

ZJAWISKA WULKANICZNE

Plan konspektu:

1. Wprowadzenie – wulkany są piękne, straszne i fascynujące
2. Wpływały na nasze życie od zawsze. To dzięki nim powstała zarówno litosfera jak i atmosfera.
3. Zjawiska wulkaniczne polegają na wydostawaniu się na powierzchnię Ziemi ciał z jej wnętrza. Ciała te nazywamy produktami erupcji wulkanicznej
Erupcja wulkaniczna – wybuch wulkanu
4. Do ciał wulkanicznych zaliczamy:
 - a) **materiał piroklastyczny** – ciała stałe (*piro – ogień, klasty – kamienie = ogniste kamienie*)



Wybuch wulkanu Pinatubo na wyspie Luzon. Źródło: INTERNET

Są to przede wszystkim rozdrobnione cząstki lawy. Możemy wyróżnić:

- ✓ bomby wulkaniczne – fragmenty lawy wielkości piłki nożnej, mają kształt wrzeczona gdyż wyrzucone siłą wybuchu obracają się dookoła własnej osi
- ✓ lapille i scoria – fragmenty lawy wielkości orzecha włoskiego i grochu
- ✓ popioły wulkaniczne – najdrobniejsze cząsteczki lawy



Bomba wulkaniczna. Kamczatka. Fot. Carsten Peter

- b) czasem podczas wybuchu z krateru wyrzucane są fragmenty skał tworzące stożek wulkaniczny. *Paricutin*
- c) jednym z najniebezpieczniejszych skutków erupcji są lawiny = potoki piroklastyczne, które są mieszaniną popiołów i rozżarzonych gazów. Jednym z

wulkanów, w czasie erupcji którego powstają potoki piroklastyczne jest *Unzen* w Japonii



Spływ piroklastyczny. Wulkan Unzen. Fot. Mike Lyvers

- d) **lawy** – ciała ciekłe. Jest to magma, czyli stop krzemianowy, wydobywająca się na powierzchnię Ziemi i oddająca do atmosfery swe składniki lotne np. parę wodną i dwutlenek węgla. Lawy osiągają temperaturę 1000 - 1400°C a krzepną w temperaturze 600 - 700°C

W zależności od zawartości SiO_2 wyróżniamy lawy:

- ✓ kwaśne – zawierają powyżej 60% Krzemionki, mają dużą lepkość, są gęste, tworzą krótkie potoki lub kopuły lawowe. Wulkany, w których występują są bardzo niebezpieczne gdyż lawy te zawierają dużo gazów i szybko krzepną powodując powstawanie diatremy – korka
- ✓ zasadowe – są ubogie w krzemionkę, mają małą lepkość i potrafią się rozplýwać z prędkością 30 km/h, tworzą długie potoki do 50 km. Są charakterystyczne dla wulkanów efuzywnych i szczelinowych np. wulkany Hawajów, Islandii. Tworzą pokrywy lawowe – trapy. Te występują np. na Płw. Indyjskim. Zajmują obszary o powierzchni setek tysięcy km^2 (np. w Patagonii, na Islandii)



Lawa zasadowa. Hawaje. Źródło: INTERNET

- ✓ poduszkowe - (gł. bazaltowe), zakrzepłe w postaci brył o kształcie spłaszczonych bochnów, powstają wskutek erupcji podmorskich pod wpływem gwałtownego stygnięcia pod wodą.



