, często pod poziomem nawet, światło ich odbija się od górnych warstw chmur i tworzy pospolite bardzo zjawisko błyskania się. (Ob. dodatek kolorowy „Powstawanie burzy“, z załączonem tam wyjaśnieniem).



Ogień Św. Elma na szczycie wieży.
Według K. Flammariona „L'atmosphere“.

Wyładowania między chmurą a ziemią dokonywają się nagle, gdy wyrównywania elektryczne zachodzące pomiędzy chmurami trwać mogą przez ciąg sekundy. Ponieważ przy tak szybkim przebiegu objawów błyskawicy i napięcie elektryczne jest nader wielkie, przechodzi bowiem często 100 000 wolt, mechaniczne przeto skutki uderzenia pioruna występują z potęgą prawdziwie niszczącą. Na uderzenie pioruna narażone są zwłaszcza przedmioty umieszczone wysoko nad powierzchnią ziemi, szczególniej ciała metaliczne i wilgotne, przyczem błyskawica obiera drogę przedstawiającą opór najsłabszy.

By przynajmniej budynki i zawartość ich od niebezpiecznych działań pioruna ochronić, korzystać można z piorunochronów, wynalezionych pierwotnie przez Benjamina Franklina, a w ostatnich czasach znacznie udoskonalonych; przyrządy te bowiem przeprowadzają elektryczność atmosferyczną do wilgotnego gruntu. Dobry piorunochron winien przedewszystkiem działaniem swego ostrza metalowego przeszkadzać wyładowaniu elektrycznemu pomiędzy chmurą a budynkiem, a gdy pomimo to piorun jednak uderza, winien uczynić go nieszkodliwym przez szybkie odprowadzenie do ziemi. Odkąd poznano, czem jest właściwie uderzenie pioruna, budowa piorunochronów osiągnęła znaczną doskonałość, co zapewniło budynkom wysoki stopień bezpieczeństwa. Pomimo to rozpowszechnienie tego wynalazku,

tak ważnego w ciągłej walce człowieka z przemocą przyrody, pozostawia jeszcze bardzo wiele do życzenia, szczególniej w okręgach wiejskich. Okazuje się to zwłaszcza nagannem, gdy rozpoznajemy wykazy statystyczne, które świadczą, że w ciągu ostatnich dziesięcioleci niebezpieczeństwo uderzeń pioruna znacznie wzrosło. Także liczba osób, które corocznie ponoszą śmierć od pioruna, nie jest bynajmniej nieznaczna. W Niemczech na miljon mieszkańców przypada prawie pięć zgonów od pioruna, przyczem ludzie pracujący pod otwartem niebem daleko są bardziej narażeni, aniżeli inni. Organizm ludzki ulega od uderzenia pioruna straszliwemu wstrząśnieniu, a jeżeli nie następuje śmierć natychmiastowa, pozostają ciężkie objawy sparaliżowania. Jak szybko piorun zabija, wypływa już ztąd, że zwłoki zabitych napotyka się najczęściej niezmienione i w położeniu, jakie człowiek zajmował przed zgonem, bez jakiejkolwiek zmiany widocznej. Nawet piorun przebiegający w pobliżu ludzi i zwierząt wywiera na nich szczególne działania fizjologiczne, z czem wiąże się też przestrach nerwowy i niepokój wielu osób podczas burzy. Piorun sprowadzać może nawet działania magnetyczne, zamienia bowiem przedmioty żelazne w magnesy, na stacjach telegraficznych wprawia w ruch elektromagnesy i zakłóca przewodniki telefoniczne.

Zwracamy się teraz do wyładowań chronicznych elektryczności atmosferycznej, które występują w formie zórz biegunowych, dalej jako promieniowanie elektryczne na górach i piramidach, a wreszcie jako ognie świętego Elma najczęściej na szczytach masztów okrętowych.

Zorze biegunowe, których własności ogólne przedstawiliśmy już wyżej w rozdziale o magnetyzmie ziemskim, występują jako objawy świetlne, często wspaniale ubarwione, zwłaszcza w strefach ziemi otaczających biegun północny i południowy. Różne zresztą formy zórz biegunowych dają się sprowadzić do dwóch typów zasadniczych. Typ jeden roztacza się na niebie w postaci łuku kołowego, z którego często rozbiegają się jeszcze promienie jaśniejące (str. 477); typ drugi natomiast rozpościera się w oddzielnych smugach, zwieszających się z nieba jakby draperje rozmaicie zwinięte (str. 433 i 429). Wielkie zorze biegunowe występują najczęściej na obu półkulach ziemi zarazem i widzialne są niekiedy nietylko w szerokościach wysokich, ale i w pośrednich.

Z tego, co mówiliśmy o przyczynach elektryczności atmosferycznej, wiemy, że z silnem skraplaniem znajdującej się w powietrzu pary wodnej wiążą się także znaczne napięcia elektryczne. Gdy naładowane elektrycznością chmury unoszą się niedaleko od powierzchni ziemi, następuje spokojny wypływ elektryczności z krańców przedmiotów wysokich, jak z drzew, okrętów, wież kościelnych i szczytów górskich, zwany ogniem świętego Elma.

W ścisłej łączności z opowiedzianemi tu zjawiskami elektrycznemi pozostają objawy akustyczne w atmosferze. Promienie światła i fale elektryczne, które rozbiegają się z szybkością przeszło 300 000 kilometrów na sekundę, rozpościerają się także w przestrzeni pustej. Inaczej zachowują się

fale głosowe, które do rozchodzenia się wymagają środowiska materjalnego. Gdyby nie istniały zgoła warstwy powietrza atmosferycznego, fale głosowe rozchodzące się od ciał drgających nie mogłyby dosięgać naszego przyrządu słuchowego; przytem szybkość fal głosowych w powietrzu wynosi tylko około $^1/_3$ kilometra na sekundę przy temperaturze zera, wzrastając wraz z temperaturą i z gęstością środowiska. Szmery powstające przy wyładowaniach elektrycznych dosięgają najwyższego swego natężenia podczas burzy.



Zorza północna.
Według akwareli W. Krantza.

Przy przebiegu błyskawicy powietrze ulega gwałtownemu wstrząśnieniu i rozlega się grzmot, który powstaje wprawdzie jednocześnie z błyskawicą, ale ujawnia się nam później, fale bowiem głosowe rozchodzą się znacznie powolniej, aniżeli fale światła. Przeciąg czasu, jaki upływa między ujrzeniem błyskawicy a usłyszeniem grzmotu, dozwala łatwo oznaczyć, w jakiej odległości od miejsca obserwacji sroży się burza. Iloczyn z liczby sekund, policzonych między obu zjawiskami, przez $^1/_3$ kilometra daje odległość burzy; wysokość chmur, które są źródłem burzy, chwieje się w ogólności między niewielu tylko a 5 000 metrów. Z postrzeżeń takich poznano,

że grzmot daje się słyszeć aż do odległości 26 kilometrów, gdy silne strzały armatnie słyszano z oddalenia znacznie większego. Pochodzi to ztąd, że w pierwszym razie głos rozchodzi się z górnych i rzadszych do dolnych i gęstszych warstw powietrza, gdy huk armatni rozpościera się tylko w dolnych i gęstych warstwach, posiadających większą przezroczystość akustyczną.

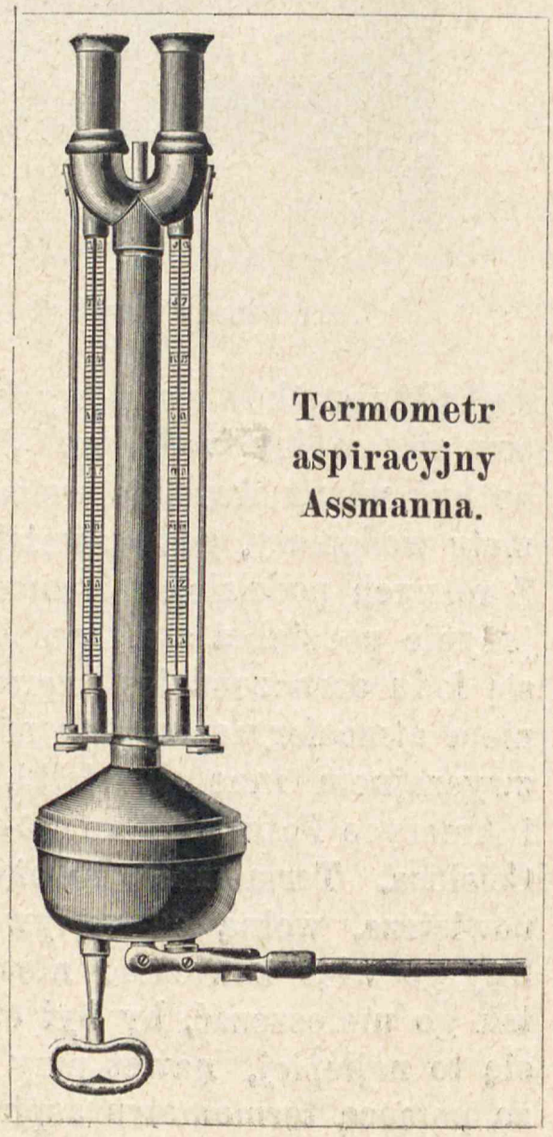
Zanim przejdziemy do dalszych objawów meteorologicznych, rozpoznamy najpierw źródła, z których powłoka atmosferyczna ziemi ciepło swe czerpie, a które są najważniejszą podstawą wszelkich zjawisk zachodzących w powietrzu.

Z punktu widzenia teoretycznego możnaby sądzić, że do ogrzewania atmosfery prócz promieniowania słonecznego przyczyniać się też może ciepło wewnętrzne bryły ziemskiej, oraz promieniowanie gwiazd i księżyca. W rzeczywistości wszakże wszystka energja, jaka się mieści w powietrznej powłoce ziemi, bierze swój początek jedynie z promieniowania słonecznego. Promieniowanie gwiazd stałych i planet jest zgoła nieznaczne, a co się tyczy księżyca, to pomiary najnowsze wykazały, że sprowadza podwyższenie temperatury niedochodzące nawet $^1/_{1000}$ stopnia. Nieco donioślejszy na pierwszy rzut oka wydaje się wpływ wewnętrznego ciepła ziemi na rozgrzewanie atmosfery, wskutek bowiem pierwotnego swego stanu ognisto-płynnego i następnego zgęszczenia planeta nasza posiada własne swe ciepło, o czem zresztą świadczy przyrost temperatury we wnętrzu ziemi, wynoszący średnio 1° C na każdych 35 metrów zagłębienia. Z licznych pomiarów temperatury w otworach świdrowych, w związku z prawdopodobnemi domysłami geologicznemi, wywnioskować można, że w głębi 50 kilometrów panować musi żar czerwoności, a w głębi 200 kilometrów temperatura, przy której wszystkie już skały bryły ziemskiej stopieniu ulegają. Bezustannie więc przepływa prąd ciepła z głębokich warstw ziemi ku jej powierzchni, z wyjątkiem jednak okolic wybuchów wulkanicznych, wpływ tego ciepła jest nader słaby. Według dokładnych obliczeń temperatura średnia powierzchni ziemi od prądu ciepła przybywającego z jej wnętrza ulega powiększeniu, co najwyżej, o $^1/_{10}$° C, a nieznaczny ten przyrost zmniejsza się jeszcze wskutek tego że $^2/_3$ powierzchni naszej planety zajęte są oceanem, którego woda w głębi jest lodowato prawie zimna.

Ze wszystkich tych powodów ogrzewanie atmosfery naszej następuje jedynie przez działanie promieniowania słonecznego. Starano się już dawno oznaczyć natężenie tego promieniowania, ale trudne to zadanie zdołano rozwiązać dopiero w ostatnich czasach. Wiemy teraz, że ilość ciepła, jaką centymetr kwadratowy na równiku ziemskim w ciągu roku od słońca otrzymuje, wynosi 482 000 ciepłostek. (Ciepłostka czyli kalorja jest to ilość ciepła, potrzebna do ogrzania kilograma wody o 1° C). Taka ilość ciepła wystarczyłaby do stopienia słupa lodu na 66 metrów wysokiego, lub do zamiany w parę warstwy wody na 8 metrów przeszło głębokiej. Tak niesłychanej działalności naszej bryły centralnej odpowiada oczywiście nader wysoka jej

temperatura, którą według nowszych poszukiwań Scheinera można z pewnem prawdopodobieństwem oceniać na 7 000° C. Byłaby to temperatura dwa razy prawie przechodząca temperaturę najwyższą, jaką środkami sztucznemi wzbudzać umiemy, przy otrzymywaniu stali z żelaza w tak zwanej „gruszce Bessemera“.

Mimowoli nasuwa się tu pytanie: czy darząca nas światłem i ciepłem gwiazda dzienna zwolna na sile swej traci, czy też ustawiczna przez promieniowanie strata wynagradza się jakąkolwiek drogą? Na pytanie to, tak ważne dla życia ziemskiego i w ogólności dla życia możliwego na innych planetach, można obecnie w ten sposób odpowiedzieć, że bardzo prawdopodobnie w skutek powolnego ściągania się bryły słonecznej powstają nader obfite na słońcu samem źródła ciepła, które zdolne są pokrywać olbrzymie straty, zachodzące wskutek jego promieniowania. Wykazać np. można, że bryła wodna wielkości słońca, jeżeli pod wpływem własnej swej ciężkości ściągnie się tylko $^1/_{1\,000}$ część swej rozległości, zyska już ztąd przyrost temperatury o 3 000° C, a przez takie podniesienie temperatury utrata ciepła przez słońce byłaby pokryta na całe tysiącolecie. Jeżeli skurczenie to obliczymy w częściach średnicy słonecznej, to wypłynie ztąd zmniejszenie się pozornej wielkości słońca o 0,2 sekundy miary kątowej w ciągu 1 000 lat. Pytanie więc: czy dostrzeżenia astronomiczne potwierdzają rzeczywiście przypuszczalny ten ubytek wymiarów słońca? Przy obecnym stanie mierniczych metod astronomji ująć można zmianę średnicy słońca w tym tylko razie, gdy zmiana ta wynosi około 0,1 sekundy miary kątowej; to zaś odpowiadałoby przeciągowi 500 lat, a ponieważ najdokładniejsze obserwacje średnicy słońca nie są starsze nad 50 lat, więc dopiero astronomja XXV wieku potwierdzić zdoła przypuszczalne to ściąganie się bryły słonecznej, chyba, że wcześniej już osiągnięty zostanie nieprzewidywany dotąd postęp sztuki mierniczej, dozwalający oceniać dokładnie odstępy jeszcze drobniejsze w obszarach wszechświata.



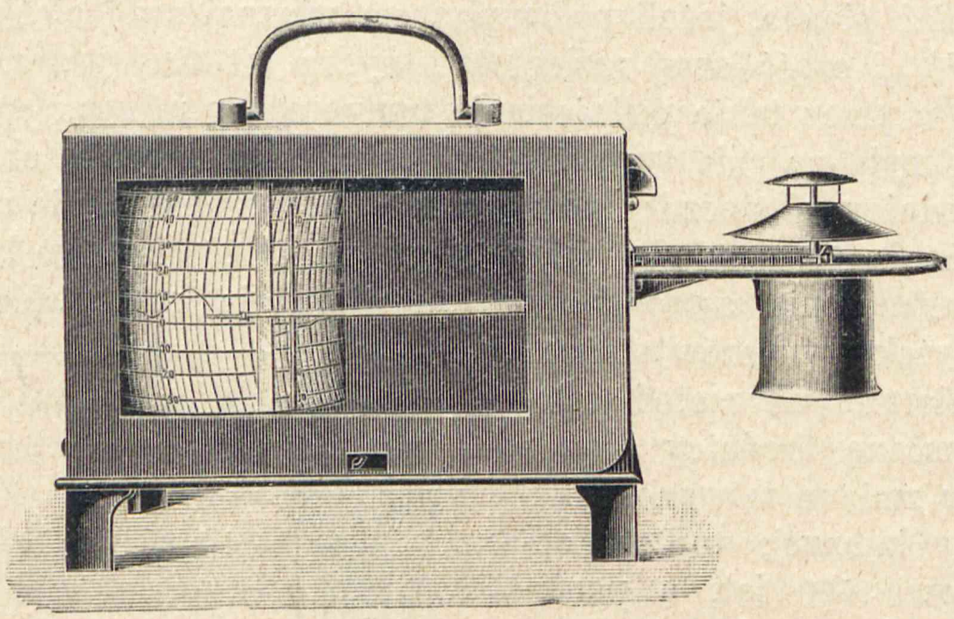
Termometr aspiracyjny Assmanna.

Od tych rozważań astronomicznych zwróćmy się do bliżej nas obchodzących stosunków meteorologicznych atmosfery. Widzieliśmy, że w istocie rzeczy jedyne dla powierzchni ziemi źródło ciepła przypada w słońcu, którego promienie jednak w przebiegu przez warstwy powietrza są przez nie do pewnego stopnia pochłaniane. Im atmosfera jest gęstsza i obfitsza w parę, oraz im ukośniej promienie słońca

przebiegają warstwy powietrza, tem silniejszem staje się pochłanianie w atmosferze, która średnio zatrzymuje połowę prawie tej ilości ciepła, jaka dobiegałaby do powierzchni ziemi w braku powłoki powietrznej. Z drugiej jednak strony atmosfera, podobnie jak dach szklany nad cieplarnią, daje ochronę powierzchni ziemi, osłabia bowiem znacznie wysyłanie przez nią promieni do zimnej przestrzeni świata, które bez tej osłony sprowadzałoby bardzo znaczne straty ciepła.

Zajmiemy się teraz treściwem rozpoznaniem tych objawów w naszej powłoce powietrznej, od których zależy stan pogody i klimat, a które obejmują stosunki ciepła, ciśnienia, wilgotności i wiatrów.

Nie bez słuszności atmosferę ziemską określono jako machinę cieplikową, która ogrzewana jest na równiku, a oziębiana na biegunach. Wszelkie ruchy w warstwach atmosfery wynikają przedewszystkiem ze zmian temperatury lub z różnic w rozkładzie ciepła w kierunku poziomym i pionowym.



Termometr samopiszący Assmanna.

