

# Powietrze jako czynnik geologiczny.

Przez

WŁ. SZAJNOCHĘ.

Odczyt wypowiedziany dnia 24. marca 1900.

---

Zastanawiając się nad znaczeniem powietrza dla organizmów tak zwierzęcych jak i roślinnych, bez którego to wszelkie życie organiczne jest niemożliwym, nie należy zapominać o tem, że powietrze może być także czynnikiem geologicznym i że przyczynia się w wysokim stopniu do tworzenia i przekształcania skorupy ziemskiej. Zapomina się o tem zwłaszcza często w tych krajach, które, jak nasz, zbyt są bogate w deszcze i w opady atmosferyczne wogóle, wskutek czego zaciera się tam nieraz działanie geologiczne powietrza a przypisuje się główne skutki wodzie tak w formie pary jak deszczu, śniegu lub gradu. Geologiczne znaczenie powietrza jest jednak bardzo wybitne, a pomiędzy siłami, działającymi tak na powierzchnię, jak i po części na wnętrze ziemi, zajmuje powietrze niepoślednie miejsce <sup>1)</sup>.

Działanie powietrza może być dwojakie: chemiczne lub mechaniczne. Pierwsze polega na działaniu tlenu i bezwodnika kwasu węglowego ( $CO_2$ ), te bowiem przedewszystkiem dwa składniki powietrza dostają się do wody opadowej, która absorbując powietrze w pewnej ilości dostaje się następnie w głąb

---

<sup>1)</sup> Prof. G ü m b e l. Grundzüge der Geologie. Band I. pag. 281—292. — Prof. K a y s e r. Lehrb. d. Geologie. Band I. pag. 152—166. — Prof. L a s a u l x. Die Atmosphaere. Handwörterbuch für Min. Geolog. u. Palaeont. Band. I. pag. 68—81.

ziemi, gdzie działanie tych składników powietrza może się ujawnić. Woda absorbuje składniki powietrza w rozmaitym stosunku a mianowicie więcej tlenu niż azotu, oraz większą stosunkowo ilość  $CO_2$ . To chemiczne działanie powietrza objawia się tem silniej, im temperatura w głębi ziemi jest wyższa. Przedewszystkiem tworzą się rozmaite tlenki oraz połączenia węglanów, które spotykamy w głębszych warstwach ziemi w różnych formacjach geologicznych. Działanie to odbywa się na tej drodze, że powietrze, zawarte w wodzie opadowej zaczyna działać albo już w temperaturze zwykłej, albo w cokolwiek wyższej np. koło 15 – 20° tworząc rozmaite tlenki metaliczne. Ponieważ woda absorbuje składniki powietrza nie w jednakowym stopniu, przeto pewne składniki mogą być zupełnie niezużyte, jak to widzimy na cieplicach, które zawierają azot prawie zupełnie nie zużyty, aczkolwiek znajduje się on w powietrzu w największej ilości. Powietrze, jak wiadomo, zawiera w 1000 częściach objętości: 209 części tlenu, 790 cz. azotu i 0·3 cz. bezwodnika kwasu węglowego. W wodzie deszczowej stosunek ten jest inny: jest tam mianowicie tlenu 337, azotu 645,  $CO_2$  18 cz., czyli, że woda zawiera więcej tlenu a mniej azotu niż powietrze a najwięcej stosunkowo  $CO_2$ , gdyż około 60 razy więcej niż w normalnem powietrzu. Jeżeli dalej porównamy jakąkolwiek cieplicę lub głębszą wodę mineralną, to zauważymy, że z bardzo małymi wyjątkami stosunek tych gazów w wodzie przedstawia się zupełnie inaczej. Weźmy np. pod uwagę jedyną naszą tatrzańską cieplicę obojętną t. zw. akrototermę t. j. Jaszczurówkę, posiadającą temperaturę 21° C., to w niej znajdziemy na 1000 części gazów 24 cz. tlenu, 967 cz. azotu a 8 cz.  $CO_2$ , to znaczy, że zupełnie słusznie możemy powtórzyć za autorem, który robił powyższą analizę, iż gaz zawarty w tej cieplicy jest prawie czystym azotem.