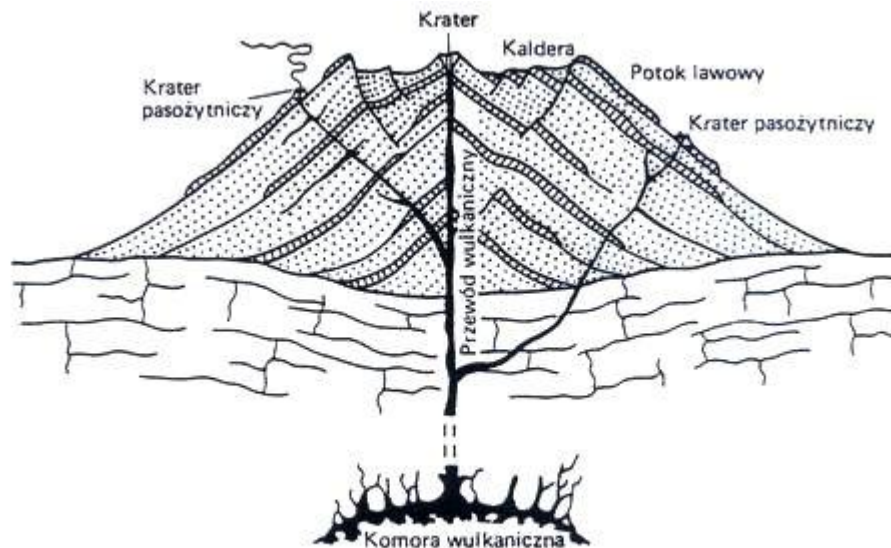
Lawa poduszkowa. Źródło: INTERNET

- e) **Gazy wulkaniczne** - składają się głównie z pary wodnej; zawierają także m.in. dwutlenek węgla, wodór, chlorowodór, fluorowodór, siarkowodór, dwutlenek siarki, metan, amoniak. Szczególnie niebezpieczny jest dwutlenek węgla, który, jako gaz cięższy od powietrza, gromadzi się w obniżeniach terenu, co powoduje niekiedy śmierć ludzi i zwierząt. Emisja dwutlenku siarki, który rozprasza się w atmosferze w postaci aerozolu kwasu siarkowego, prowadzi do zmniejszenia dopływu promieniowania słonecznego, co pociąga za sobą ochłodzenie klimatu



Wyziwy siarki. Wulkan Ijen. Źródło: INTERNET

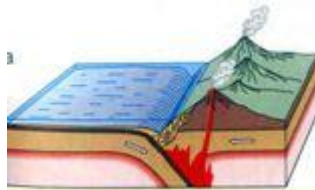
- f) **Chmury gorejące** - powstają w wyniku erupcji eksplozywnych w przypadku, gdy ciśnienie gazów w lawie jest zbliżone do ciśnienia powietrza, co powoduje zachowanie części pęcherzyków gazowych w materiale piroklastycznym, umożliwiając jego transport w postaci zawiesiny w rozżarzonym strumieniu gazowym o temperaturze 700–1000°C. Przemierzające się ze znaczną prędkością, przekraczającą niekiedy 300 km/h, na przestrzeniach kilkudziesięciu i setek km chmury gorejące niszczą wszystko, co napotkają na swej drodze. W 1902 po wybuchu wulkanu Pelée (Małe Antyle, wyspa Martynika) chmura gorejąca w ciągu kilku minut starła z powierzchni ziemi miasto Saint Pierre, przynosząc śmierć 26 tys. jego mieszkańców. W tym samym roku chmura gorejąca z wulkanu Soufrière (Małe Antyle, wyspa Saint Vincent) pochłonęła ok. 1,6 tys. ofiar.



Rys. 1-39. Przekrój przez wulkan

5. W jaki sposób powstają wulkany?

Najwięcej wulkanów powstaje **na granicy płyt litosfery** (atlas)



D. Makowska „Ziemia”

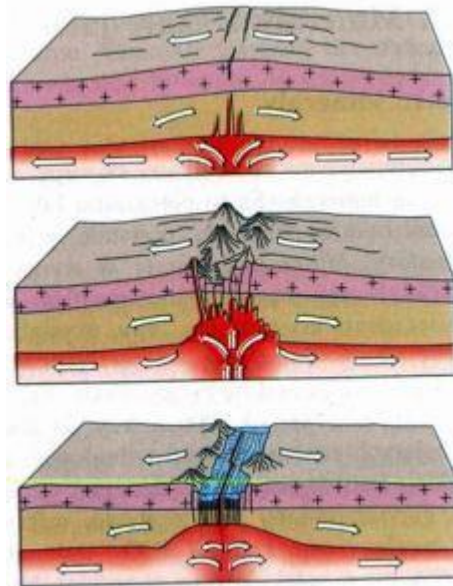
Powstają one przede wszystkim w strefach subdukcji. Płyta, która wsuwa się pod spód topi się w warunkach wysokiej temperatury i ciśnienia a powstająca w ten sposób magma wchodzi w skład prądów konwekcyjnych, krąży w litosferze (plutonizm) lub przebija się przez płytę powodując powstawanie wulkanów.