Do mierzenia temperatury powietrza służy termometr, który polega na tej zasadzie, że ze wzrostem stanu ciepła ciała się rozszerzają, z jego zniżaniem się zaś objętość swą zmniejszają; termometry tedy składają się bądź z prążków metalowych, bądź też z rur wypełnionych alkoholem, rtęcią, powietrzem lub wodorem. Jako termometr normalny, do którego ściągane być winny wszelkie wskazania termometryczne, przyjęto obecnie termometr wodorowy, gdy dawniej do celu tego służył termometr powietrzny. Z różnych podziałek termometrycznych powszechnie używana jest w nauce jedynie podziałka stustopniowa Celsiusa, przy której temperatura topiącego się lodu oznaczona jest zerem, temperatura zaś wody wrzącej pod ciśnieniem atmosferycznem 760 milimetrów liczbą 100. Używane dotąd w życiu zwyczajnem inne podziałki, u nas Réaumura (80-stopniowa), a w Anglji i Ameryce Fahrenheita (180-stopniowa), dają się łatwo zamieniać na stopnie Celsiusa. Termometr należycie umieszczony wskazywać ma temperaturę powietrza, wolną od wpływów promieni słonecznych i ciepła odbitego, należy go więc zawieszać nietylko w cieniu i osłaniać od opadów, ale nadto tak go umieszczać, by był otoczony prądem silnie przewietrzającym. Osiąga się to najlepiej, nawet przy wyprawach balonowych w świetle słonecznem, za pomocą termometru aspiracyjnego Assmanna (str. 479), który przez obrót

krążków, wprawianych w ruch urządzeniem zegarowem, powietrze porywa i oprowadza dokoła kulki termometrycznej. Znaczenie, jakie przypada rozkładowi temperatury w powietrzu, w kierunku pionowym i poziomym, jest przy wszystkich objawach atmosferycznych niesłychanie wielkie, zarówno w gospodarstwie przyrody jak i w życiu praktycznem. W ogólności temperatura powietrza słabnie wraz z wysokością nad powierzchnią ziemi, niższe bowiem i gęstsze warstwy powietrza ogrzewają się nietylko przez zetknięcie z powierzchnią ziemi, ale i skutkiem silniejszego pochłaniania promieni słonecznych, gdy w górnych warstwach powietrza coraz bardziej przeważa promieniowanie w przestrzeń światową. Także prądy powietrza, wstępujące i zstępujące, które przywracają równowagę atmosfery, sprowadzają w wyższych warstwach powietrza temperaturę niższą, aniżeli w warstwach dolnych. W powietrzu zupełnie suchem temperatura zniżałaby się z wysokością mniej więcej o 1° C na każdych 100 metrów, ale przy powietrzu wilgotnem spadek temperatury zachodzi wolniej, a nadto prawidłowość tego spadku zakłócają wpływy lokalne i pewne właściwe stosunki meteorologiczne. W niektórych krajach górzystych podczas pory zimowej następuje zupełna zmiana temperatury, zkąd w Karyntji poszło przysłowie: „Gdy w zimie wejdziem o piętro wyżej, jest nam o kubrak cieplej“. Przyrost podobny temperatury z wysokością sięga często do warstw powietrza wyniesionych na 1 500 metrów. W niektórych także okolicach nadmorskich w miesiącach letnich napotykamy podobny przyrost temperatury, który np. w San-Francisco sięga do 800 metrów w górę.

Badanie temperatury wysokich warstw powietrza zyskało w obecnym czasie doniosłą i niespodzianą pomoc przez ustanowienie międzynarodowych wypraw balonowych, sięgających niemal do 11 000 metrów, oraz przez zastosowanie balonów sondujących, które wzbijają się do 19 000 metrów i wyżej, unosząc z sobą przyrządy samopiszące. Z licznych takich podróży powietrznych wyprowadził Berson następne liczby średnie, wskazujące obniżanie się temperatury z wysokością:

Wysokość w kilometrach.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Temperatura	10,1°	5,4°	0,5°	—5,0°	—10,3°	—16,6°	—24,2°	—29,4°	—38,3°	—46,4° C.

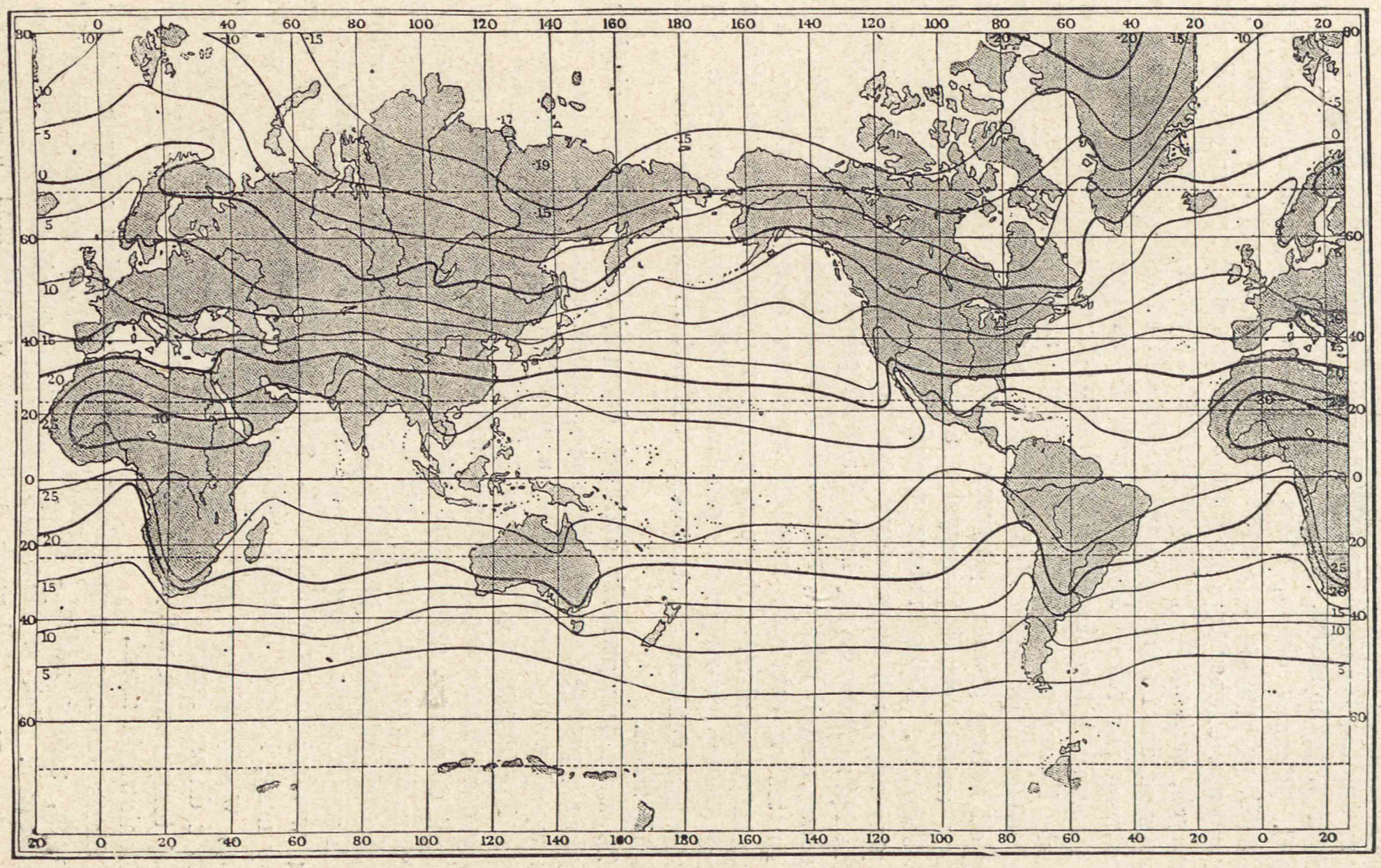
Bardziej jeszcze zawiły, ale przynajmniej obserwacjom bezpośrednim zawsze dostępny, jest rozkład ciepła w kierunku poziomym na powierzchni ziemi. Rozkład ten okazuje w ogólności więcej lub mniej prawidłową zależność temperatury danego miejsca od szerokości geograficznej, od położenia lądowego lub morskiego i od wyniesienia nad poziom morza. Aby ująć rozkład temperatury na ziemi, zebrać należy dla jak największej liczby punktów temperatury średnie, tyczące się miesięcy lub lat, i, po zredukowaniu ich do poziomu morza, wnieść na kartę ziemi sporządzoną w rzutach Mercatora, a następnie przez wszystkie miejsca jednakowej temperatury poprowadzić linje, które się nazywają izotermy. Tą drogą otrzymujemy karty izoterm rocznych i miesięcznych, z których wyprowadzić można

pewne reguły ogólne. Zwykle linje jednakiej temperatury rocznej (str. 483) biegną w kierunku równoleżników, chociaż w każdym razie ponad lądami lub obok większych wysp odstępują silniej ku północy lub południowi. Z obu stron równika przypada szeroki pas izoterm z wysokiemi temperaturami rocznemi, 25° i więcej. Dalej poznajemy, że w strefie gorącej powierzchnie lądowe cieplejsze są aniżeli morza, tam bowiem przeważa promieniowanie słoneczne, gdy w strefach zimnych lądy chłodniejsze są aniżeli powierzchnie wód, tam bowiem góruje wysyłanie ciepła. Wreszcie widzimy, że niektóre izotermy roczne, jak np. izoterma temperatury 0°, przebiegają na półkuli północnej w ogromnych wygięciach, zkąd w Azji wschodniej temperatura roczna zera napotyka się pod 50, w Norwegji natomiast pod 70 stopniem szerokości.

Zestawiając temperatury wszystkich miejscowości położonych na jednym równoleżniku, obliczyć można jego temperaturę średnią, a jeżeli z temperaturą tak oznaczoną porównamy temperaturę średnią pewnego miejsca na tym równoleżniku, otrzymamy tak zwane zboczenie cieplikowe. W ten spósób z postrzeżeń dotąd zebranych poznajemy, że najznaczniejszy nadmiar ciepła na ziemi przypada w pobliżu wysp Lofockich, na zachód Norwegji północnej, gdzie rzeczywiście występująca temperatura jest o 25° wyższa od temperatury obliczonej, odpowiadającej 68 stopniowi szerokości. Najznaczniejszy nadmiar zimna znajduje się w Syberji środkowej, gdzie temperatura zaobserwowana jest o 26° niższa od temperatury obliczonej dla odpowiedniego koła szerokości. Tak uderzające nieprawidłowości w rozkładzie ciepła pochodzą głównie z niejednakiego ogrzewania się wody i lądu, oraz od różnych prądów morskich i powietrznych.

Także pomiędzy obu półkulami ziemi okazuje się dosyć wybitna różnica w rozkładzie ciepła. Od równika począwszy aż do 40 stopnia szerokości, a zatem w obrębie strefy gorącej (od równika do $23^1/_2$ stopnia) i w części strefy umiarkowanej jest półkula południowa nieco zimniejsza aniżeli północna, z tej prostej przyczyny, że półkula południowa, jak uczy rzut oka na kartę ziemi, daleko więcej obejmuje wody. Niedawno jeszcze sądzono, że nadmiar ten zimna rozciąga się na całą półkulę południową, poznano jednak, że wyrównywa się znów w miarę zbliżania do bieguna południowego, tam bowiem przeważająca powłoka wodna wpływa na podwyższenie temperatury.

Podobnie jak izotermy roczne, tak też nakreślono na kartach linje jednakich temperatur miesięcznych na ziemi, a najciekawsze z nich tyczą się miesięcy skrajnych, stycznia i lipca; linje te wskazują zarazem najniższe i najwyższe temperatury miesięczne na ziemi, izotermy bowiem styczniowe odpowiadają zimie półkuli północnej i latu półkuli południowej, izotermy zaś lipcowe latu północnemu i zimie południowej. Z przebiegu linji jednakowych temperatur miesięcznych poznajemy, że najzimniejsze i najcieplejsze na ziemi obszary należą do półkuli północnej, posiada bowiem ona więcej powierzchni lądowej aniżeli półkula południowa, która ztąd tedy w lecie mniej



Izotermy roczne.

Według Hanna „Meteorologie".

silnie się ogrzewa, a w zimie nie tak szybko stygnie. Tak zwany biegun zimna ze średnią temperaturą stycznia—51°C—przypada w Syberji północnej w pobliżu Wierchojańska, gdzie temperatura istotnie obserwowana opada do—63°C. Bieguny ciepła, które w lipcu wykazują średnie temperatury ponad 35°C, przypadają w Afryce środkowej, w Arabji i w Kalifornji.

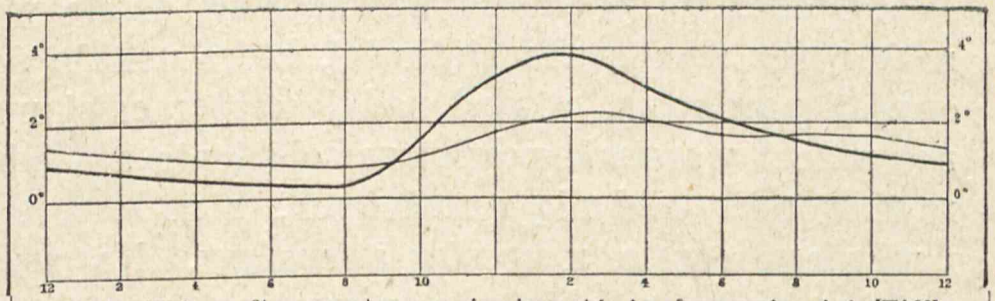
Ponieważ temperatura powietrza przedewszystkiem zależy od promieni słonecznych, zmienia się przeto perjodycznie wraz z zawisłem od obrotu ziemi następstwem dni i nocy, jako też z zależnem od obiegu ziemi dokoła słońca następstwem pór roku. Istnieje przeto dla temperatury powietrza okres dobowy i roczny, które okazują pewną największość i najmniejszość. Toż samo tyczy się i temperatury powierzchni ziemi aż do głębokości kilku metrów, dokąd działanie promieni słońca jeszcze się wedrzeć może. Głębokość ta zależy od natury gruntu, przyczem skały okazują większą chwiejność temperatury aniżeli grunt piasczysty, a ten drugi znów znaczniejszą aniżeli grunt bagnisty. Nadto natura wierzchnich warstw ziemi odgrywa ważną rolę przy zmianach temperatury najniższych warstw powietrza, oczywiście bowiem ląd zachowywa się inaczej aniżeli powierzchnia wody, gleba piasczysta inaczej aniżeli łąkowa, roślinność nizka inaczej aniżeli okolica zalesiona. Dlatego też w ostatnich czasach zwrócono szczególną uwagę na ciągłe i systematyczne obserwacje temperatury w górnych warstwach gruntu, ztąd bowiem dopiero w związku z pomiarami temperatury powietrza wyprowadzać można doniosłe i stanowcze wnioski klimatyczne dla oddzielnych obszarów ziemi.

Ze wschodem gwiazdy dziennej, darzącej nas światłem i ciepłem, rozpoczyna się promieniowanie słoneczne, które wzrasta w miarę, jak słońce coraz wyżej wzbija się na niebie, a po górowaniu jego południowem znowu słabnie i przerywa się zupełnie po zachodzie słońca. Wtedy następuje w nocy ochładzanie się powietrza wskutek wysyłania przez bryłę ziemską promieni do zimnej przestrzeni świata, a wysyłanie to największego swego natężenia dobiega na krótko przed wschodem słońca. Te okresy dobowe temperatury powietrza posiadają największą obszerność w umiarkowanych pasach ziemi, gdzie długość dnia i nocy silnie się zmienia zależnie od pory roku; w strefach zwrotnikowych, gdzie przez rok prawie cały dzień jest równy nocy, i okres dzienny temperatury powietrza pozostaje prawie stateczny; w okolicach biegunowych wreszcie, gdzie noc zbiega się z zimą a lato z dniem, istnieje tylko w lecie okres dobowy, gdy w ciągu nocy zimowej temperatura wciąż opada, co jest następstwem coraz wzrastającego promieniowania ziemi.

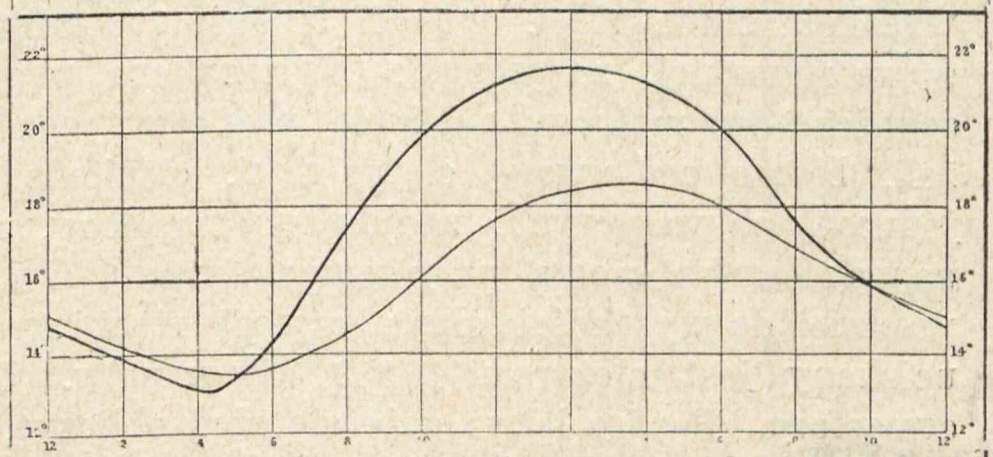
Okres dzienny temperatury powietrza, prócz wpływu stref klimatycznych, zależy nadto i od innych czynników geograficznych i meteorologicznych. Tak w obszarach nadmorskich obszerność zmian mniejsza jest aniżeli w śródlądowych, podobnież w miejscach wysoko położonych mniejsza aniżeli w nizinach, wreszcie przy niebie zachmurzonem nie tak wybitna jak podczas pogody, gdy nocne promieniowanie ziemi się wzmaga.

Gdy na oceanach chwiejność dobowa temperatury kilka tylko stopni wynosi, największe takie zmiany, głównie w pustyniach piasczystych obserwowane, przechodzą 20°C. Szczególniej wyraźnie przebieg dziennej fali ciepła obserwować się daje w dwóch stacjach meteorologicznych, u stóp i na szczycie wieży Eiffla w Paryżu (str. 485).