Widzimy dalej, że tlen prawie w całości zostaje zużyty na wytworzenie w głębszych warstwach tlenków a zwłaszcza związków żelaza, krzemu, metali ciężkich i lekkich. Związki te tworzą później rozmaite żyły metaliczne lub mineralne, bardzo często w różnych pokładach napotykanne. W ten sposób byłoby naszkicowane działanie czysto chemiczne powietrza

Nie ulega wątpliwości, że atmosfera sama dostaje od wnętrza ziemi pewną, czasami nawet znaczną ilość składników gazo-

wych a przede wszystkim bezwodnika kwasu węglowego. Ten składnik właśnie, który znajduje się w tak małej ilości w powietrzu, ten dostaje się w wielu miejscach, a mianowicie tam, gdzie były dawniej lub są obecnie okolice wulkaniczne, w znacznej ilości do powietrza. Istnieją dalej oprócz szczaw także źródła zupełnie czystego  $CO_2$  (np. klasyczne pod tym względem Nauheim) i wogóle wody mineralne dostarczające atmosferze bezwodnika kwasu węglowego. Pomiędzy rokiem 1860 a 1880 wywiercono niejednokrotnie w Prusach nadreńskich otwory, które dawały prawie czysty kwas węglowy. W r. 1860 obliczał Bunsen ilość otrzymanego  $CO_2$  przez jeden tylko otwór wiertniczy w Nauheim na  $240.000 m^3$  t. j. 10.000 cetnarów metr. Otworów takich było wierconych dużo, a nawet nie trzeba nieraz sztucznych odkrywek, gdyż w pewnych okolicach np. południowych Włoch napotykamy takie naturalne źródła gazowe pod nazwą mofet i fumarol.

Prócz wymienionych znajdujemy w powietrzu nieraz inne jeszcze gazy a mianowicie siarkowodor a po części także kwas siarkowy, które napotykamy albo podczas albo po wybuchach wulkanicznych, a które dają się czuć wyraźnie w powietrzu np. w okolicy Wezuwiusza, Etny lub na Islandyi. W ten sposób atmosfera otrzymuje nieustannie pewne składniki, które pochodzą wyłącznie z wnętrza ziemi.

Nie mniej ważnem jest działanie mechaniczne powietrza. To działanie może być skonstatowane albo wprost jako działanie samego ciśnienia warstw powietrznych, albo jako działanie przenośne pod wpływem wiatrów roznoszących różnorodne pyłki w rozmaite strony. Zjawisko samego ciśnienia powietrza jest bardzo ważne ze względu na objawy i wybuchy wulkaniczne, oraz wybuchy gazów znajdujących się w kopalniach węgla. Dawno już zrobiono spostrzeżenie, które do dziś dnia się stwierdza, że wybuchające gazy węglowodorowe wydobywają się w kopalniach węgla najwięcej wtedy, kiedy po wysokiem ciśnieniu atmosferycznem następuje ciśnienie bardzo niskie t. j. wielka zniżka barometryczna. Przed kilku laty mieliśmy ogromne eksplozje w Morawskiej Ostrawie, które pozbawiły życia bardzo wielu ludzi i które nastąpiły właśnie przy takim stanie barometrycznym. Z tego wynikła nauka, że należy bardzo dokładnie obserwować ciśnienie barometryczne w kopalniach i że, gdy po bardzo wysokiem ciśnieniu

następuje nagła zniżka, nie wolno strzelaniem lub rozsadzaniem naruszać gazów i zbliżać się do tych miejsc, gdzie one się znajdują lub gdzie się ich można spodziewać. Cały szereg zarządzeń górniczych opiera się na tych zjawiskach ciśnienia atmosfery.

Wpływ zniżki barometrycznej daje się także obserwować na wulkanach. Chmury pary wodnej nad wulkanami, tworzące bardzo nieraz ciekawe i rozmaite formy ulegają ciśnieniu barometrycznemu i bardzo często stwierdzono, że z chwilą, kiedy po wysokiem ciśnieniu następuje niskie, działalność wulkaniczna mniej lub więcej wzrasta. Tego rodzaju chmury na wulkanach były przez starożytnych używane do prognozy pogody i podanie o Eolu bogu wiatrów na nich się głównie opiera.