Najlepszym przykładem są strefy subdukcji po obu stronach Pacyfiku – jest to tzw. „Pierścień ognia”. Tworzą go m.in. takie wulkany, jak: *Orizaba*, *Paricutin*, *Św. Helena*, *Rainier*, *Unzen*, *Fudzi jama*, *Kluczeska Sopka*



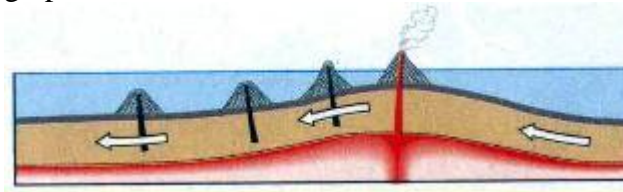
Popocatepetl. Fot. Daniel Hatcher. Źródło: INTERNET

Innym przykładem wulkanów są te, które powstają w strefie ryftowej (teoria tektoniki płyt) zarówno w obrębie grzbietów oceanicznych (są to głównie wulkany podmorskie) jak i lądów. Chodzi o takie wulkany jak: Hekla, Laki na Islandii oraz wulkany strefy ryftowej w Afryce: grupa wulkanów Wirunga, Ruwenzori



D. Makowska „Ziemia”

Wulkany mogą również powstawać na środku płyt litosfery. Genezę takich wulkanów opisuje teoria gorącego punktu.



D. Makowska „Ziemia”

Na Ziemi jest ok. 90 miejsc, w których z głębi Ziemi dociera do płyty pojedynczy strumień magmy, który przebijając skorupę ziemską powoduje powstanie wyspy wulkanicznej. Wulkany na takiej wyspie są tak długo czynne, jak wyspa znajduje się nad gorącym punktem. Wiemy jednak, że płyty litosfery są w ciągłym ruchu dzięki prądom konwekcyjnym (teoria tektoniki płyt), dlatego na skutek ruchu płyty wulkan schodzi z gorącego punktu i po jakimś czasie znika pod wodą – zostaje zerodowany dzięki działalności czynników egzogenicznych np. morza, wiatru, rzek itp. Na miejscu starej wyspy powstaje nowa a na niej kolejny czynny wulkan. Przykładem wysp wulkanicznych, które powstały w ten sposób są Hawaje z wulkanami: *Kilauea*, *Mauna Kea*, *Mauna Loa*

6. Wyróżniamy kilka klasyfikacji wulkanów:

1) podział ze względu **na występowanie**:

- ✓ Wulkany podmorskie – w dnie oceanicznym
- ✓ Wulkany kontynentalne

2) podział **ze względu na charakter erupcji**:

- ✓ Wulkany efuzywne: erupcja przebiega łagodnie i polega przede wszystkim na wylewach rzadkich law bazaltowych. Krater wulkanu wypełnia się powoli lawą –

powstaje „jezioro ognia” z pióropuszcami lawy. Gdy krater zupełnie wypełni się lawą spływa ona po zboczach wulkanu tworząc tzw. „rzeki ognia”. Do takich wulkanów należą wulkany Hawajów: Mauna Loa, Mauna Kea, Kilauea. Ten typ erupcji jest charakterystyczny dla wulkanów tarczowych