Niemniej żywo obchodzi nas pytanie, czy niezależnie od tych zmian perjodycznych, kołyszących się w jedną i drugą stronę, temperatury średnie na ziemi nie ulegają też zmianom nieperjodycznym, dokonywającym się w pewnym kierunku powolnie z biegiem lat i dziesięcioleci. Na nieszczęście, najdawniejsze obserwacje temperatury, pochodzące z wieku ośmnastego, do których odwołać się można, w zestawieniu z dostrzeżeniami dzisiejszemi, o wiele ściślejszemi i systematyczniejszemi, nie są wolne od zarzutów. Pomimo to staranne rozpoznanie dawniejszych i nowszych obserwacji w Niemczech, Francji, Włoszech, Rosji i Stanach Zjednoczonych wykazało, że temperatury średnie w ciągu ostatnich lat stu nie zmieniały się statecznie, ale następowały kolejno po sobie długie szeregi lat średnio chłodniejszych i cieplejszych. Tak np. w Newhaven w Ameryce pod 41° szerokości północnej temperatury średnie w okresie 1779—1819 i 1820—1865 utrzymywały się na jednakiej wysokości, a różnice nie przechodziły dziesiątej części stopnia; jabłonie rozkwitały tam w końcu XVIII, podobnie jak i w środku XIX wieku pomiędzy 12 a 13 maja, a rzeka Hudson w początku i w końcu XIX wieku zamarzała tam zawsze około połowy grudnia.



I. Bieg dzienny temperatury w ziemie u stóp i na szczycie wieży Eiffla.



II. Bieg dzienny temperatury w lecie u stóp i na szczycie wieży Eiffla. Linja cieńsza przedstawia bieg temperatury na szczycie linja grubsza u stóp wieży.

Jeżeli porównywamy między sobą temperatury obserwowane w wielkich miastach w ciągu długich okresów czasu, nie należy zapominać, że z powiększaniem się obrębu miast temperatura powietrza staje się tam zawsze nieco wyższa, aniżeli w otwartem jeszcze otoczeniu. Szczególniej uderza to w Berlinie i Paryżu: średnia temperatura roczna Berlina jest mniej więcej o 1° wyższa aniżeli jego przedmieść, a podczas wieczorów letnich podwyższenie to, tak dla zdrowotności dotkliwe, wzrasta średnio o 2°C, w przypadkach skrajnych nawet przeszło o 4° C.

Ciśnienie powietrza

Jako ciało lotne, powietrze wskutek swej rozprężliwości wywiera na wszystkie strony ciśnienie. Według zasad nowoczesnej teorji gazów pręż-

ność wewnętrzna gazu wypełniającego przestrzeń zamkniętą jest następstwem niezliczonej ilości uderzeń, wywieranych na ściany przez przebiegające we wszystkich kierunkach najdrobniejsze cząsteczki czyli molekule tego gazu. Szybkość tych uderzeń cząsteczkowych wzmaga się lub maleje ze wzrostem lub spadkiem temperatury gazu. Nadto zmniejsza się lub powiększa liczba uderzeń o ściany w ciągu pewnej oznaczonej jednostki czasu, gdy przy niezmiennej szybkości cząsteczek objętość gazu powiększa się lub zmniejsza. Wyobrażenia takie o naturze gazów prowadzą bezpośrednio do ważnego prawa, nazywanego prawem Mariotte'a i Gay-Lussac'a, według którego ciśnienie powietrza odpowiada ściśle gęstości i temperaturze powietrza.

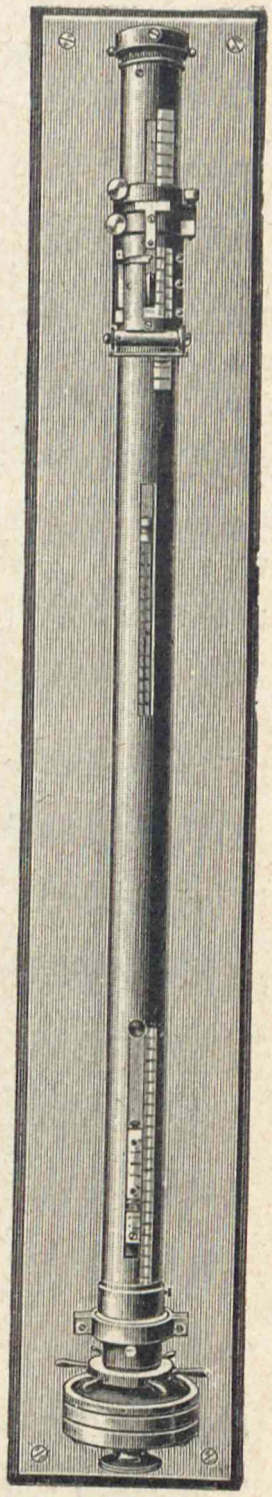
Oprócz tej prężności wewnętrznej działa wszakże na powietrze wywierana przez ziemię siła ciężkości, która usiłuje ściągnąć ku dołowi oddzielne cząstki powietrza, a ztąd nadaje ciężar całej masie powietrza. W oznaczonej przeto warstwie powietrza ciśnienie atmosferyczne wyrównywa ciężarowi warstw nad nią rozłożonych, a ze wzrostem wysokości wciąż słabnie i niknie wreszcie u kresów atmosfery. Na poziomie morza czyli w wysokości 0 metrów, ciśnienie powietrza, wyrażone przez odpowiadającą mu wysokość słupa rtęci, wynosi średnio 760 milimetrów; na najwyższej zaś górze ziemskiej, na szczycie Guarizankaru w górach Himalajskich, na wysokości 8 840 metrów, ciśnienie powietrza opada do 240 milimetrów. Jeżeli, biorąc pod uwagę ciężar rtęci, ciśnienie to wyrażamy w zwykłych jednostkach wagowych, znajdujemy najpierw, że każdy metr kwadratowy na powierzchni morza przy temperaturze 0^0 C i pod szerokością 45^0, odpowiednio do wysokości słupa czystej rtęci wysokiego na 760 milimetrów, uciskany jest ciężarem 10 333 kilogramów. To nazywa się ciśnieniem atmosfery. Bardzo łatwo daje się ztąd obliczyć, że człowiek dorosły na poziomie morza wskutek ciśnienia powietrza znosić musi średnio ciężar 15 500 kilogramów, który na szczycie Gaurizankaru zmniejsza się do 5 400 kilogramów. Jak to się dziać może, że organizm ludzki wytrzymuje obciążenie tak ogromne i jak dalece podołać może tak znacznym ubytkom ciśnienia, nie doznając zakłóceń istotnych, rozpoznamy to następnie.

Wielkość ciśnienia atmosferycznego mierzy się najdokładniej za pomocą barometru rtęciowego, wynalezionego przez Toricellego w 1644 roku; obecnie udoskonalono go tak dalece, że stał się przyrządem prawdziwie precyzyjnym, który pozwala odczytywać różnice nieprzechodzące $^1/_{100}$ milimetra. W zasadzie składa się barometr z rury szklanej, mającej wysokość około 800 milimetrów i szerokiej na 10 do 15 milimetrów, która jest wypełniona rtęcią, w końcu górnym zamknięta i zajęta próżnią, końcem zaś dolnym zanurzona pionowo w naczyniu z rtęcią. Wysokość słupa rtęci w rurze szklanej, liczona od powierzchni rtęci w naczyniu aż do jego wierzchołka, daje bezpośrednio miarę ciśnienia atmosferycznego, którego przyrost wywołuje podniesienie się barometru, i nawzajem. Ponieważ wysokość słupa rtęci oraz skali służącej do jej mierzenia ulega rozszerzalności

pod wpływem ciepła, wszystkie przeto odczytywania barometru muszą za pomocą odpowiednich tablic meteorologicznych być redukowane do 0°, by ztąd otrzymać liczby dające się z sobą porównywać. Taka poprawka co do temperatury wynosi np. przy wysokości barometrycznej 760 milimetrów i przy 20° C—2,5 milimetra. Ponieważ nadto w różnych wysokościach i szerokościach siła ciężkości rozmaicie wpływa na ciężar słupa rtęci, muszą też wskazania barometru być jeszcze redukowane za pomocą osobnych tablic do poziomu morza i do tak zwanej normalnej siły ciężkości pod 45 stopniem szerokości; niejednakowe to działanie siły ciężkości sprawia, że jednakie ciśnienie powietrza wskazywane jest na biegunach ziemskich przez słup rtęci o 4 milimetry krótszy aniżeli na równiku, wskutek bowiem spłaszczenia ziemi ciężkość na biegunach działa silniej niż na równiku.

Inny rodzaj barometrów, nie tak wprawdzie dokładnych, ale o wiele dogodniejszych, tworzą barometry metaliczne czyli aneroidy, złożone z puszek metalowych opróżnionych z powietrza, których sprężysta pokrywka wygina się odpowiednio do ciśnienia powietrza (rys. str. 488). Za pośrednictwem drążków i kółek ruch ten przenosi się na skazówkę, która przesuwa się obok podziałki, bieg więc jej może być porównywany z normalnym barometrem rtęciowym i w pewnych odstępach czasu kontrolowany. Aneroidy te dają się dogodnie przenosić i wymagają poprawek tylko co do temperatury. Nadają się korzystnie do pomiarów wysokości.

Trzeci rodzaj przyrządów do mierzenia ciśnienia atmosferycznego stanowią termobarometry, złożone z termometrów dozwalających oznaczać dokładnie punkt wrzenia wody. Temperatura mianowicie pary ponad wrzącą wodą zależna jest od ciśnienia powietrza i od wysokości, jak wskazuje następna treściwa tablica (według Hanna):



Barometr precyzyjny Fuessa.

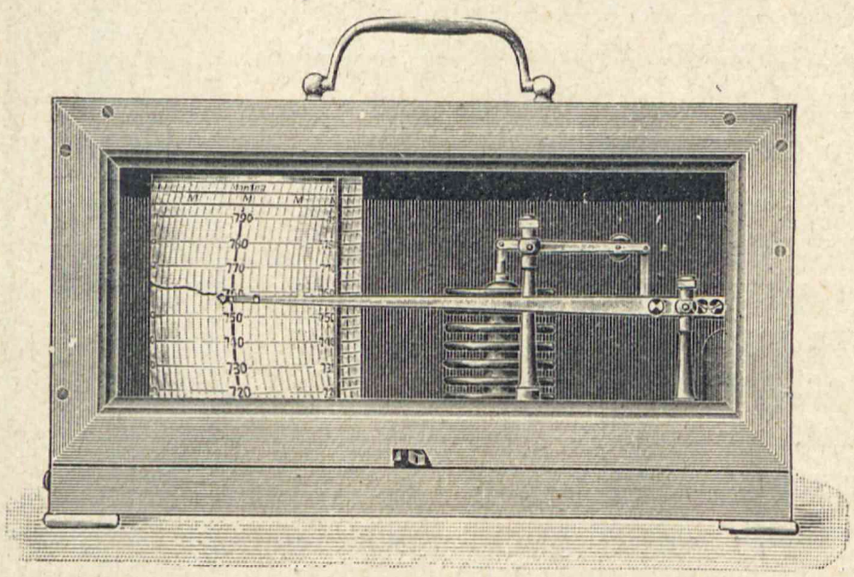
Ciśnienie powietrza:	760,0	707,3	657,7	611,0	567,1	526,0	487,3	451,0	417,0 milimetrów
Punkt wrzenia wody:	100°	98°	96°	94°	92°	90°	88°	86°	84° Celsiusa.
Wysokość nad morzem:	1	570	1150	1740	2340	2140	3550	4170	4800 metrów.

Rozkład ciśnienia powietrza atmosferycznego w kierunku pionowym.

Przytoczyliśmy już kilkakrotnie, że ciśnienie powietrza w atmosferze słabnie w miarę wznoszenia się ponad poziom morza, wzrasta zaś w miarę zagłębiania się pod powierzchnię ziemi. Astronom Halley wykrył ważne prawo, według którego zachodzi ta zmienność, a mianowicie, że ciśnienie powietrza słabnie w postępie geometrycznym, gdy wysokości nad poziomem morza wzrastają w postępie arytmetycznym*), zkąd wypływa, że ubytek

*) Postęp geometryczny o wykładniku 2 tworzy np. szereg liczb: 2, $2 . 2 = 4$, $2 . 4 = 8$, $2 . 8 = 16$, $2 . 16 = 32$ i t. d., postęp zaś arytmetyczny o tymże samym wykładniku szereg liczb: 2, $2 + 2 = 4$, $2 + 4 = 6$, $2 + 6 = 8$, $2 + 8 = 10$ i t. d.

ciśnienia atmosferycznego następuje daleko prędzej aniżeli przyrost wysokości. Na tej zasadzie polegają wszystkie wzory hypsometryczne, służące do obliczania wysokości ze stanu barometru, przyczem wszakże brać jeszcze należy pod uwagę temperaturę i wilgotność warstw atmosfery. O wpływie temperatury na gęstość powietrza mówiliśmy już wyżej; w porównaniu z nią przymieszka pary wodnej wywiera działanie znacznie mniejsze; najgęstsza nawet chmura kłębiasta może podwyższyć ciśnienie powietrze zaledwie o 0,4 milimetra. Jeżeli pragniemy wyprowadzić wysokość ze stanu barometru z przybliżeniem dostatecznie ścisłem, wystarcza znajomość tak zwanego stopnia czyli raczej gradjenta barometrycznego, który daje różnicę wysokości, odpowiadającą różnicy jednego milimetra w ciśnieniu atmosferycznem. Stopień ten barometryczny czyli stopień wysokości staje się coraz większy w miarę, jak wzrasta wysokość bezwzględna, a dla potrzeb życia zwyczajnego wystarcza, gdy go obliczamy w sposób przybliżony. Przyjmujemy, że wysokość atmosfery wynosi 8 000 metrów i liczbę tę dzielimy przez średnie ciśnienie atmosferyczne, panujące w warstwie powietrza, której wysokość oznaczyć mamy. W ten sposób otrzymujemy (według Hanna) następujące stopnie barometryczne:



Aneroid samopiszący.

Ciśnienie powietrza . .	760	700	650	600	550	500	450	400	350 milimetrów
Stopień barometryczny .	10,5	11,4	12,3	13,3	14,5	15,9	17,8	20,0	22,8 metrów.

Znaczy to naprzykład, że pod średniem ciśnieniem barometrycznem 760 milimetrów, a zatem na poziomie morza, zmniejszaniu się ciśnienia o jeden milimetr odpowiada przyrost wysokości nieco nad 10 metrów; ponieważ stopnie te wysokości służą dla temperatury zera, należy je poprawiać dla temperatur innych, a mianowicie potrzeba je na każdy 1^0 C o 0,4 odsetki podwyższać lub zniżać, stosownie do tego, czy temperatura przypada powyżej czy też poniżej zera. Prosty zresztą przykład starczy za dalsze wyjaśnienia. Wędrowiec wyrusza z Lucerny, gdzie przy $+14^0$ C barometr jego wskazywał ciśnienie 729,8 milimetra; dostaje się na wierzchołek Pilatusa i znajduje tam przy +8 C ciśnienie powietrza 596 milimetrów. Jak wysoko posunął się w górę? Średnie ciśnienie atmosferyczne między dolnem a górnem jego stanowiskiem czyni $(730 + 596) : 2 = 663$ milimetrów, odpowiadający temu stopień barometryczny $8\,000 : 663 = 12{,}07$ milimetra, który po wprowadzeniu poprawki dla temperatury $(14^0 + 8^0) : 2 = 11^0$ daje $12{,}07 \times 1{,}044 = 12{,}6$. Ponieważ zaś różnica ciśnienia między Lucerną



Doświadczenie Pascala, potwierdzające naukę o ciśnieniu atmosferycznem za pomocą wielkiego barometru napełnionego wodą.

Według rysunku A. Dressela.

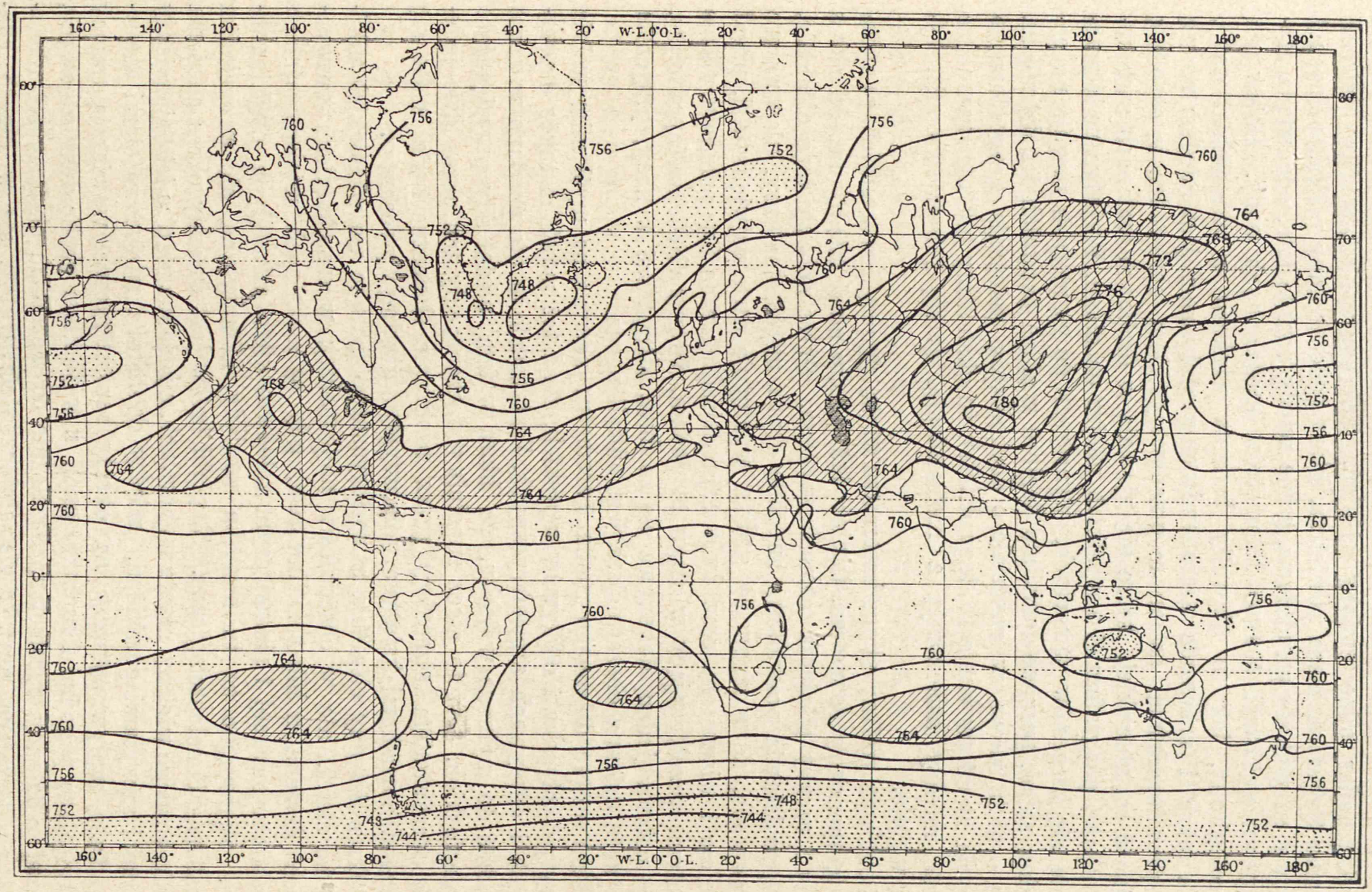
a szczytem Pilatusa wynosi 729,8 — 596 = 133,8, przeto różnica wysokości jest 133,8 × 12,6 = 1686, a ponieważ wysokość Lucerny nad poziomem morza czyni 454 metry, otrzymujemy przeto na wysokość szczytu Pilatusa nad poziomem morza 2140 metrów, co tylko o 7 metrów różni się od istotnej jego wysokości, oznaczonej dokładnemi pomiarami.