Działanie mechaniczne powietrza jest pod względem geologicznym bardzo ważne w postaci działania wiatrów i pod tym względem działanie to objawia się z jednej strony niszcząco, z drugiej tworząco.

W Krakowie, gdzie przeważnie panują wiatry z kierunkiem z zachodu na wschód, lub ze wschodu na zachód, możemy w lecie spostrzec nieraz na oknach mineralne cząsteczki, tworzące warstwy pyłu grubości 1—2 a nawet 3 lub 4  $\frac{m}{m}$ . Jeżeli pył ten zbadamy mikroskopowo, możemy dostrzec obok cząstek organicznych dość znaczną ilość cząstek rozmaitych materiałów, które bywają używane do brukowania ulic i chodników, ale znajdujemy także i cząsteczki, które pochodzą z odległości 1 lub 2 *klm* np. drobne cząsteczki wapienia lub łyszczyku, naniezione wiatrami z okolicy Zwierzyńca, Bielan i t. p. zależnie od siły, kierunku i wysokości wiatru. Gdy przystępujemy do badania tych pyłów lub tych materiałów, które są przenoszone z jednego miejsca na drugie, to musimy najpierw mówić o materiałach jakby kosmicznych, dostających się jako pył do atmosfery. Wiadomo, że na powierzchnię ziemi spadają meteoryty t. j. aerolity gdzieś z wszechświata. Meteoryty bywają różnej wielkości, od drobnych do wielkości pięści a nawet głowy i dużo większe, i spadają one w rozmaitych miejscach, w różnych porach roku, mniej więcej — zdaje się — wtedy, kiedy komety lub roje gwiazd przeciągają nad ziemią. Mogą być także i drobnieuchne pyłki meteoryczne i w okolicach polarnych stwierdzono kilkakrotnie pył niesłychanie drobny, który Nor-

denskjöld i Tissandier uważali za pył kosmiczny. Gdyby te ciała były cokolwiek większe a nie tak mikroskopowo małe, to analiza ich byłaby daleko łatwiejsza, a zwłaszcza zbadanie ich pod względem petrograficznym; gdy wszakże nie udało się wykazać w nich cząsteczek żelaza meteorycznego, jest kilku petrografów zdania, że pył ten jest pochodzenia ziemskiego, tak że kwestya ta na razie stanowczo rozstrzygnąć się nie da.

Dużo ważniejsze są pyły, które dostały się do atmosfery z ziemi. Mogą być one rozmaitego rodzaju, albo są to pyły wulkaniczne, albo osadowe z rozmaitych okolic kuli ziemskiej, albo wreszcie na miejscu wytworzone t. j. te, które wywołują zjawiska wydm piaszczystych, a które przyczyniają się do wytworzenia się pustyni.

Przy każdym wybuchu wulkanicznym, czy to mniejszym czy większym, bywają wyrzucane: pył, popiół, kamienie okrągłe a czasem graniaste do wielkiej wysokości. Kamienie wulkaniczne dochodzą do znacznych czasem rozmiarów i przedstawiają się jako bomby wulkaniczne, w innym razie są to okruchy mniejsze lub drobne. Są one dla nas z tego względu bardzo ciekawe, że wskazują na to, co się znajduje w środku stożków wulkanicznych np. bomby gnajsowe lub wapienne Wezuwiusza stwierdzają podłoże tego wulkanu. Wybuchy wulkaniczne, czasem bardzo rozległe i silne, cechują się tem, że różnorodne pyły z rozmaitych wulkanów dostają się do powietrza i jego prądami bywają czasem bardzo daleko przenoszone; naturalnie bomby wulkaniczne spadają zwykle w bliskości wulkanu, co najwięcej w odległości paru *klm*, lecz pyły wulkaniczne bywają roznoszone bardzo daleko. Z pomiędzy bardzo licznych przykładów pod tym względem pozwolę sobie kilka przytoczyć. I tak np. popiół Wezuwiusza podczas wybuchu w r. 472 dostał się aż do Konstantynopola, pył wulkaniczny z Islandyi zanieiony był w r. 1875 do Skandynawii; w r. 1815 podczas wybuchu Tambowy na Sumatrze rozszedł się pył wulkaniczny na przestrzeni  $2\frac{1}{2}$  miliona *klm*<sup>2</sup>, obejmując całe Borneo i Sumatrę aż po Chiny, a przy tym wybuchu morze było pokryte  $\frac{1}{2}$  metra grubości warstwą pumeksu, który następnie dostał się na dno morza. W roku 1835 podczas sławnego wybuchu wulkanu Coseguina rozszedł się pył i popiół na przestrzeni 4 milionów *klm*<sup>2</sup> i ilość pyłu była obliczana na 50 milionów *m*<sup>3</sup>. Nieraz znajdujemy nawet