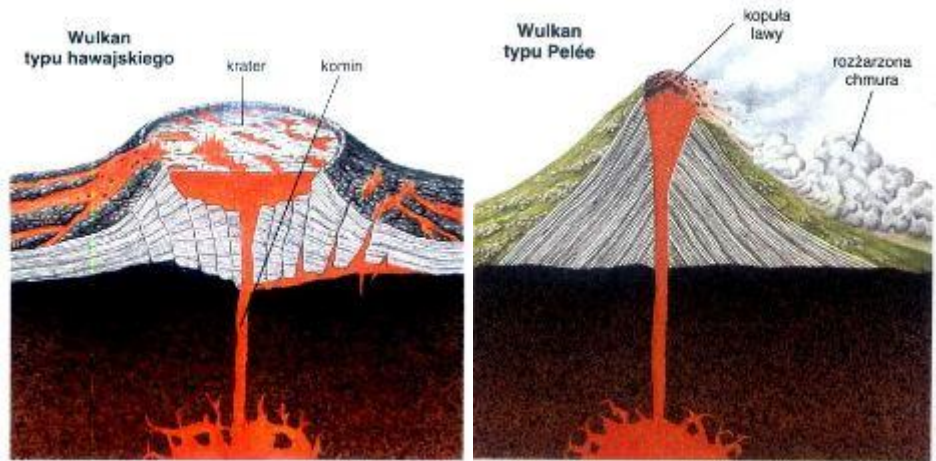
Mauna Loa. Źródło: INTERNET

- ▼ Wulkany eksplozywne – erupcja przebiega gwałtownie a głównymi produktami erupcji jest materiał piroklastyczny. Wulkany tego typu są na ogół wulkanami stożkowymi. Stożek jest usypany z materiałów piroklastycznych. Przykładem tego typu wulkanów jest Fudzi – jama
- ▼ Stratowulkany – należą do najczęściej występujących wulkanów i do tego najbardziej niebezpiecznych. Są to wulkany mieszane, których głównym produktem erupcji są lawy kwaśne, materiał piroklastyczny oraz gazy. Erupcję często poprzedzają wstrząsy sejsmiczne spowodowane sprężeniem gazów wulkanicznych, które nie mogą się wydostać na powierzchnię dzięki zakrzepłej lawie. Podczas erupcji często dochodzi do gwałtownego wybuchu stożka, który wylatuje w powietrze lub zapada się tworząc kalderę. Do wulkanów tego typu należą: Świąta Helena, Wezuwiusz

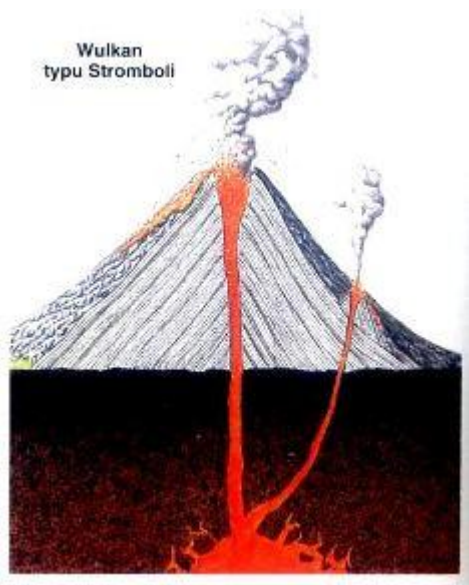


Mt. Rainier Źródło: INTERNET

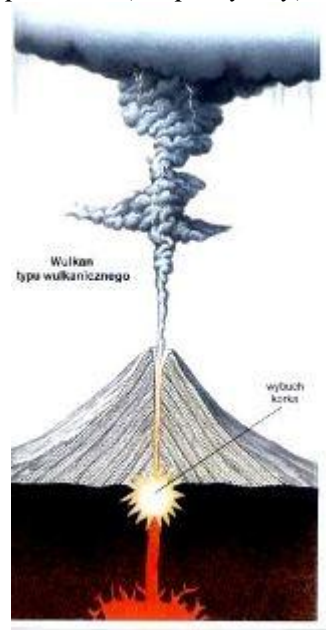
Zgodnie z podobnym podziałem wulkany dzielą się na:



wulkan typu hawajskiego (efuzywny) wulkan typu Pelee (eksplozywny)



wulkan typu Stromboli (stratowulkan)



wulkan typu Volcano (stratowulkan)

3) podział wulkanów ze względu na budowę:

- ▼ Wulkany stożkowe:



Święta Helena przed erupcją. Źródło: INTERNET

do podstawowych elementów budowy tego typu wulkanów należą:

- stożek wulkaniczny usypany z materiału piroklastycznego przewarstwowanej lawą
- ognisko magmy – zbiornik magmy znajdujący się głęboko pod ziemią
- krater, czyli miejsce, którym ciała wulkaniczne wydostają się na powierzchnię
- komin wulkaniczny, który łączy ognisko z kraterem
- stożek pasożytniczy, czyli mniejszy, boczny stożek
- kaldera, czyli pozostałość po stożku, który zapadł się lub uległ destrukcji w czasie erupcji



Kaldera Krakatau z Anak Krakatau. Źródło: INTERNET

w kalderach często powstają jeziora wulkaniczne, czyli maary. Najbardziej znanym jeziorem kraterowym jest jezioro Crater Lake w Ameryce Północnej

- ✓ wulkany tarczowe – mają mniej strome zbocza i powstają przede wszystkim na oceanach. Są to wulkany efuzywne (lawą bazaltową powstaje w miejscach, gdzie topi się dno oceaniczne – sima).