Rozkład ciśnienia atmosferycznego w kierunku poziomym na powierzchni ziemi

Porównywanie stanu barometru w różnych miejscach na powierzchni ziemi, jak to następnie zobaczymy, ma znaczenie zasadnicze dla znajomości wiatrów i pogody. By uwidocznić rozkład geograficzny ciśnienia atmosferycznego, postępujemy jak przy rozkładzie temperatury: obliczamy średnie wartości dzienne, miesięczne i roczne stanu barometru dla każdego miejsca, a po zredukowaniu ich do poziomu morza i do miar bezwzględnych, wnosimy je na kartę ziemi sporządzoną w rzutach Mercatora. Jeżeli następnie poprowadzimy linje przez wszystkie punkty jednakowego ciśnienia barometrycznego, otrzymamy tak zwane izobary, które zaproponował Renou 1864 r. w 50 lat po nakreśleniu przez Humboldta linji izotermicznych. Takie karty linji izobarycznych, które według Buchana najwłaściwiej sporządza się z zestawienia średnich miesięcznych ciśnienia barometrycznego, przy zużytkowaniu obfitego materjału obserwacyjnego dozwoliły wykryć już pewne wnioski ogólne o rozkładzie ciśnienia powietrza na powierzchni ziemi. Ponad lądami panuje w zimie wysoki, w lecie zaś nizki stan barometru, gdy na morzach ciśnienie powietrza w ogólności zachowuje się jednostajniej. Jedynie tylko na wielkich oceanach, rozciągających się od bieguna północnego do południowego, okazuje się rozkład ciśnienia nader osobliwy, w pobliżu bowiem równika oraz obu biegunów występują stateczne pasy ciśnienia nizkiego, gdy zarówno na północ równika między szerokością 30 a 40 stopni, jak i na półkuli południowej między 20 a 30 stopniem szerokości, istnieją stateczne pasy wyższego stanu barometru.

Szczególny ten, a do pewnego też stopnia prawidłowy, przebieg izobar wynika z przyczyn następujących. Izotermy i izobary ujawniają wyraźną zależność wzajemną, gdyż wysokie średnie temperatury roczne zbiegają się w ogólności z obszarami nizkiego ciśnienia atmosferycznego, i nawzajem. Morza, a nawet mniejsze zbiorowiska wody, mają wpływ szczególny na rozkład ciśnienia powietrza, ponad niemi bowiem wytwarzają się często najmniejszości barometryczne, które, jak zobaczymy następnie, sprowadzają rozległe ruchy powietrza. Nadto, silniej jeszcze aniżeli według izoterm kieruje się przebieg izobar według określonych wyżej anomalji cieplikowych, które przedstawiają zboczenia od prawidłowego rozkładu temperatury na ziemi. Wreszcie rozkład ciśnienia atmosferycznego zależy też od wielkich ruchów rytmicznych atmostery, które powstają skutkiem wyrównywania się ciepła między zimnemi prądami atmosferycznemi biegunów a prądami ciepłemi obszarów zwrotnikowych.

Nowsze puszukiwania wykazały niewątpliwie, że z jednej półkuli ziemi na drugą przepływają regularnie znaczne masy powietrza, co pochodzi ztąd, że na obu półkulach panują jednocześnie różne pory roku, a przepływ taki



Izobary czyli linje jednakiego ciśnienia atmosferycznego w styczniu.

Według „Meteorologie“ Hanna.

sprowadza nader silne zmiany ciśnień. Tak naprzykład, według obliczeń astronoma Spitalera, masa powietrza, która podczas zimy półkuli północnej przepływa na półkulę południową, gdzie wtedy panuje lato, odpowiada niesłychanemu ciężarowi 400 000 kilometrów sześciennych wody. Objaw ten meteorologiczny, jak to ujawniły badania naukowe w ostatnich czasach, posiada także i znaczenie astronomiczno-geodetyczne: jest bowiem rzeczą nader prawdopodobną, że on to przedewszystkiem sprowadza tę osobliwą chwiejność osi ziemskiej, która się ujawnia w drobnych zmianach szerokości i długości geograficznej wszystkich miejsc na ziemi. Perjodyczne to przesuwanie się biegunów ziemskich, wynoszące do 20 metrów rocznie na powierzchni ziemi, poznano dokładnie dopiero w ciągu ostatnich lat dziesięciu. Będzie o nich mowa w rozdziale o dochodzeniu położenia geograficznego miejsc na ziemi (w tomie IV tego dzieła); tu chcieliśmy jedynie zaznaczyć łączność między astronomją a meteorologją, co się i w tej kwestji wyraźnie wybija.

Ponieważ zmiany stanu barometru wiążą się przedewszystkiem ze zmianami temperatury powietrza, istnieć też przeto musi między innemi okres dobowy i roczny ciśnienia atmosferycznego. Okres dobowy tego ciśnienia, który przedstawia prawidłowy zupełnie objaw meteorologiczny, ujawnia się w ten sposób, że w ciągu 24 godzin występują dwie największości, przed południem i wieczorem, oraz dwie najmniejszości, rano i po południu. Okres ten zatem, przebiegający w ciągu 24 godzin, tworzy chwiejność podwójną, której połowa jedna dokonywa się za dnia, druga zaś w nocy, przyczem chwiejność dzienna obszerniejsza jest aniżeli nocna.

Cała postać dziennego ruchu barometru nasuwa na myśl mimowolnie objawy przypływów i odpływów morskich, zkąd też mówiono także o przypływach i odpływach atmosferycznych. Zestawienie to nie powinno wszakże prowadzić do mylnego wniosku, że biorą w tem udział siły przyciągające ciał niebieskich. Jest to rzecz zupełnie wyłączona; cały ten okres idzie jedynie za ogrzewaniem atmosfery przez promienie słoneczne i nie wiąże się zgoła ze stanowiskami księżyca, jak przypływy i odpływy oceanów.

Okres dzienny ciśnienia atmosferycznego istnieje we wszystkich miejscach na ziemi, ale w obszerności niejednakiej; w szerokościach zwrotnikowych dosięga 2 lub 3 milimetrów, gdy w niektórych miejscowościach strefy umiarkowanej i zimnej czyni zaledwie kilka dziesiątych części milimetra. Miarodajne są tu nietylko względy klimatyczne, ale w ogólności geograficzne i meteorologiczne. W głębi lądów jest dzienny okres ciśnienia atmosferycznego większy niż na wybrzeżach, a podobna różnica istnieje między nizinami i szczytami górskiemi, między dolinami i miejscowościami otwartemi. Dalej wpływ wyraźny na okresy barometryczne wywierają zmiany pogody (niebo pogodne i zachmurzone), z wyjątkiem okolic zwrotnikowych, gdzie bieg dzienny barometru, niezależnie od wszelkich okoliczności ubocznych, z uderzającą prawdziwie statecznością wybija się w dwóch charakterystycznych falach podwójnych. Jakkolwiek nie ulega wątpliwości, że

dobowa chwiejność ciśnienia pozostaje w jak najściślejszej łączności z dobowem ogrzewaniem atmosfery, mamy tu jednak do czynienia z objawem znacznie bardziej zawiłym, temperatura bowiem przedstawia w ciągu doby jeden tylko okres z jednem minimum i maximum, gdy ciśnienie atmosferyczne zdradza podwójną chwiejność dobową, która posiada dwie najmniejszości i dwie największości.

W jakiż więc sposób wyjaśnić się daje osobliwy ten przebieg dwuperjodowy z jednokrotnego okresu promieniowania słonecznego? Domysły dawniejsze utrzymać się nie mogły i w ostatnich dopiero czasach zdołano na pytanie to zyskać odpowiedź w pewnej mierze zadowalającą. Na podstawie dochodzeń teoretycznych, rozpoczętych już przed 40 laty przez astronoma monachijskiego Lamonta, a rozwiniętych dalej przez znakomitego fizyka angielskiego, lorda Kelwina, wykazał dokładnie I. Hann, że chwiejność dzienna barometru przedstawia drganie całej atmosfery. Ruch ten drgający, zależny od zmian temperatury, składa się w istocie rzeczy z całodobowej i półdobowej fali ciśnienia atmosferycznego, z których ta druga jest zwykle obszerniejsza i bardziej prawidłowa.

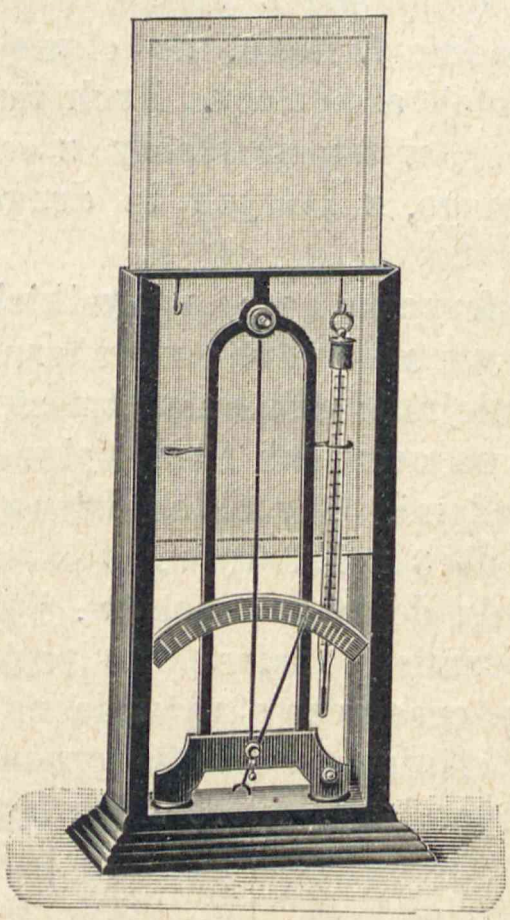
Oprócz okresu dobowego ciśnienie atmosferyczne we wszystkich miejscach ziemi przedstawia i okres roczny, w którym położenie geograficzne również znaczną rolę odgrywa. W ogólności chwiejność ciśnienia atmosferycznego, zależąca od następstwa pór roku, jest na oceanach i na wybrzeżach znacznie mniejsza aniżeli ponad wielkiemi lądami. Gdy okres dzienny stanu barometru obejmuje obszerność najmniej 2 do 3 milimetrów, to okres roczny przedstawia chwiejność dochodzącą niekiedy do 30 milimetrów. Typ lądowy tego ruchu rocznego cechuje się tem, że zmiany największe przypadają w lecie, a najmniejsze w zimie, gdy typ oceaniczny ujawnia najczęściej porządek odwrotny. Roczne te zmiany ciśnienia atmosferycznego przedewszystkiem również zależą od zmian temperatury, które się wiążą z następstwem pór roku.

* * *

Oprócz tych kołysań perjodycznych występują też w ciśnieniu powietrza liczne zmiany nieprawidłowe, wywoływane przez nagłe przeskoki w stanie ciepła lub pod wpływem gwałtownych ruchów atmosfery, rozpoznawanie ich wszakże powiodłoby nas zbyt daleko. Przytoczymy tu tylko, że największa różnica między najwyższym a najniższym stanem barometru, jaką w tem samem miejscu obserwowano, sięga prawie do 100 milimetrów. Tak w Paryżu chwiejność barometru pomiędzy lutym a grudniem 1821 r. wynosiła 68 milimetrów, w Szkocji pomiędzy 1884 a 1896 r. 96 milimetrów, co miało swe źródło w przyczynach meteorologicznych. Inny rodzaj chwiejności barometrycznej, który dla fizyki kuli ziemskiej ma ważne znaczenie, wydarzył się w jesieni 1883 roku po kilkakrotnie już wzmiankowanym wybuchu wulkanu Krakatau w cieśninie Sundzkiej. Przekonano się wtedy w wielu miejscach za pomocą barografów czyli barometrów samopiszących, że potężna fala, wzbudzona wstrząśnieniem atmosfery, kilkakrotnie okrążyła atmosferę ziemską.

Wilgotność powietrza.

Para wodna, pochodząca z ulatniania mórz, jezior, rzek, śniegu i lodu, roślin i ziemi wilgotnej, znajduje się w powietrzu wszędzie i w każdym czasie. Natężenie ulatniania zależy od temperatury, ciśnienia, ruchu powietrza i istniejącej już w powietrzu zawartości pary wodnej ponad powierzchniami, które ją wytwarzają. Przy temperaturze wyższej, przy słabszem ciśnieniu atmosferycznem, przy powietrzu suchszem i przy wiatrach ulatnianie zachodzi w mierze daleko wyższej, aniżeli w warunkach odpowiednio przeciwnych. W całym pasie zwrotnikowym, o ile jest przez morza zajęty (co czyni około trzech czwartych ogólnego jego obszaru), średnie ulatnianie roczne, wyrażone w wysokości zamienionej w parę warstwy wody, czyni przeszło 1,6 metra; w Madras, gdzie jest bardzo gorąco, ulatnianie roczne pewnego stawu wynosiło nawet w ciągu jednego roku 2,3 metra, a we wnętrzu Afryki i Australji ulatnianie roczne obejmuje ogromną wysokość około 2,6 metra.



Hygrometr włosowy.
Według Koppego.

Ilość pary wodnej, jaką przyjąć może powietrze, zależy od temperatury i razem z nią wzrasta. Powietrze jest nasycone parą wodną, gdy tyle jej zawiera, ile stan temperatury w danej chwili dopuszcza. Gdy para wodna posiada już prężność największą, jaka w danej temperaturze jest możliwa, oznaczamy temperaturę tę nazwą punktu rosy; a gdy temperatura powietrza opada niżej punktu rosy, powstający ztąd nadmiar pary wodnej wydzielać się musi w postaci wody, czyli tworzy opad wodny. Przez wilgotność względną powietrza rozumiemy stosunek pomiędzy rzeczywiście w niem istniejącą ilością pary a tą jej ilością, jaką przy panującej właśnie temperaturze powietrze najwyżej mogłoby zawierać; przy punkcie rosy przeto wilgotność względna powietrza czyni 100 odsetek. Przy temperaturze 20°C powietrze mogłoby zawierać parę wodną o najwyższej prężności 17,4 milimetra; jeżeli więc prężność rzeczywiście zmierzona wynosi tylko 8,7 milimetra, to wilgotność względną otrzymujemy ze stosunku $\frac{8,7}{17,4} = 0,50$, co w wyrażeniu procentowem daje 50 odsetek.

W jakiż więc sposób oznaczamy wilgotność powietrza?

Najdawniejszy i najprostszy tego rodzaju przyrząd jest hygrometr włosowy (str. 494), polegający na tej zasadzie, że odtłuszczony włos ludzki wydłuża się tem bardziej, im powietrze staje się wilgotniejsze. Hygrometr włosowy daje bezpośrednio wilgotność względną powietrza, gdyż w powietrzu zupełnie suchem (które otrzymać można jedynie sztucznie ponad stężonym kwasem siarczanym) wskazuje 0, a w nasyconem powietrzu wilgotnem 100.



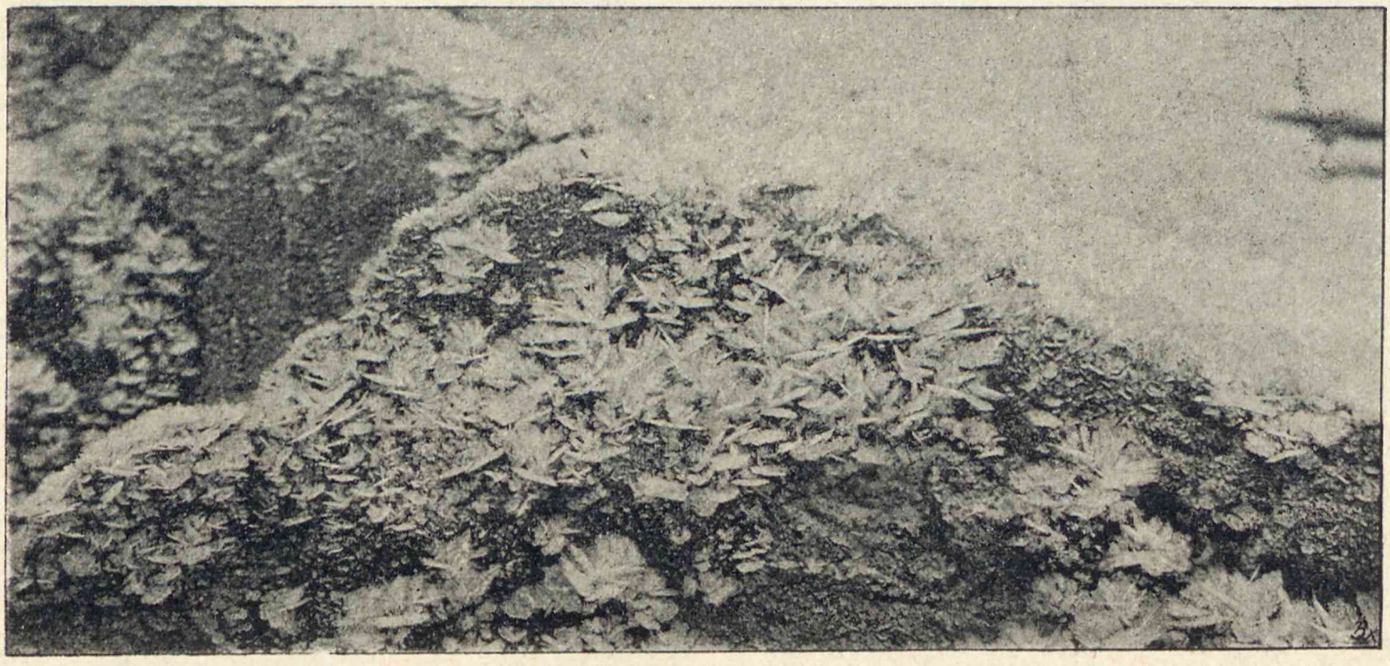
Morze obłoków, widziane ze szczytu góry.
Według fotografji instytutu meteorologicznego w Berlinie.