w utworach dyluwialnych lub miocenijskich warstwy takich popiołów i pumeksów, i są one analogiczne do powyższych dzisiejszych zjawisk. Popioły wulkaniczne dochodzą nieraz do znacznej miąższości, tworzą pokłady kilku lub kilkanastu metrów grubości, np. koło Wezuwiusza lub Etny, a wielokrotnie bywają nawet o wiele grubsze.

Są jeszcze inne pyły t. j. takie, których pochodzenie nie zawsze możemy stwierdzić. Na mapie w atlasie geologicznym Berghausa widzimy okolice, w których znane są opady pyłów nie kosmicznych np. okolice Mandżuryi, północnych Indyj, Abissynii, południowej części Afryki i t. p. Pyły te pochodzą prawdopodobnie z wnętrza kontynentów, pozbawionych odpływów rzecznych do oceanów. Jeżeli możemy powiedzieć, że są na ziemi wogóle takie okolice, gdzie opadów atmosferycznych prawie lub zupełnie niema, to na kuli ziemskiej niema takich miejsc, gdzieby wiatrów nie było. Działanie wiatrów zawsze jest wyraźne. Ten pył czerwony, jaki napotykamy co parę lat np. w południowej Francji i Grecji, pochodzi z Afryki, z tych stron, gdzie się znajdują wielkie pokłady laterytu t. j. gliny dyluwialnej barwy ciemno-brunatnej, a pył żółty spadający nieraz w Indjach lub w Arabii pochodzić może z Mongolii lub z pustyni Gobi.

Działanie mechaniczne wiatrów możemy bardzo dobrze śledzić i u nas w zimie w okolicy Krakowa. Po paru dniach śniegu i następnych 2 lub 3 dniach wiatru widzimy, że śnieg pierwotnie czysto-biały staje się ciemniejszym i przybiera barwę brunatną, wskutek naniesienia nań pyłu z tych wyższych punktów, gdzie śniegu było bardzo mało, albo nic wcale. Wiatr porывa części skał wietrzejących i przenosi je na inne miejsca tak, iż słusznem jest zdanie niektórych agronomów francuskich, że bardzo często gleba jednego włościanina rośnie kosztem sąsiadów i że z pagórków przenoszona bywa w doliny. Podobne działanie mechaniczne wiatrów widzimy również dobrze w Galicyi wschodniej na wyżynie podolskiej. Działanie jest tu dwojakie: t. j. o tyle po części chemiczne, że przy jakichkolwiek opadach atmosferycznych i rosie, a przedewszystkiem wskutek zmian temperatury pewne skały pękają, wietrzeją i rozkładają się ulegając działaniu chemicznemu. Mamy całe szeregi minerałów, które rozkładają się przy działaniu wody już w zwy-