Do wyników dokładniejszych prowadzi psychrometr (rys. str. 479), składający się z dwóch jednakowych termometrów, z których jeden utrzymuje się w stanie suchym, drugi w wilgotnym. Termometr wilgotny wskutek parowania wody z powłoki wilgotnej ochładza się, zależnie od stopnia wilgotności powietrza, silniej lub słabiej, z różnicy więc wskazań termometru suchego i wilgotnego, przy pomocy ułożonych w tym celu tablic, obliczyć można prężność pary i wilgotność względną powietrza.

Podobnie, jak pod względem temperatury i ciśnienia atmosferycznego, tak i co do wilgotności rozpoznawać można rozkład jej pionowy i poziomy. Wraz z wysokością ponad poziomem morza ilość pary wodnej w otwartem zwłaszcza powietrzu dosyć szybko maleje, tak, że dziewięć dziesiątych części wszystkiej atmosferycznej pary wodnej mieści się w warstwie powietrza pomiędzy powierzchnią morza a wysokością około 5 kilometrów, naukowe zaś wyprawy balonowe, podejmowane w ostatnich czasach, wykazały, że w wysokości 8 kilometrów powietrze posiada setną już tylko część tej prężności pary, jaka panuje na powierzchni ziemi. Szybki ten ubytek zawartości pary wodnej w atmosferze wiąże się z silnem zniżaniem się temperatury w górnych warstwach atmosfery, a skutkiem tego pasma górskie umiarkowanej nawet wysokości tworzą doskonałą przegrodę dla opadów wodnych.

Rozkład wilgotności powietrza nad powierzchnią ziemi wykazuje, że ponad oceanami pozostaje dosyć stateczna, ponad lądami natomiast bardzo się zmienia, średnio od 20 do 90 odsetek. Najmniejsza wilgotność względna znajduje się w Afryce północnej obok oazy Kanor, gdy największą wilgotność średnią napotkać można w Azji północnej.

W ścisłej łączności z temperaturą okazuje wilgotność powietrza prawidłową chwiejność, która wybija się zwłaszcza wyraźnie w dobowym i rocznym okresie wilgotności względnej, co się też wiąże z odpowiednim biegiem prężności pary zawartej w powietrzu. Obszerność tylko kołysań jest w ogólności bardziej uderzająca we wnętrzu lądów i w strefach umiarkowanych, aniżeli na wybrzeżach i w okolicach zwrotnikowych. Tak np.



Kryształy lodowe w atmosferze.
Według fotografji prof. Futterera w Karlsruhe.

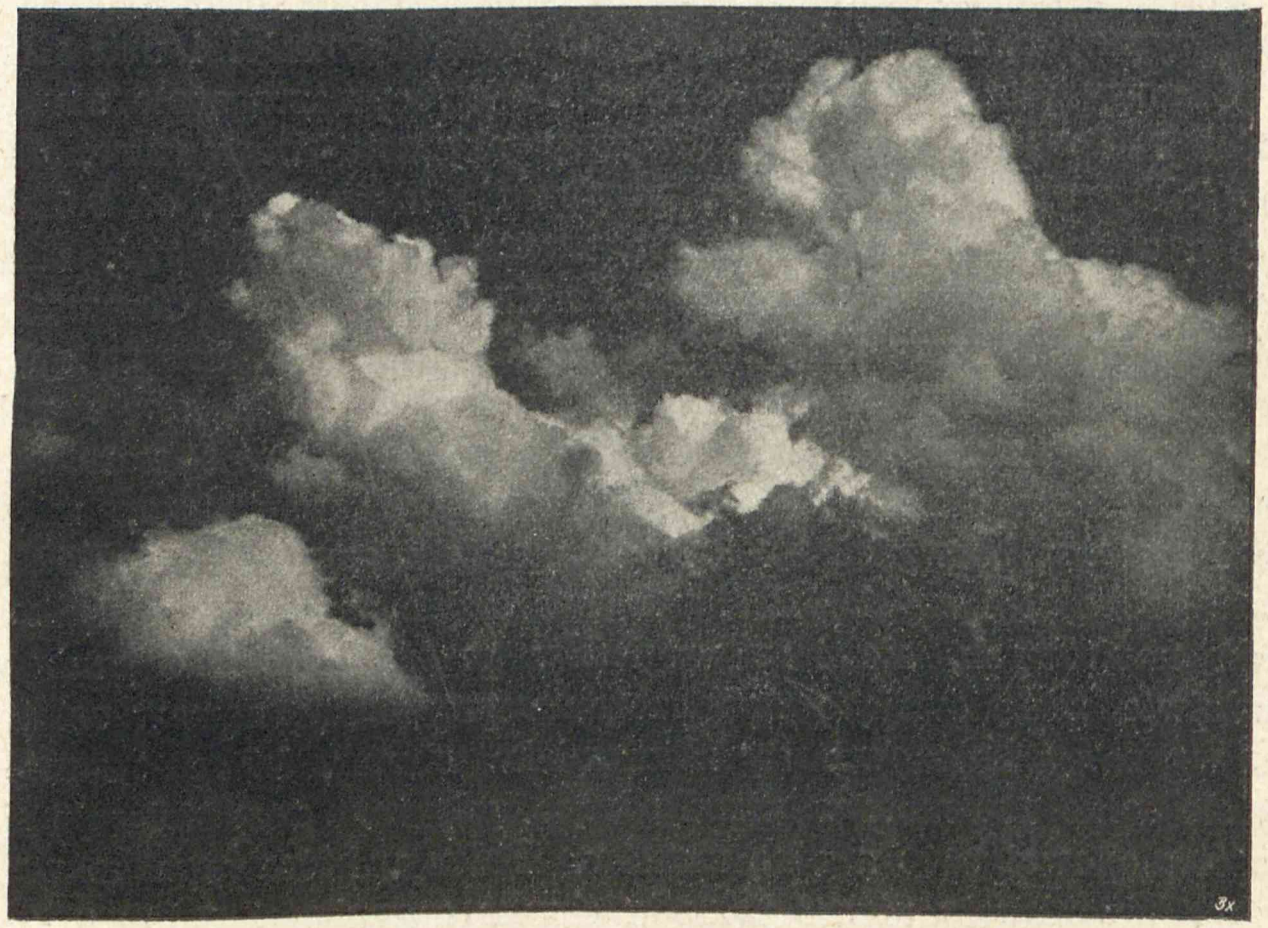
w Kairze bieg dzienny wilgotności względnej w lecie przedstawia się w sposób następujący:

Północ	3g	6g	9g	Południe	3g	6g	9g	
67	79	79	52	34	28	36	51	odsetek.

Podobnie, jak chwiejność dzienna wilgotności powietrza, tak i zmienność jej roczna okazuje, przynajmniej w nizinach, przebieg odwrotny względem przebiegu temperatury, najwyższym bowiem wskazaniom termometru odpowiada wilgotność największa, i nawzajem. W górach jednak zachodzi stosunek przeciwny, tam bowiem pora roku najchłodniejsza jest najsuchsza, najcieplejsza zaś zarazem najwilgotniejsza. W miejscach nadbrzeżnych, jak np. w Anglji, występuje słaba jedynie chwiejność wilgotności, średnio 8 do 10 odsetek, gdy w okolicach w głąb lądu usuniętych, jak np. w Indjach środkowych, średnia zmienność roczna dochodzi prawie do 60 dosetek.

Wiemy już, że w oznaczonej temperaturze powietrze oznaczoną tylko

ilość pary przyjmuje, a skoro temperatura ochładza się poniżej punktu rosy, para wodna skrapla się i tworzy osady w formie wody lub lodu. Jeżeli pod- Opady.
czas nocy pogodnej dolne warstwy tuż nad powierzchnią ziemi oziębiają się silnie skutkiem wysyłania ciepła przez promieniowanie, temperatura opada poniżej punktu rosy, a para wodna powietrza wydziela się w postaci drobnych kropel, które pokrywają ziemię i rozpościerającą się na niej roślinność. Jeżeli przytem temperatura obniża się poza punkt krzepnięcia wody, rosa pada w postaci kryształów lodowych, jako szron. W samej atmosferze ze skraplania się pary w kropelki wody powstaje mgła i chmury. W ostatnich czasach zdołał Assmann zmierzyć te najdrobniejsze, w powietrzu



Chmury kłębiaste.
Według fotografji K. Graffa w Berlinie.

bujające, kropelki i poznał, że średnica ich przypada między 6 a 17μ (1μ=0,001 milimetra); gdy dochodzą wymiarów około 40μ, cząsteczki te mgły i chmur nie mogą się już w powietrzu utrzymać, ale opadają jako deszcz. Z nowszych doświadczeń wiadomo, że objawom skraplania w atmosferze sprzyjają mikroskopowo drobne pyłki, które działają jakby jądra, przyśpieszające zgęszczanie się pary. Zapewne doniosłe także znaczenie przypada tu jonom, czyli owym najdrobniejszym cząstkom, naelektryzowanym ujemnie lub dodatnio, które tak pomyślnie posłużyły do wyjaśnienia elektryczności atmosferycznej; z pewnych skazówek wnosić można, że właśnie jony ujemne tworzą najskuteczniejsze jądra takiego skupiania się pary wodnej.

Mgła rozwija się zwłaszcza w dolnych warstwach powietrza, gdy

wilgotne i ciepłe powietrze wieje ponad zimną powierzchnią ziemi, lub też nawzajem, gdy powietrze zimne znajduje się ponad rozległą i ciepłą powierzchnią wody; w ten sposób tworzą się mgły miejskie, polne i morskie. W ten sam sposób, przez oziębienie się poniżej punktu rosy powietrza przejętego parą wodną, powstają chmury, które tedy są tylko mgłą zdala widzianą. Tak drobne kulki wodne, o średnicy wynoszącej około 0,02 milimetra, utrzymują się w powietrzu już przez nader słabe prądy wstępujące. Różne rodzaje chmur ująć się dają w trzy główne typy: chmury pierzaste (cirrus), kłębiaste (cumulus) i warstwowe (stratus), często jednak występują formy pośrednie, jak pierzasto-warstwowe (cirro-stratus), pierzasto-kłębiaste (cirro-cumulus) i t. d. Jedynie tylko zdjęcia fotograficzne lub rysunki bardzo dokładne dawać mogą trafne obrazy tych utworów atmosferycznych, zmieniających się do nieskończoności i ustawicznie.

Chmury pierzaste są to cienkie i dosyć przezroczyste smugi w wysokości 7 do 11 kilometrów. Chmury pierzasto-warstwowe, okrywające niebo jakby osłony przejrzyste, przypadają nieco niżej, od 6,5 do 9 kilometrów; chmury pierzasto-kłębiaste, zwane także barankami, rozłożone są prawie statecznie w wysokości 6,5 do 7,5 kilometrów. Chmury kłębiaste, występujące zwłaszcza przy temperaturach wyższych, unoszą się w wysokości 1,4 do 1,8 kilometra i piętrzą w szczyty białe, silnie połyskujące w świetle słonecznem. Chmury warstwowe i kłębiasto-warstwowe są to pospolite formy chmur w dolnych warstwach powietrza, między 1000 a 2000 metrów, barwy ciemnej i o zarysach niewyraźnych. Dokładna znajomość grubości i szybkości chmur ma ważne znaczenie nietylko dla wymagań naukowych, ale i ze względów praktycznych. O grubości chmur prawdziwie zdumiewające spostrzeżenia przyniosły nam w ostatnich czasach wyprawy balonowe: są zbiorowiska chmur, które tworzą warstwę niewiele tylko 100 metrów przechodzącą, gdy inne rozpościerają się na rozległości pionowej 9000 z górą metrów. Balony, które wysoko wzbijały się w górę, przebiegały nieraz pokłady chmur o grubości 5 lub 6 kilometrów, złożone z płatków śnieżnych i kryształów lodowych. Pojmujemy łatwo, że przy takiej podróży zrywa się wszelka możność orjentowania, zarówno za pomocą przedmiotów ziemskich, jak i gwiazd rozrzuconych na niebie.

Szybkość biegu chmur nastręcza nam najważniejsze wskazówki o ruchach powietrza w górnych warstwach atmosfery. Z postrzeżeń całorocznych okazują różne rodzaje chmur następującą szybkość średnią w metrach na sekundę: chmury pierzaste 27, pierzasto-warstwowe 25, pierzasto-kłębiaste 21, warstwowo-kłębiaste 10 i kłębiaste 9 metrów. Dostrzegamy ztąd łatwo, że średnia szybkość chmur wzrasta z ich wysokością ponad powierzchnią ziemi; dla chmur pierzastych największa dostrzeżona prędkość średnia wynosi 100 metrów, dla chmur kłębiastych 30 metrów na sekundę.

Wielkość zachmurzenia oznacza się zwykle w ten sposób, że w pewnej chwili oceniamy, jak wielka przestrzeń nieba pokryta jest sumą wszystkich



Krajobraz w Tyrolskich Alpach Środkowych podczas fenu.

Główny przedmiot obrazu stanowią potężne kłęby chmur, powstające stąd, że prąd powietrza przekraczając góry, oziębia się niżej punktu rosy zawartej w nim pary wodnej. Toż samo tyczy się poniższego obrazu bory.



Pustynia Karstu w Dalmacji północnej podczas bory.

Gdy chmury fenu przedstawiają się, jakby mury obłoków na górach się piętrzące, mają chmury fenu raczej pozór ławic obłoków, rozpostartych na grzbiecie górskim.

Według obrazu dr. F. Kerneia w Wiedniu.



Zbliżanie się burzy na południowo-wschodniem wybrzeżu Hiszpanji.

Gorącą burzę *(leveche)* przybywającą z Afryki północnej, z okolic leżących naprzeciwko Hiszpanji, zapowiadają wynurzające się na poziomie morza brunatne smugi obłoków; zabarwienie to pyłu unoszonego przez prąd powietrza i rozpościerającego się nad morzem

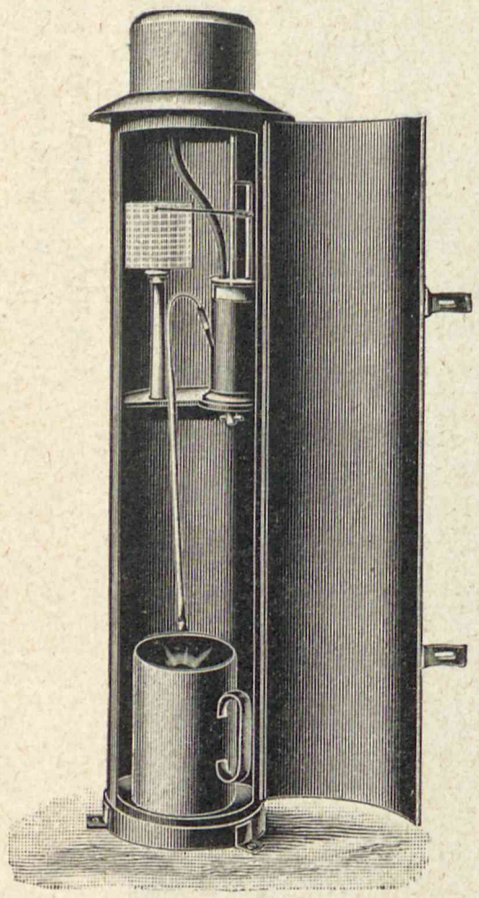


Czepiec chmur na szczycie Etny w Sycylji.

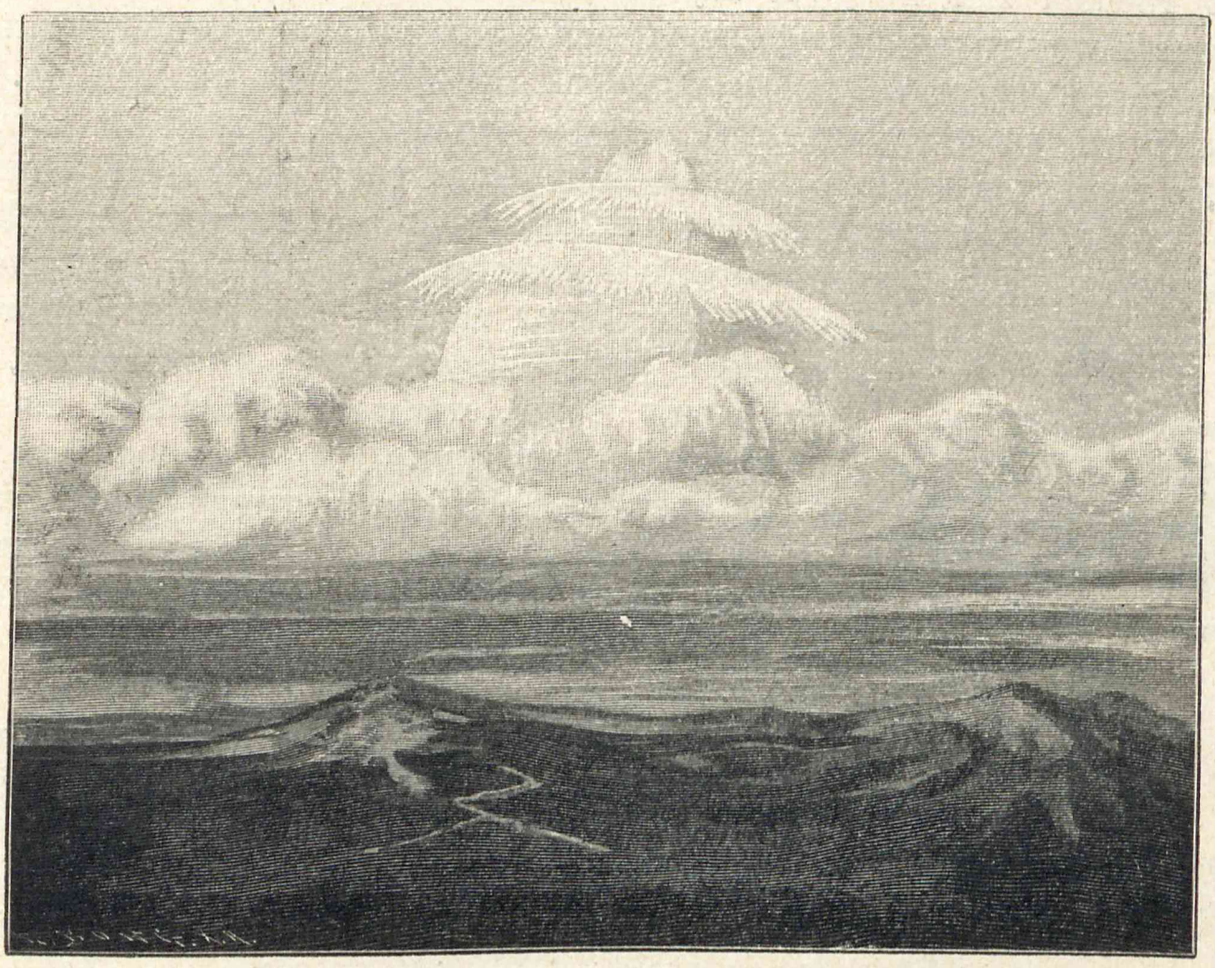
Według fotografji obserwatorjum w Katanji.

chmur na niem rozpostartych, przyczem zachmurzenie całkowite nieba wyraża się liczbą 10, niebo zaś zupełnie pogodne zerem. Obserwacje długotrwałe wykryły, że zachmurzenie ulega okresowi dobowemu i rocznemu, co wiąże się z natężeniem promieniowania słonecznego. Zachmurzenie rozkłada się także bardzo rozmaicie według położenia geograficznego różnych miejscowości i stanowi ważny czynnik klimatyczny; im słabsze jest zachmurzenie w danem miejscu, tem dłużej trwa tam pełny blask słońca, który ma ważny wpływ na klimat ze względu na własności dezinfekcyjne promieni słonecznych. Pod tym względem wymowne będą następujące przykłady, które dają liczbę dni zupełnie bezsłonecznych: Petersburg 111, Hamburg 109, Magdeburg 78, Pola 38, Kimberley (Afryka południowa) 5.

Jeżeli skraplanie pary wodnej zachodzi szybko i wciąż się wzmaga, to zależnie od temperatury panującej w warstwie chmur opad wydziela się w postaci deszczu, śniegu lub bryłek lodowych. Wielkość kropel deszczu nie przekracza średnicy 7 milimetrów, a największe dostrzeżone krople ważą około $^1/_7$ grama. Skład wody deszczowej, oprócz cząstek pyłu, okazuje zawartość związków azotu, amoniaku i różnych kwasów azotowych, których powstawaniu sprzyjają wyładowania elektryczne, widzialne i niewidzialne. Dowóz takich użyzniających związków azotowych do gruntu za pośrednictwem deszczu jest nawet w klimacie naszym dosyć znaczny i wynosi około 10 kilogramów rocznie na powierzchnię hektara. Temperatura deszczu jest średnio o 3 lub 4 stopnie niższa od temperatury powietrza; jeżeli temperatura opada poniżej punktu marznięcia wody, opad przedstawia formy krystaliczne, lepiej lub gorzej rozwinięte, jako śnieg, krupy lub grad, przyczem kryształki śniegu układają się w formy ozdobne, osobliwie symetryczne. Na wysokich górach ziemi gromadzą się opady atmosferyczne, tworząc tam śniegi i lodniki, które mają również doniosłe znaczenie w meteorologji, jak i w geologji. Częstość opadów wskazuje się liczbą dni, podczas których pada deszcz lub śnieg, ilość zaś opadu oznacza się za pomocą odpowiednich deszczomierzy czyli pluwiometrów (rys. oboczny), które służą do chwytania deszczu i śniegu, a ztąd pozwalają oceniać wysokość deszczu w milimetrach. Ilość i rozkład opadów na powierzchni ziemi są to czynniki najdonioślejszego znaczenia nietylko dla bogactwa życia roślinnego, ale i dla dobrobytu człowieka. W ogólności okolice ziemi, ponad któremi panuje wysokie ciśnienie atmosferyczne, są ubogie w deszcze, gdy obszary ciśnienia nizkiego, zwłaszcza przestrzenie morskie, posiadają opady obfite. Wiatry morskie sprowadzają znaczne zasoby deszczu, wiatry lądowe są w nie skąpe; dlatego



Deszczomierz samopiszący.
Według Hallmana.



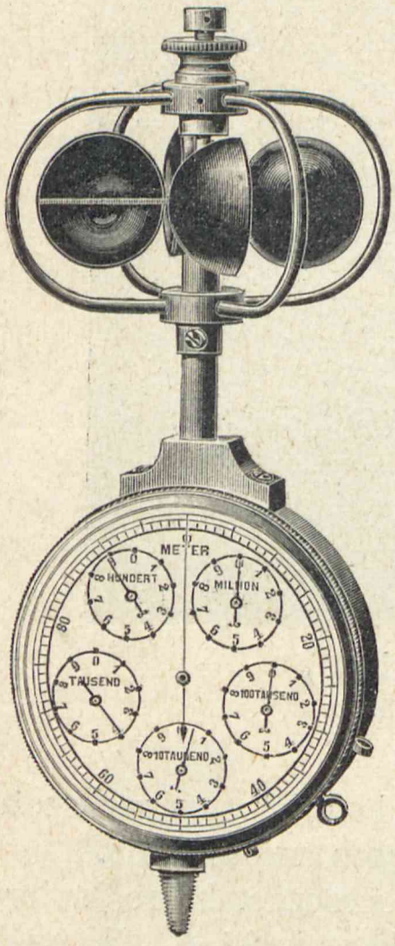
Chmura gradowa nad Alpami Julijskiemi,
obserwowana w Wenecji 27 kwietnia 1895.
Według Cornu.

u nas deszcze padają przeważnie przy wiatrach zachodnich, na wybrzeżu wschodniem Ameryki północnej natomiast przy wiatrach wschodnich.

Ilość opadu posiada także swoje okresy dobowe i roczne, które dopiero niedawno wykryć się dały na podstawie długoletnich postrzeżeń. W ogólności jest natężenie opadów przed południem o wiele mniejsze aniżeli po południu i wieczorem, a w szerokościach pośrednich największe ilości deszczu przypadają na godziny od 2 do 6 po południu, najmniejsze na godziny od 4 do 6 rano. Co się tyczy rocznego okresu deszczu, to w Europie północno-zachodniej w ogólności największość ich ma miejsce w jesieni (październik), najmniejszość zaś na wiosnę (kwiecień). Deszcze nader ulewne i krótkotrwałe nazywają się powszechnie oberwaniem chmury; deszczom takim towarzyszą zwykle burze, a niekiedy w ciągu jednego dnia ulewy takie wydać mogą opady do 50 centymetrów wysokości. W jaki sposób tak potężne ilości wody nagle zjawiać się mogą, tego dotąd dobrze nie wiemy. Gęsta nawet chmura grubości 4 kilometrów mogłaby wylać tylko warstwę wody wysokości 4 centymetrów, co oberwania chmury bynajmniej wywołać nie może; tak ogromne ilości deszczu pojąć się daje jedynie przez wstępujące wiry powietrzne, które ze wszech stron ściągają zasób pary wodnej.

Warstwy atmosfery naszej nie pozostają nigdy w spokoju, ale ulegają

Wiatry. wciąż ruchom zmieniającym się co do kierunku i natężenia. Prądy powietrzne i wiatry przybywają ze wszech stron poziomu i przebiegają z prędkością różną, która dochodzić może aż do 40 metrów na sekundę. Gdy szybkość wiatru nieznacznie tylko sięga ponad zero, panuje w powietrzu cisza, a powiew powietrza daje się nam bez pomocy przyrządów uczuć dopiero wtedy, gdy szybkość jego przechodzi nieco 1 metr na sekundę. Wiatry słabe wieją z szybkością do 4 metrów, umiarkowane do 7 metrów, dosyć silne do 11 metrów, silne do 17 metrów; gdy szybkość jest większa jeszcze, do 28 metrów, wiatr nazywamy burzą, wichurą, a szybkość 29 do 40 metrów tworzy orkany.

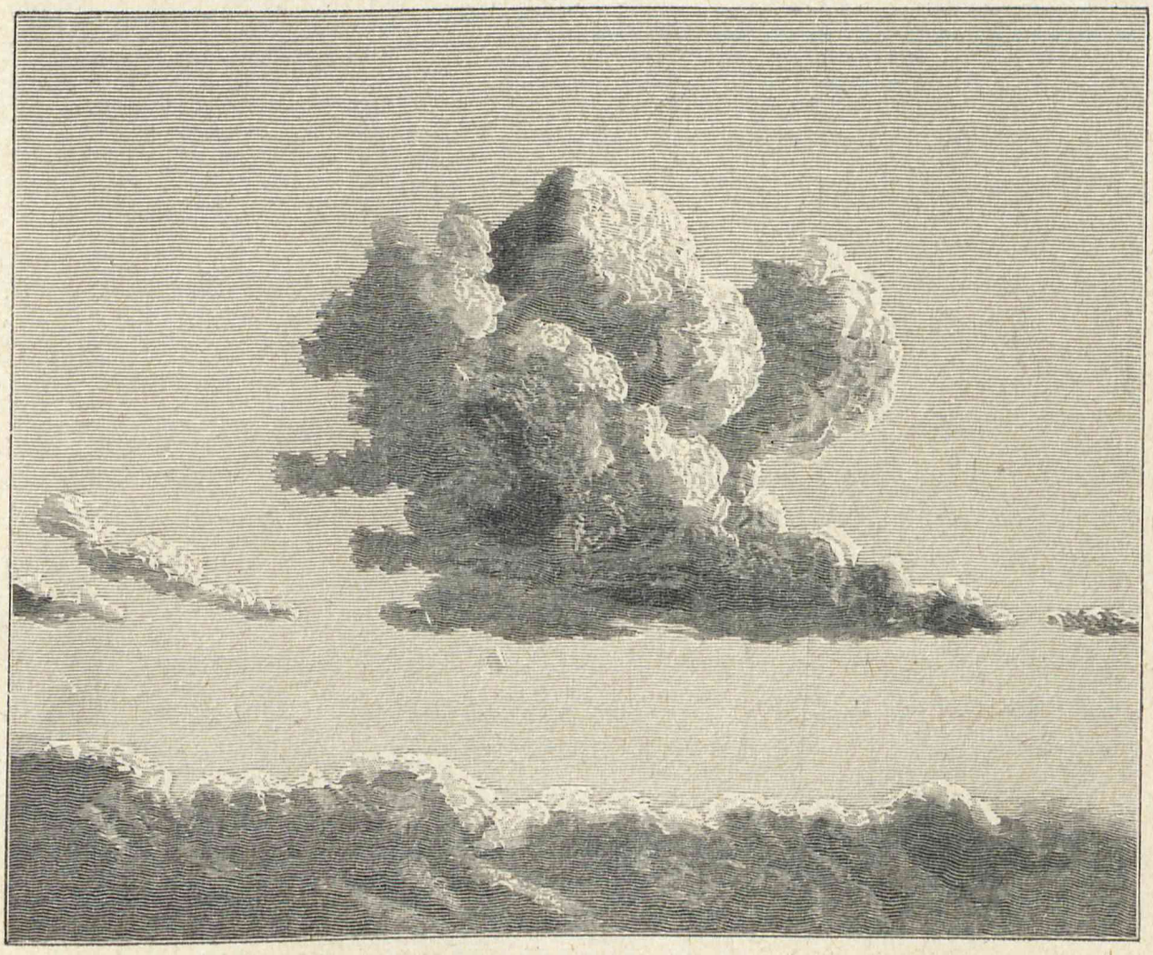


Przyrząd kieszonkowy do mierzenia siły wiatru.

Zanim wynaleziono przyrządy do mierzenia prędkości wiatru czyli anemometry, oceniano siłę wiatru z jego działań widocznych, najczęściej według dwunastostopniowej skali Beauforta (0—cisza, 12—orkan), która i dotąd jeszcze używana jest na morzu. Do dokładnych pomiarów szybkości wiatru służą najlepiej anemometry Robinsona, złożone z krzyża obracającego się na osi pionowej, którego ramiona zakończone są półkulami wydrążonemi; obroty krzyża przenoszą się na wskazówki urządzenia zegarowego i pozwalają oznaczyć szybkość wiatru (rys. oboczny). Kierunek wiatru mierzy się za pomocą chorągiewek ruchomych, a niektóre z nich urządzone są jako anemografy, to jest zapisują wskazania swe automatycznie. Przyrządy takie służą oczywiście tylko dla wiatrów w niższych warstwach powietrza, gdy prądy powietrzne w górnych warstwach atmosfery dochodzą się z biegu chmur, które zwłaszcza dosyć dokładnie oznaczane być mogą w zwierciedle poziomem, opatrzonem kreskami, czyli w tak zwanym nefoskopie.

Zkądżeż biorą się wiatry? Widzieliśmy już wyżej, że różnice temperatury w warstwach powietrza wywołują też różnice w ciśnieniu atmosferycznem, które sprowadzają ruchy powietrza w kierunku poziomym czyli wiatry, jeżeli występują w warstwach obok siebie rozmieszczonych. Ztąd zmiany ciśnienia tworzą przyczyny bezpośrednie, zmiany zaś temperatury przyczyny pośrednie wiatrów, których początek zresztą daje się wytłomaczyć i w sposób następujący. Ponad silnie przez promienie słoneczne rozgrzaną okolicą rozwija się wstępujący prąd powietrza, a ztąd powietrze ulega tam rozrzedzeniu i powstaje zniżka czyli depresja barometryczna, gdy w otaczających miejscach chłodniejszych panuje wyższe ciśnienie atmosferyczne; opróżniająca się więc ponad miejscem ogrzanem przestrzeń wywiera działanie ssące na cząstki powietrza, zewnątrz niej przypadające, a ztąd

powstaje wiatr, który wieje z obszarów ciśnienia wyższego ku przestworom ciśnienia niższego. Wiatry lądowe i morskie, znane już filozofom greckim, ujawniają cały ten przebieg w sposób najprostszy. Gdy za dnia ląd stały rozgrzewa się silniej aniżeli morze, powietrze przypływa od strony wody jako wiatr morski; wieczorem, skoro rozgrzewanie się lądu ustaje, wiatr staje się spokojniejszy. Gdy wszakże w nocy, skutkiem wysyłania ciepła przez promieniowanie, ląd oziębia się silniej aniżeli morze, powietrze wieje w stronę morza jako wiatr lądowy. Podobny proces dokonywa się



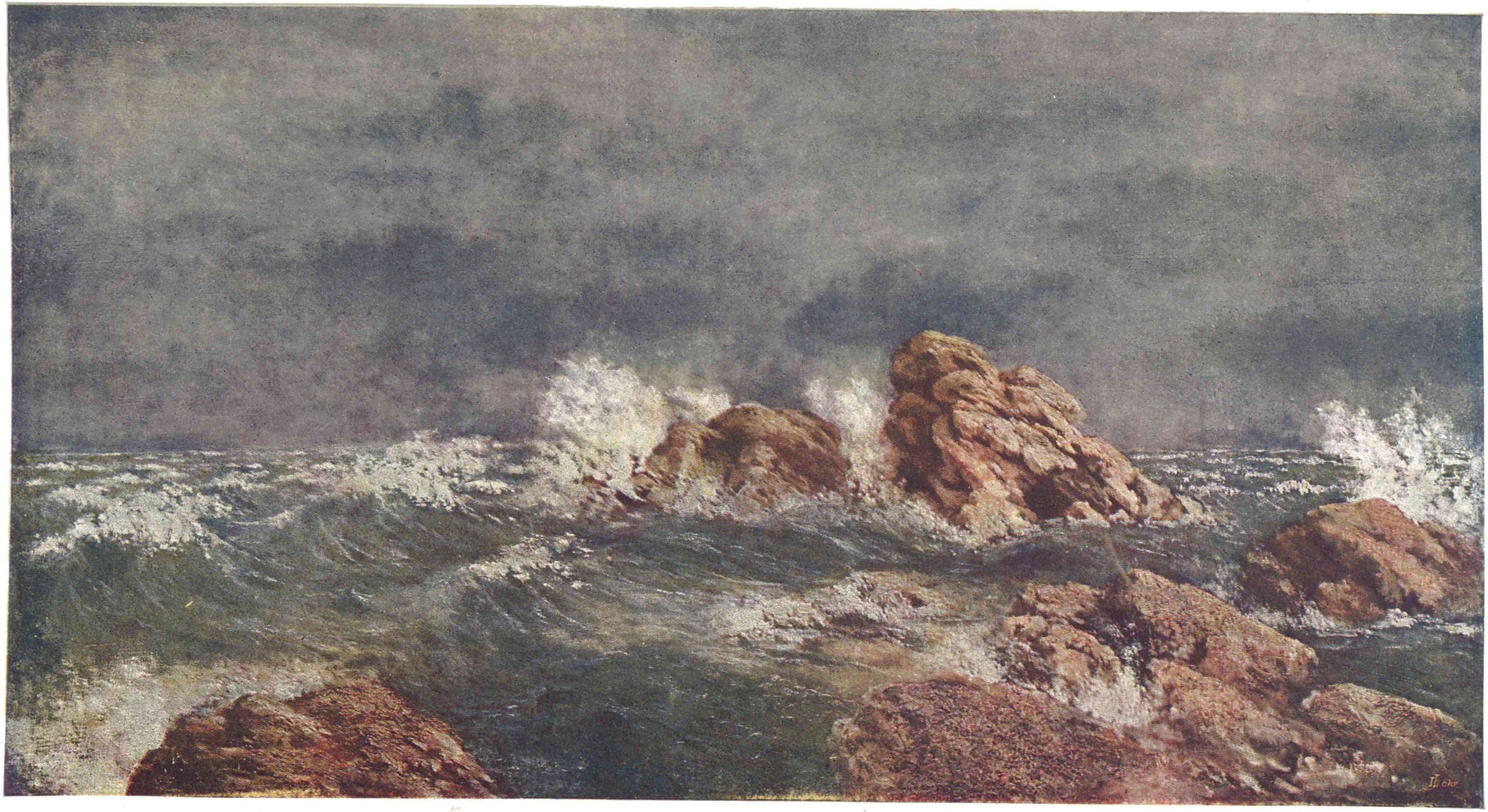
Chmura deszczowa.
Według K. Flammariona „L'Atmosphère."

też na potężną skalę w ogólnym obiegu atmosferycznym na ziemi pomiędzy gorącemi zwrotnikami a zimnemi biegunami. W pobliżu równika wznosi się powietrze w górę z okolic gorących i odpływa w stronę biegunów ku dziedzinom chłodniejszym, gdy dołem wdziera się powietrze od stref biegunowych. Tą drogą powstaje na obu półkulach ruch dolnych cząstek powietrza w kierunku południkowym, na półkuli północnej ku południowi, a na półkuli południowej ku północy. Wskutek wirowego ruchu ziemi od zachodu ku wschodowi, odzwierciadlającego się w pozornym obrocie sfery niebieskiej od wschodu ku zachodowi, wiatry te, które na ziemi nieruchomej wiałyby w kierunku południkowym, ulegają zboczeniu, na półkuli północnej na prawo (ku wschodowi), a na półkuli południowej na lewo (ku wschodowi), powstają ztąd zatem w obrębie pasa $\pm 30^0$ po obu stronach

równika stateczne wiatry północno-wschodnie i południowo-wschodnie, zwane pasatami, albo dobitniej jeszcze z angielskiego wiatrami handlowemi („trade-winds“), są bowiem jak największego znaczenia dla statków żaglowych. Dla tych właśnie wiatrów, występujących tak prawidłowo, a zwykle także z siłą dosyć stateczną, odważni żeglarze hiszpańscy średniowiecza nazwali zwrotnikowe części oceanu Atlantyckiego i Spokojnego morzem damskiem— „Golfo de las Damas“. Dolnym tym pasatom, które na półkuli północnej wieją od północo-wschodu na południo-zachód, a na półkuli południowej od południo-wschodu na północo-zachód, odpowiadają w wyższych warstwach atmosfery pasaty górne, mające kierunki względem powyższych wręcz przeciwne. Aby je dostrzedz, nie wystarcza wstąpienie na wysoką górę, jak na szczyt Mauna Loa na wyspach Hawajskich lub na Pik Teneryfski na Maderze, ale można je rozpoznać jedynie z biegu chmur wysoko się unoszących, zwanych obłokami pasatów.