klej ciepłocie. Rozkład ten widzimy równie dobrze na skałach bazaltowych i porfirowych, jak na wapiennych lub łupkowych; na granitach jeszcze silniej on występuje i spotykamy tu i owdzie granity, w których ortoklazu prawie już niema, gdyż się zamienił w kaolin. Tu zatem mamy działanie chemiczne wraz z mechanicznem. Ziarenka zwietrzałych skał zostają wiatrem przenieszone i uderzając o siebie, mogą się wzajemnie wskutek tarcia szlifować. Tego rodzaju szlifowanie widzimy na wydmach piaszczystych, gdzie często występuje cały szereg falistych wzgórków. Wydmy śródlądowe lub nadmorskie w Saharze bywają różnej wysokości od paru do 15 *m*; bywają jednak i większe tak, że ostatecznie pewne wydmy mogą dochodzić nawet 150 do 200 *m* wysokości. Na wydmach takich możemy śledzić działanie mechaniczne wiatrów na ich stoki: z jednej strony wydma ma stok łagodny, z drugiej stosunkowo ostrzejszy i wskutek tego następuje posuwanie się wydm, jak to widzimy na ciekawym rysunku Berendta, odnoszącym się do okolic Klajpedy, gdzie od początku XIX wieku wydma posunęła się tak daleko, że różnica w odległości poziomej wynosiła 700 *m* do roku 1867. Przykład ten dokładnie objaśnia nam wędrówkę tego rodzaju wydm, które składają się wyłącznie z drobnych ziarenek piasku kwarcowego, a nie wapiennego ani też ortoklazowego. Na rysunku przedstawiającym okolicę zatoki Kurskiej widać, iż pod działaniem wiatru zachodniego wydmy na kurskiej kępie mają łagodny spadek ku zachodowi a ostre stoki ku wschodowi. Bardzo ciekawe są w tej kwestyi obliczenia Berendta, iż jeżeli wydmy te będą odbywać swą wędrówkę tak, jak dotąd po 6—8 *m* rocznie, to można się spodziewać, że w ciągu 200 lub co najwyżej 550 lat wydmy te dostaną się do zatoki Kurskiej i ją po części wypełnią. To samo można powiedzieć i o wielu innych wydmach, jak naprzykład o wydmach i po części odsypiskach morskich koło Helgolandu, albo o wydmach śródlądowych, dalekich od morza, jak np. w naszej okolicy Szczakowej i Jaworzna, gdzie się przedstawiają wszelkie zjawiska typowych wydm mniejszego stopnia.

Przy szlifowaniu powietrznem skał możemy napotykać ciekawe nieraz okazy graniaste i w 2 lub 3 kierunkach oszlifowane kawałki (t. zw. Dreikanteł); tu działa to szlifowanie przez drobne ziarenka piasku w płaszczyźnie prawie zupełnie równoległej do kierunku wiatru. Dreikantery napotykan

są często w różnych pustyniach, mamy je także w okolicy Sier-szy i Szczakowej. Działanie mechaniczne wiatrów jest bardzo wybitne i objawia się nie tylko na drobnych kawałkach ale także na skałach, które sterczą w piaskach pustyni. To samo możemy widzieć na dawnych monumentalnych budowlach Egiptu, które są nieraz bardzo gładko wypolerowane, wyszlifowane z połyskiem prawie zupełnie pokostowym i wybitnie charakterystycznym i dla tego może te budowle jak np. piramidy tak długo się utrzymują. Jeżeli teraz opuścimy pustynie i wejdziemy do okolic górskich lub Krasu (Karst), to możemy widzieć na nich również często silne działanie wiatrów, mianowicie na szczytach gór gleby prawie zupełnie niema a spotykamy ją natomiast w dolinach. Tu mamy przykład wybitny działania wiatrów z jednej strony niszczącego, z drugiej tworzącego. W jeszcze większym stopniu występuje to działanie wiatrów na jednym utworze geologicznym, który znajdujemy i u nas w Galicyi i który na rozległych polach tworzy wyborną glebę. Jest to tak zw. löss czyli glina mamutowa. Przedstawia on gliniastą masę jasno-brunatną, bardzo sypką i kruchą, w palcach rozcieralną. Materiał ten uważano dawniej za utworzony przez działanie wody, lecz dzisiejsze teorie inaczej jego pochodzenie tłumaczą. Jeżeli taki löss czy z okolic Witkowic, czy z Podola, czy z Królestwa Polskiego i Ukrainy, poddamy analizie mechanicznej, to przede wszystkim przekonamy się, że składa się on z bardzo drobnutkich cząstek pyłu kwarcowego. Dawniej przypuszczano, że löss był utworzony działaniem wody jak glina lub piasek rzeczny, że powstawał tam, gdzie były rzeki lub jeziorzyska rozległe. Można tak tłumaczyć jego pochodzenie tam, gdzie miąższość lössu nie jest wielką, gdzie jednak löss dochodzi do bardzo znacznych grubości, jak w Chinach, gdzie osiąga grubości 200—300 a nawet 500 m, tam powstawanie jego działaniem wody nie da się wytłumaczyć. Jeżeli się oprzemy na sprawozdaniach wielu podróżników po Azji, którzy opisują, jak częste i silne wiatry wieją tam w pewnych okolicach, to musimy przyznać, że działanie tworzące wiatrów może być bardzo doniosłe. Balzer, dokładny badacz brzegu Sahary opisuje, że bywają tam tak silne wiatry, że bezwarunkowo niema sposobu do ochronienia się przed ich działaniem i od tych drobnych pyłków, które