Tuż nad równikiem, gdzie powietrze gorące wznosi się pionowo, ruch ten uczuć się nie daje jak wiatr poziomo przebiegający, rozpościera się tam przeto pas ciszy, którego słusznie tak się obawiają marynarze statków żaglowych; powietrze jest tam ciężkie i duszne, a upał nieznośny niekiedy tylko ochładza się przez gwałtowne burze i ulewy. Nietylko wszakże na dwóch największych oceanach, rozciągających się od bieguna do bieguna, Atlantyckim i Spokojnym, ale i na rozłożonym między Afryką, Indjami Australją oceanie Indyjskim z powodu opowiedzianych tu prądów powietrznych występują wiatry prawidłowe, wielkiej doniosłości dla pogody i żeglugi, monsunami zwane, które od kwietnia do października wieją od południo-zachodu, a w pozostałych sześciu miesiącach roku od północo-wschodu. Rozgrzany, mianowicie w gorącej porze roku, ląd indyjski wywołuje prąd powietrza morskiego ku północo-wschodowi od południo-zachodu, a gdy półkula południowa ma lato, powietrze silniej ponad morzem rozgrzane płynie ku południo-zachodowi z północo-wschodu. Podobnego rodzaju wiatry, chociaż może nie tak stateczne i nie tak wybitnie wyraźne, napotyka się i w innych okolicach ziemi. Znane nawet wiatry od gór i od dolin wiejące rozumiane być mogą jako monsuny dobowe, wywoływane rozgrzewaniem się stoków górskich w ciągu dnia i następującem potem oziębianiem się ich podczas nocy.

Od tych wiatrów prawidłowych, obejmujących rozległe obszary atmosfery ziemskiej, przejdźmy teraz do ustawicznie zmiennej gry wiatrów, która wydaje się tak samowolną i nieobliczalną. Pozorną tylko wszakże jest nieprawidłowość taka, a bystre oko badacza wprowadzić zdołało ład i prawo do tak chaotycznej na pierwszy rzut oka plątaniny wiatrów. Widzieliśmy już wyżej, że powietrze przepływa z obszarów wyższego do obszarów niższego ciśnienia, a przy rozpoznawaniu ciśnienia atmosferycznego poznaliśmy, że karty linji izobarycznych dają rozkład ciśnienia atmosferycznego na ziemi. Gdyby więc ruch powietrza zależał jedynie tylko od różnic w ciśnieniu atmosferycznem, wiatry musiałyby dąć od izobar wyższego ku izobarom



Wybrzeże Dalmacji podczas wiatru „sirocco.“

Obraz przedstawia niebo zachmurzone podczas wiatru sirocco w końcu zimy; widzimy tu długie jasno-szarawe smugi obłoków, między któremi, w bliższych zwłaszcza poziomu pasach nieba, przeciągają drobne chmury, ciemniejsze i poszarpane.



Dolina Nilu dolnego podczas wiatru „chamsin."

Chamsin, dolinie tej właściwy, jest to wiatr przejęty pyłem, ale bez gęstych chmur, cechujących burze piaskowe; gdy dmie, powietrze jest jednostajnie zamącone w zabarwieniu czerwono-żółtem.



Samum w pustyni Libijskiej.

W rozległem morzu piaskowem pustyni Libijskiej podnosi samum z powierzchni ziemi gęste tumany piasku i pędzi w postaci wysokich obłoków, zaciemniających niebo na znacznej przestrzeni. Grzbiety wydm, które się zwykle wyraźnie wybijają, okazują teraz zarysy zupełnie rozlane, co się tam nazywa „dymieniem wydm."
Według obrazów dr. F. Körnera w Wiedniu.

niższego ciśnienia. Ale kula ziemska obraca się dokoła swej osi, a wraz z nią wirują wszystkie warstwy powietrza atmosferycznego od zachodu ku wschodowi, ulegając ztąd na półkuli północnej zboczeniu na prawo, a na półkuli południowej na lewo. Wielkość tego odchylenia pozostaje w prostej zależności od szerokości geograficznej miejsca, gdzie się znajduje pozostająca w ruchu cząstka powietrza, i ulega podobnemu prawu, jak odchylenie przypływów i odpływów (str. 450). Od największości więc do najmniejszości ciśnienia barometrycznego cząstki powietrza dążą po drogach odchylonych, które odstępują odkierunkuprostolinijnego, zkąd ruch ten, jak to rozpoznali Dove, Buys-Ballot i in., dokonywa się w postaci wirów. Prawo wiatrów, nietylko z postrzeżeń ujęte, ale uzasadnione także matematycznie, wyrazić się daje w sposób następujący: Powietrze płynące od wyższego do niższego ciśnienia atmosferycznego ulega na półkuli północnej zboczeniu na prawo, na półkuli południowej na lewo, w ten sposób, że gdy na półkuli północnej zwróceni jesteśmy do wiatru grzbietem, mamy najmniejszość barometryczną na lewo i nieco ku przodowi, największość zaś na prawo i nieco ku tyłowi; jeżeli znajdujemy się na półkuli południowej, należy tylko przestawić wyrażenia — na prawo i na lewo. Ponieważ wszakże prąd ten powietrza od ciśnienia wyższego do niższego przebiega ruchem wirowym, nigdy przeto dosięgnąć nie może samego punktu najmniejszości, ale raczej okrąża go tylko po drogach spiralnych. Ruch taki powietrza dokoła najmniejszości nazywa się ruchem cyklonalnym, ruch obok największości ruchem antycyklonalnym.

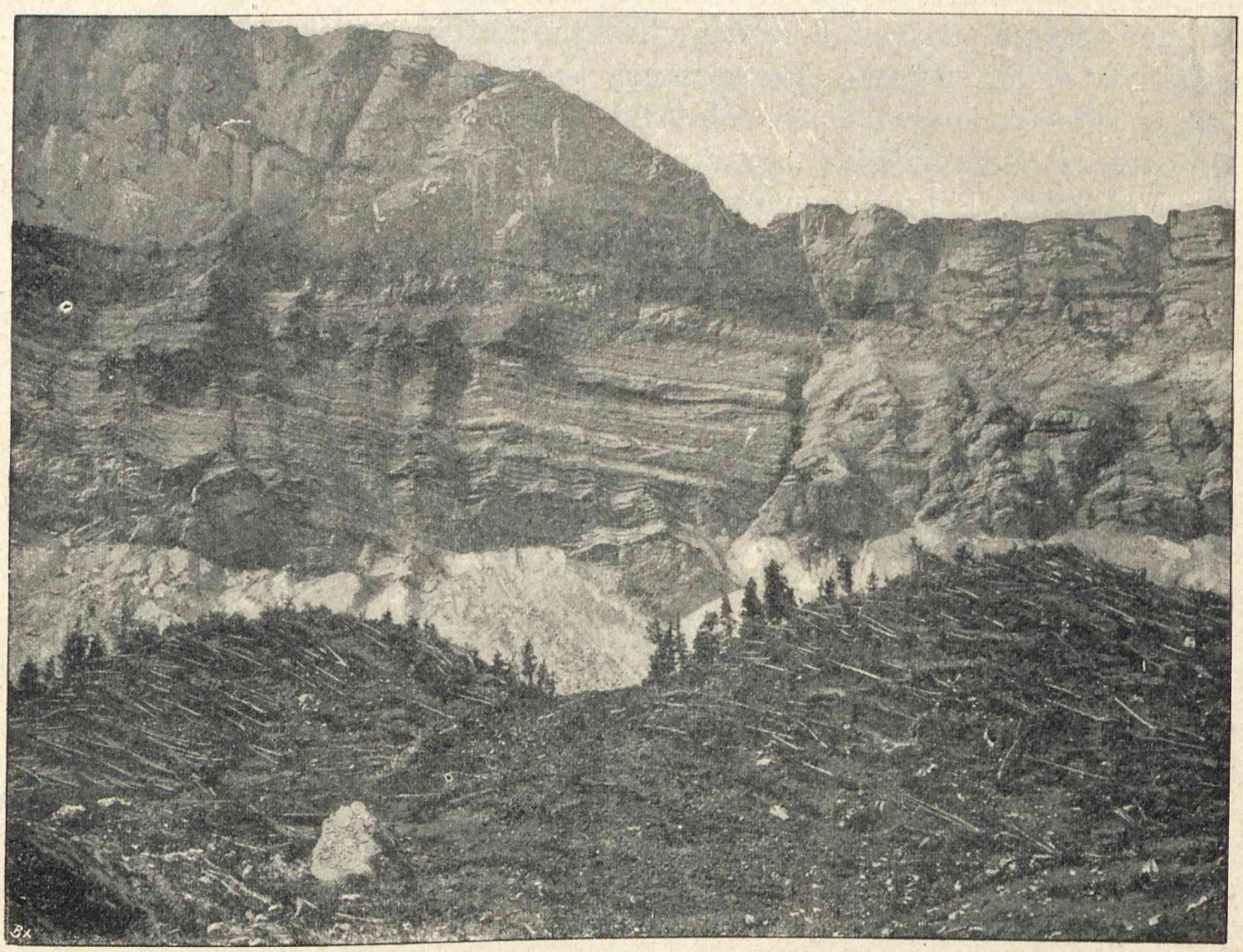


Burza wirowa w Ameryce północnej.
Według fotografji.

W ten sposób wszystkie w ogólności wiatry pojmować można jako cyklony i antycyklony; w okolicach zwrotnikowych występujące gwałtowne wichry wirowe huraganów i tajfunów różnią się jedynie natężeniem ruchu wirowego od lekkich powiewów, które żar dni letnich łagodzą jakby wachlarze naturalne. Środek cyklonu czyli najmniejszości barometrycznej nazywa się środkiem depresji, środek zaś największości jest odpowiednio do tego środkiem elewacji. Oba te środki wirów warunkują się wzajemnie, a ruch powietrza dokonywa się dokoła nich w ten sposób, że od środka elewacji cząstki powietrza oddalają się na zewnątrz po drogach spiralnych, dokoła środka depresji natomiast posuwają się ku stronie wewnętrznej.

Według znanego prawa Dovego kierunki wiatrów następują po sobie zwykle w porządku takim: wiatr północny, północno-wschodni, wschodni, południowo-zachodni, zachodni, północno-zachodni, a zatem idą za pozornym biegiem słońca na niebie; jest to wszakże jedynie przypadek szczególny wyżej przytoczonego ogólnego prawa wiatrów, zależący od warunków, jakie u nas zwykle sprowadzają obrót chorągiewki. Pochodzi to ztąd mianowicie, że minima barometryczne, czyli tak zwane środki burz, przybywają do nas od zachodu i suną na północ Anglji. Znajdujemy się przeto prawie wyłącznie na południowo-zachodniej stronie wiru i otrzymujemy najpierw wiatry południowo-wschodnie, które przy zbliżaniu się depresji obracają się przez południe ku zachodowi i północo-zachodowi; poznajemy to łatwo, rozpatrując się w kartach pogody, ogłaszanych przez centralne stacje meteorologiczne. Prawo natomiast wiatrów, które przytoczyliśmy wyżej, nazywane prawem Buys-Ballota, ma znaczenie ogólne i służy dla wszystkich stosunków na ziemi; w postaci wszakże tu podanej dozwala rozpoznawać jedynie kierunek i rozkład wiatrów na powierzchni ziemi z przebiegu linji izobarycznych, nie daje jednak żadnej podstawy do wniosków o ich sile. Ale i do tego posłużyć mogą karty izobar, jak to wskazał najpierw Amerykanin Stevenson. Jeżeli mianowicie poprowadzimy linje prostopadłe do krzywych izobarycznych, otrzymamy tak zwane „gradjenty“, których wielkość wyrazić można przez liczbę milimetrów, o jaką zmniejsza się ciśnienie atmosferyczne w oznaczonej odległości od izobary wyższej do niższej. Siła wiatru odpowiada takiemu gradjentowi: wiatr jest silniejszy, gdy izobary rozłożone są gęsto, słabszy zaś, gdy przypadają daleko od siebie. Oba te prawa wiatrów, Buys-Ballota i Stevensona, mają zastosowanie powszechne, a wyjątki pochodzą jedynie z zakłóceń lokalnych, jak np. podczas srożenia się burzy. Jest to więc krok pierwszy do upragnionego, ale odległego jeszcze celu wiedzy meteorologicznej, do umiejętności obliczania z góry zmiennych objawów pogody.

Niemniej i różne wiatry, przedstawiające cechy sobie właściwe, jak sirokko, bora, fen i tornady, wyjaśnić się dają na podstawie tych praw ogólnych, jeżeli uwzględniamy przytem lokalne właściwości geograficzne. Gorący wiatr, zwany sirokko, i zimny, zwany bora, występują zwłaszcza na wybrzeżach morza Adrjatyckiego, a pustoszący fen na północnej stronie



Las w Oberlandzie Berneńskim wywrócony przez wiatr.
Według fotografji Brücknera w Bernie.

Alp, skoro silna depresja zbliża się do brzegów europejskich. Tornady i trąby ukazują się jako wiry powietrzne ponad rozgrzanemi powierzchniami wód i piasków, a wraz z cyklonami należą do najgroźniejszych w atmosferze naszej objawów, których pastwą niekiedy padają całe okolice.

Rozpoznaliśmy w ten sposób wszystkie tak zwane elementy meteorologiczne, jak: temperaturę powietrza, ciśnienie atmosferyczne, wilgotność, opady i wiatry, a to ułatwi nam rozumienie i całej atmosferologji stosowanej, obejmującej naukę o klimacie, oraz o pogodzie i jej przewidywaniu; sięga to do spraw żeglugi, aeronautyki i rolnictwa, które są tak doniosłego znaczenia dla dobrobytu człowieka.

* * *

Klimat i klimatologja.

Przez klimat danego miejsca rozumiemy stan średni wszystkich elementów meteorologicznych, zatem wynik ogólny licznych postrzeżeń stanu pogody. Przedewszystkiem, zależnie od szerokości geograficznej, rozróżnić można trzy obszary klimatyczne: strefy gorące, umiarkowane i zimne, które przedstawiają następne właściwości ogólne: Strefy gorące, przypadające między równikiem a obu zwrotnikami (do szerokości $\pm 23^1/_2$ stopnia), mają prawie niezmienne długości dnia i nocy i zgoła prawie nie znają zmiany pór roku. Ztąd strefy te wyróżniają się znaczną statecznością

i bardzo prawidłową periodycznością objawów atmosferycznych, która między innemi wybija się w dziennej chwiejności barometru. W ogólności panuje tam nader wysoka temperatura średnia, przechodząca 25°C, która okazuje silne zmiany dobowe, ale słabe tylko zmiany roczne; pory suche i dżdżyste z burzami często gwałtownemi i długotrwałemi następują po sobie prawidłowo. Przy silnem promieniowaniu słonecznem powietrze wilgotne i ciepłe działa osłabiająco na organizm, zkąd Europejczycy po kilkoletnim pobycie w okolicach zwrotnikowych, choćby z powodu rozwijającego się ubóstwa krwi, wymagają wywczasu klimatycznego. Stale jednak wiejące pasaty i monsuny wpływają na ochłodzenie powietrza, zwłaszcza na wyspach zwrotnikowych oceanu Spokojnego i Atlantyckiego.

Strefy umiarkowane, rozłożone poza obu zwrotnikami między $23^1/_2$ a $66^1/_2$ stopniem szerokości północnej i południowej, mają średnią temperaturę roczną od +25°C do 0°C. Przy wybitnej różnicy pór roku oraz zmiennej długości dnia i nocy chwiejność elementów meteorologicznych znacznie wzrasta. Strefy zimne, mieszczące się w pobliżu biegunów ziemskich, między $66^1/_2$ a 90 stopniem szerokości północnej i południowej, z temperaturą średnią poniżej 0°, mają przez pewną część roku słońce nad poziomem, a przez część inną roku pod poziomem, dla nich przeto lato schodzi się z długim dniem, zima z długą nocą. Tak przedstawiają się w grubym zarysie cechy stref klimatycznych, wyróżnionych według szerokości geograficznych. Są wszakże inne jeszcze liczne czynniki klimatyczne, jak ląd i woda, góry i niziny, obszary leśne i pola śnieżne, których wpływy zwłaszcza na temperaturę i na opady poznaliśmy już poprzednio.

Zanim jednak zastanowimy się nad znaczeniem tych czynników dla hygieny i rolnictwa, zwrócimy jeszcze uwagę na chwiejność klimatu. Widzieliśmy wprawdzie wyżej (str. 485), rozpoznając warunki rozkładu ciepła w naszej atmosferze, że w krótszych okresach czasu nie zachodzą jakiekolwiek wyraźniejsze zmiany klimatyczne na ziemi; zgoła inaczej jednak rzeczy się mają, gdy sięgamy do wielkich okresów geologicznych, jak np. gdy nasuwa się nam pytanie, jak powstać mogły na ziemi okresy lodowe, których ślady dziś jeszcze w ciepłych okolicach planety naszej możemy widzieć. Trudne to pytanie, które dotyczy zarówno wiedzy astronomicznej, jak geologicznej, antropologicznej i meteorologicznej, wciąż jeszcze czeka rozwiązania stanowczego.

Jeżeli wraz z kilku wybitnymi geologami przyjmiemy, że zlodowacenie na obu półkulach odbyło się jednocześnie, to przyjąć należy, że promieniowanie słoneczne w długich odstępach czasu ulega zmienności. Jeżeli jednak usprawiedliwione jest przypuszczenie drugie, że okresy lodowe za każdym razem ograniczały się do jednej tylko półkuli, to wielkie zmiany klimatyczne wyjaśnić się dają w prosty sposób zmienną długością pór roku. Taka teorja astronomiczna dosyć już dawno podana była przez Crolla i Balla, a w ostatnich czasach przez Charliera dalej rozwinięta. Z dobrze znanych i prawidłowo przebiegających zmian drogi, po której ziemia bieży dokoła

słońca, wypływa, że w ciągu pewnej liczby tysiącoleci różnica obu półroczy, letniego i zimowego, dochodzić może długości całego miesiąca. Tak, około roku 84 000 przed Chr. zima na półkuli północnej była prawie o 18 dni dłuższa niż lato, około roku 73 000 prawie o 14 dni krótsza, około roku 65 000 znowu o 10 dni dłuższa i t. d., a teraz jest zima o 7 dni krótsza. Zwolna jednak lato nasze stawać się będzie coraz krótsze, a po jakich 9 000 latach zima już znowu prawie o tydzień będzie dłuższa aniżeli lato. Ztąd promieniowanie słoneczne działać coraz słabiej, a taki ubytek, powolny wprawdzie, ale trwający przez tysiącolecia całe, sprowadzać musi niewątpliwie ciągłe obniżanie się temperatury



Morze obłoków widziane z balonu.
Według fotografji porucznika Hildebranda zdjętej w Balonie.

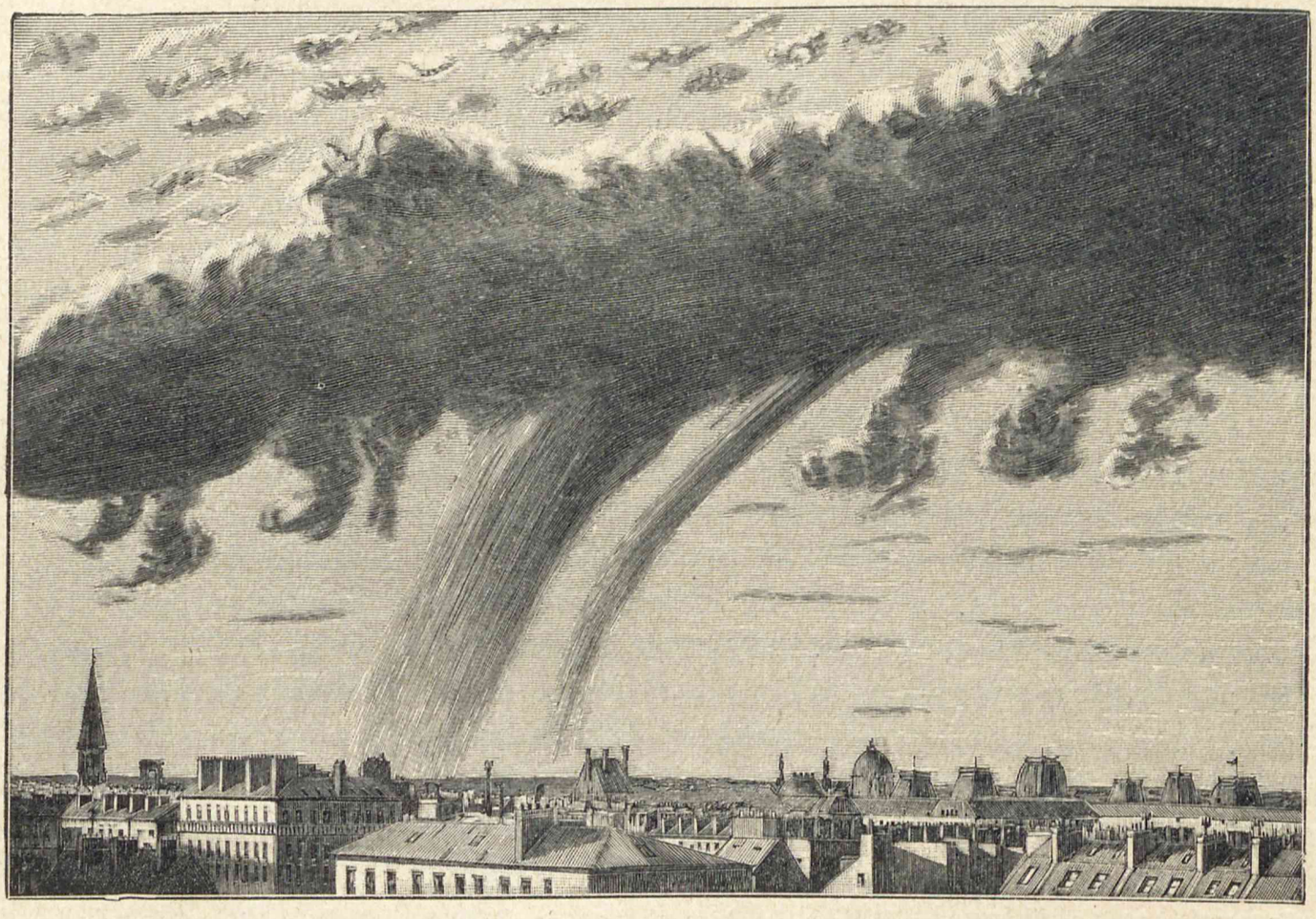
rocznej. Tłomaczenie takie okresów lodowych przez zmienną długość pór roku znajduje pewne poparcie w próbach oznaczenia epoki ostatniego zlodowacenia Europy, podjętych nie bez pewnego powodzenia. Wnioski takie wyprowadzili w ostatnich latach dwaj badacze szwajcarscy, Heim z moren lodnikowych obok jeziora Czterech Kantonów i Brückner z osadów rzeki Aar w jeziorze Thuńskiem. Według tego, czas ostatniego zlodowacenia Europy przypada o 12 000 lat mniej więcej poza nami, a liczba ta zgadza się dosyć dobrze z astronomicznie obliczoną epoką największej długości zimy. W kilka tysiącoleci później, zapewne w ósmem tysiącoleciu przed Chr., nastąpił już czas cieplejszy z klimatem, który w Europie środkowej odpowiadał może dzisiejszemu klimatowi Syberji północnej. W istocie też

najnowsze wykopaliska przedhistoryczne, jak np. pod Szafuzą, ze względu na grubość pokładów, pod któremi znalezione zostały, wskazują też ósme tysiącolecie przed Chr. jako epokę prawdopodobną pierwszego obozowania ludzi w owych okolicach.

Po tem zboczeniu wróćmy na bezpieczniejszy grunt faktów ścisłych i zbadajmy krótko stosunki nauki o klimacie czyli klimatologji do rolnictwa i hygjeny. Wpływy klimatu na zadania rolnictwa, znane już w odległej starożytności, ale w ostatnich dopiero czasach należycie zużytkowane, przedstawiają charakter bardzo rozmaity. Warunki temperatury i promieniowania słonecznego oddziaływają widocznie najsilniej na rozwój roślin, tak dalece, że można rachunkowo nawet dosyć dokładnie oznaczyć, jakich ilości ciepła wymagają w różnych miejscach rośliny, by od wysiewu dobiegły do pewnej oznaczonej fazy swego rozwoju. W ogólności zdołała już klimatologja rolnicza wykazać zależność, w jakiej rozwój życia roślinnego pozostaje od średniego stanu atmosfery pod różną szerokością geograficzną i w rozmaitej wysokości, jak od tych warunków zawisły chwile rozwoju liści i ich opadu, rozkwitu i dojrzewania owoców wszystkich prawie roślin i drzew użytecznych; poznano nawet, że ukazywanie się i znikanie pewnych zwierząt, pożytecznych lub szkodliwych dla rozwoju roślin, ulega również pewnej prawidłowości. W istocie rzeczy niema żadnej zgoła donioślejszej kwestji meteorologicznej, która nie przedstawiałaby znaczenia i dla rolnika. Tak np. epoki zamarzania i tajania wód oraz gruntów wilgotnych, okresy silnych ulew i opadów śnieżnych, pozostające w strefach umiarkowanych i zimnych w ścisłej zależności od klimatu, mają ważność niezmierną dla całego życia roślinnego i zwierzęcego. Niemniej także wiatry panujące w pewnych okolicach, oraz ilości ciepła wytwarzane przez promieniowanie słoneczne w glebie i w niższych warstwach atmosfery — wszystko to oddziaływa potężnie na losy wielkich i małych gospodarstw rolnych.

* * *

Jeżeli już zwierzęta i rośliny tak są zależne od stanu i od zmian powietrza atmosferycznego, o ileż silniejszy być musi wpływ elementów meteorologicznych na organizm człowieka, pod każdym względem subtelniejszy! Samo przecież oddychanie wszystkich istot organicznych pozostaje w zależności bezpośredniej od własności powietrza, a ogólna wymiana materji pośrednio przynajmniej z niemi się wiąże. Temperatura powietrza wespół z przebiegiem wiatrów i z wilgotnością atmosferyczną wywiera na ciało człowieka stosownie do jego rasy, nawyknień i odzieży wpływ różny, ale w każdym razie doniosły, przyczem w ogólności temperatury umiarkowanie ciepłe najkorzystniej mu odpowiadają. Pomimo to znosić może człowiek i temperatury bardzo wysokie bez ujmy dla swego zdrowia, jeżeli tylko powietrze dostatecznie jest suche, gdy przy wilgotności znaczniejszej temperatura niezbyt wysoka może już być nieznośna. Na wyspach Hawajskich, słusznie zwanych rajem morza Południowego, przez cały rok prawie panuje temperatura jednostajnie ciepła, sprzyjająca zdrowotności; ustawicznie



Ulewa częściowa ze zbiorowiska chmur.
Według K. Flammariona „L'atmosphère."

prawie z północo-wschodu wiejące pasaty ochładzają dobroczynnie ciepłe powietrze, jakby olbrzymi wachlarz naturalny. Biada jednak, gdy pasat przez dni całe zawodzi, a południowe wiatry morskie sprowadzają wilgotne powietrze oceanu Spokojnego! Ciepło wtedy staje się uciążliwe i wywiera wpływ osłabiający na ludzi i zwierzęta. Również i silne zimno w biegunowych nawet okolicach znosić się daje łatwo i bez wielkiej dotkliwości, gdy w powietrzu spokój i cisza panuje; jeżeli natomiast dmie wiatr, powietrze unoszące lód działa na organizm nader szkodliwie. Rozmaita ta wrażliwość człowieka na temperatury wysokie i nizkie, zależna od wiatrów i od wilgotności powietrza, wiąże się z działalnością skóry, za jej bowiem pośrednictwem dokonywające się ulatnianie jest regulatorem temperatury. Zdolność ta skóry do wyrównywania ciepła doznaje zakłócenia przy powietrzu bardzo wilgotnem i przy silnych wiatrach, wyziewanie bowiem skórne ulega przytłumieniu lub przyśpieszeniu. Nagłe i znaczne zmiany temperatury, jakie między innemi powstają przy przeciągach, działają na organizm szkodliwie, powodując cierpienia kataralne i reumatyczne.

Oprócz temperatury, wilgotności i wiatrów ważną też rolę odgrywa ciśnienie atmosferyczne, zwłaszcza przy oddychaniu i przy ruchach ciała ludzkiego. Gdy gęstość powietrza odpowiada ciśnieniu jednej atmosfery (przy stanie barometru 760 milimetrów na poziomie morza), oddychanie dokonywa się w sposób normalny, przyczem oczywiście drobne kołysania

barometru, związane ze zmianami pogody, wynoszące średnio 40 milimetrów, nie przedstawiają znaczenia istotnego. Jeżeli jednak ciśnienie atmosferyczne znacznie się zmniejsza, jak to bywa na górach bardzo wysokich i przy wyprawach balonowych, to oddychać trzeba częściej i głębiej, by płuca zapełnić niezbędną ilością powietrza; naprężenie mięśni wzrasta, serce pracuje silniej, a ztąd następuje łatwo przekrwienie mózgu i innych ważnych organów. Jeżeli natomiast ciśnienie atmosferyczne znacznie wzrasta, jak np. w głębokich kopalniach, oddychanie staje się rzadsze i lżejsze, podniecenie układu nerwowego ulega zmniejszeniu i budzi się skłonność do snu.

Ciśnienie powietrza wpływa wszakże nietylko bezpośrednio na oddychanie, a pośrednio na ciśnienie krwi i na działalność nerwów, ale oddziaływa nadto czysto mechanicznie na ruchy kończyn, kości bowiem ramieniowe i udowe utrzymują się w panewkach łopatki i miednicy jedynie pod naciskiem powietrza, gdy więzy mięśniowe służą tylko do ruchów wywoływanych podnietą nerwową. Gdy więc uwzględnimy wszystkie te czynności ciśnienia atmosferycznego, tak doniosłego znaczenia dla oddychania i dla ruchów, zrozumiemy łatwo przyczynę tak zwanej choroby górskiej, która ujawnia się przy wstępowaniu na wysokie szczyty i przy wzlotach balonowych. Wielkie zmęczenie rąk i nóg, zawrót głowy, omdlenie, wymioty oraz utrata krwi przez usta, nos i uszy, — takie są wybitne cechy choroby górskiej, napastującej znużonych natężoną pracą mięśniową wędrowców górskich już w wysokościach znacznie mniejszych, aniżeli żeglarzy powietrznych, którzy, pomijając obsługę balonu i narzędzi meteorologicznych, spokojnie się zachowują w swej podróży. I tu jednak zdołał sobie człowiek do pewnego przynajmniej stopnia poradzić. Tak astronomowie i meteorologowie, którzy dla usunięcia wpływu dolnych warstw powietrza postrzeżenia swe prowadzili na szczytach gór, dawali się przenosić w lektykach, a unikając tym sposobem wysiłku mięśniowego, doświadczali znacznie zmniejszonych następstw choroby górskiej. Odważni, często zuchwali żeglarze powietrzni, którzy w ostatnich czasach wzbijali się wielkiemi balonami w górne warstwy atmosfery aż do 11 000 niemal metrów, o 2 100 przeszło metrów zatem ponad najwyższe góry ziemskie w Himalajach, sztucznem wdychaniem tlenu skutecznie usunąć mogli niebezpieczne wpływy powietrza rozrzedzonego aż do ciśnienia 200 milimetrów zaledwie. Najkorzystniejsze niewątpliwie są dla człowieka wysokości, gdzie ciśnienie atmosferyczne wynosi 700 do 760 milimetrów, w tym razie bowiem wydzielanie kwasu węglanego z krwi łatwo następuje. Dłuższy pobyt w wysokościach o ciśnieniu 600 do 650 milimetrów utrudnia usuwanie tego gazu, tak szkodliwego dla organizmu, a w wysokościach wreszcie, gdzie ciśnienie jeszcze jest słabsze, ciało nie może już przyjmować dostatecznej ilości tlenu.

Skład także powietrza oraz stan jego elektryczny ma dla człowieka ważne znaczenie hygieniczne. Co się tyczy najpierw wpływu elektryczności atmosferycznej na organizm, to widzieliśmy już wyżej (str. 475), jak groźne

następstwa wynikają z wyładowań elektrycznych w atmosferze. Tu nadmienimy jeszcze tylko, że wzmożenie elektryczności atmosferycznej wywiera niekiedy na układ nerwowy działania fizjologiczne, które zwłaszcza u osób wrażliwych dosięgać mogą natężenia szkodliwego dla zdrowia. Z badań nad przewietrzaniem wiadomo, że gazy niezbędne do oddychania, tlen i azot, wchodzące w skład powietrza normalnego i czystego w stosunku około $^1/_5$ do $^4/_5$, nie powinny w przestrzeniach zamkniętych opadać poza pewną ilość oznaczoną. Wiadomo również, że z innych, znanych nam części składowych powietrza, zwłaszcza kwas węglany i cząstki pyłu nie powinny narastać poza pewną granicę, jeżeli nie mają szkodzić organizmowi.

Istniejące w powietrzu najdrobniejsze utwory, widzialne okiem nieuzbrojonem lub tylko pod mikroskopem, a w ogólności obejmowane nazwą pyłków, łączą się też nierozdzielnie z tak groźnemi dla człowieka chorobami zaraźliwemi. Ziarnka pyłu, cząstki par i dymów w powietrzu, które sprowadzają tak zwane choroby przemysłowe, są też zapewne roznosicielami bakterji, które ze swej strony wzniecają choroby zaraźliwe. Najszkodliwsze te ze wszystkich istot zwierzęcych i roślinnych, żyjące w powietrzu i dla oka niewidzialne, mnożą się zwłaszcza przy obfitej zawartości pyłu, przy umiarkowanem cieple i dostatecznej suszy. Do tępienia tych nieprzyjaciół, tak drobnych a tak groźnych, pomaga silne promieniowanie słoneczne, natężone zimno i znaczna wilgotność powietrza.

Jeżeli, jak widzieliśmy, już oddzielne elementy meteorologiczne i sam skład powietrza wywierają na człowieka wpływ tak znaczny, to okazuje się to wybitniej jeszcze, gdy pod uwagę bierzemy klimat w ogólności. Jest to przecież rzecz powszechnie znana, że rozmaite usposobienia cielesne i duchowe różnych ras w znacznej mierze zależą od stref klimatycznych, jakie na ziemi zamieszkują. Że przedewszystkiem umiarkowane warunki atmosferyczne wywierają najkorzystniejszy wpływ na rozwój człowieka, o tem przekonywa nietylko medycyna, ale w sposób nader widoczny świadczy i historja kultury całego rodu ludzkiego. Postępy bowiem cywilizacji w nader przeważnej części zdobyte i utrzymane zostały przez narody stref umiarkowanych.

W starożytności już wiedziano, że liczne objawy chorób zależą od miejsca i klimatu, a w nowszych czasach wyrabiały się coraz dokładniej zasady klimatologji lekarskiej. Istnieją cierpienia ludzkie, charakteru bardzo poważnego, jak malarja i gorączka trawiąca, które występują przeważnie w strefach gorących, gdy inne znów choroby, jak gnilec (szkorbut), właściwe są głównie strefom zimnym. W ukazywaniu się i rozprzestrzenianiu chorób epidemicznych, które teraz powstrzymywać się dają skutecznie, jak cholera i ospa, biorą również udział w części przynajmniej czynniki klimatyczne. Jednakże klimatologja lekarska nietylko ciemne strony przedstawia człowiekowi, ale odsłania także widoki jasne, ukazując wpływ zbawienny warunków atmosferycznych w tak zwanych klimatycznych miejscowościach leczniczych. Miejsca mające klimat ciepły i wilgotny, jak