dostają się bardzo głęboko pod najlepiej zapięte ubrania. Balzer wspomina, że pył wiatrem niesiony dostawał się tam nawet pod kopertę zegarka a z własnego doświadczenia mógł piszący te słowa stwierdzić to samo zjawisko przy jesiennych wiatrach na północnych stokach Kaukazu. Działanie to wichrów występuje przedewszystkiem tam, gdzie niema roślinności, gdzie ona zanikła, a więc w pustyniach albo na stepach w porze zimowej lub jesiennej. Nas interesuje obecnie jedna jeszcze okoliczność, a mianowicie ta, jak wiele czasu mogło wymagać utworzenie się lössu. Jeżeli przyjmiemy 500 m grubości lössu i dzisiejsze działanie wiatrów we wnętrzu pustyni Gobi, to możemy przypuścić, że co najmniej 1 mm a co najwięcej jeden cm tego lössu rocznie mógł się układać, w tych granicach zatem można robić obliczenia. Jeżeli przyjmiemy 1 mm, to wytworzenie się owej warstwy lössu w Chinach wymagałoby 500.000 lat, jeżeli przyjmiemy 1 cm, to wystarczy tylko 50.000 lat.

W każdym razie pokłady lössu są bardzo pożyteczne i ważne, stanowią one bowiem tę niesłychanie urodzajną glebę niektórych okolic Chin i wschodniej Europy, u nas zaś, gdzie lössu tak grubych warstw niema, ale gdzie jak na Podkarpaciu ciągnie się on szeroką wstęgą, takich budowli wprawdzie jak w Chinach niema, ale natomiast w grubszych warstwach lössu piwnice można nieraz zakładać

Kwestya obliczenia czasu powstania lössu jest dla geologów bardzo ciekawa, ale bądź co bądź drugorzędnego znaczenia, skoro w ostatnich 30 latach pomiędzy fizykami z jednej a geologami z drugiej strony co do wieku samej kuli ziemskiej były zapatrywania zupełnie sprzeczne. Gdy bowiem fizycy utrzymują, że historia kuli ziemskiej zamyka się pomiędzy 20 a 400 milionami lat, geologowie musieli się temu sprzeciwić, gdyż ich zdaniem do utworzenia wszystkich pokładów nie wystarczyłoby tak krótki przeciąg czasu. Kwestya powstania ziemi nasuwa jeszcze jedno pytanie, czy też w dawniejszych epokach atmosfera była taka sama, jak dziś, czy też inna. Na to pytanie można odpowiedzieć, iż prawdopodobnie od chwili, kiedy pierwsze organizmy pojawiły się na kuli ziemskiej, atmosfera była mniej więcej ta sama i żadnym wybitniejszym zmianom nie

uległa. Dawniej panowało inne zapatrywanie t. j. przyjmowano, że bezwodnik kwasu węglowego ( $CO_2$ ) w większej znajdował się w atmosferze niż dzisiaj ilości. Na to niema wszakże żadnego dowodu, sądząc przecież z organów u zwierząt z epoki kambryjskiej i sylurskiej lub u roślin z formacyi węglowej.

Geologowie dziś jednak kwestyi tej stanowczo nie mogą rozstrzygać, gdyż zbyt skomplikowane badania są do tego jeszcze niezbędne.

---