do takich wulkanów należą wulkany Islandii np. Hekla; Hawajów – Mauna Kea, Kilauea, Mauna Loa



Wulkany Hawajów. Źródło: INTERNET

4) podział wulkanów ze względu na **budowę krateru** (rodzaj erupcji)

- ✓ erupcja centralna – ciała wulkaniczne wydostają się z krateru na szczycie stożka

- ▼ erupcja linijna – ciała wulkaniczne wydostają się ze szczeliny, której długość może osiągać kilkadziesiąt kilometrów. Takie wulkany występują przede wszystkim w obrębie grzbietów oceanicznych (na uskokach), na Islandii (wulkan Laki). Dzięki takim szczelinom dochodzi do powstawania olbrzymich pokryw lawowych zwanych trapami. W historii Ziemi największe trapy powstały na Płw. Indyjskim. Osiągają miąższość ponad kilometra. Współcześnie uważa się, że ówczesna działalność wulkaniczna była tak intensywna, że mogła spowodować oziębienie klimatu (duża ilość pyłów wulkanicznych w atmosferze miała być odpowiedzialna za odbijanie promieniowania słonecznego i wyginięcie najpierw roślin a później większości zwierząt – chodzi o dinozaury) i wyginięcie dinozaurów.

5) podział wulkanów ze względu na działalność:

- ▼ wulkany czynne – takie, które działają w czasach nam współczesnych np. *Św. Helena, Wezuwiusz, Unzen, Popocatepetl, Etna, Ruapehu*. Obecnie na świecie jest ok. 1500 czynnych wulkanów
- ▼ wulkany drzemiące – takie, które wybuchły w czasach historycznych i wzmianki o ich działalności zamieszczono w kronikach. Do takich wulkanów należy Fudzi, który ostatni raz wybuchł w 1772 roku.
- ▼ Wulkany wygasłe – góry o budowie wulkanicznej, które nie wybuchły w czasach historycznych. Są to np. wulkany Owernii, oraz Przedgórze Sudeckiego np. Wulkan Ostrzyca

7. Erupcjom wulkanicznym towarzyszą często inne procesy. Należą do nich:

- ▼ Lahary – są to spływy błotne, które z olbrzymią prędkością spływają, jako rzeki błota po stokach wulkanu w czasie erupcji niszcząc wszystko co napotkają na swej drodze. Na ogół powstają na wulkanach, których szczyt jest przykryty pokrywą śnieżną, która topi się gwałtownie w czasie erupcji i łączy z materiałem piroklastycznym. Najsłynniejsze lahary powstały w czasie wybuchu Wezuwiusza w 79 r (Herkulanum), wulkanu Newado del Ruiz w Kolumbii (1985 r) i Św. Heleny (1980 r)
- ▼ Wstrząsy sejsmiczne – trzęsienia ziemi są charakterystyczne dla wulkanów, z których wydostaje się lava kwaśna, zawierająca duże ilości gazów. Przemieszczanie się magmy kominem wulkanicznym powoduje rozprężanie gazów i lekkie wstrząsy. Stąd wyróżniamy jeden z genetycznych typów trzęsień ziemi – trzęsienia wulkaniczne
- ▼ Ekshalacje wulkaniczne, czyli wyziewy gorących gazów. Są to na ogół gazy trujące. Ze względu na ich skład i temperaturę dzielimy je na 3 rodzaje:
 - fumarole, które osiągają temp. Od 300 do 1000°C (para wodna, chlorowódor, dwutlenek siarki), towarzyszą czynnym wulkanom
 - solfatary, które osiągają temperaturę od 100 do 300°C (para wodna, dwutlenek siarki oraz siarkowódor), towarzyszą wulkanom drzemiącym i wygasłym
 - mofety, występujące na obszarach wymierającego wulkanizmu o temp. Nie przekraczającej 100°C (bezwodnik węglowy), występują na obszarach powulkanicznych



Bromo. Źródło: INTERNET

▼ na obszarach wymierającego wulkanizmu często występują gejzery

Dzięki ogrzaniu wód znajdujących się pod ciśnieniem przez rozgrzane skały dochodzi do wyrzucania strumieni wody, pary i błota na wysokość nawet kilkuset metrów.

Najsłynniejszym miejscem występowania gejzerów jest pierwszy na świecie park narodowy, czyli Yellowstone. Ostatnio uważa się, że jest to kaldera olbrzymiego wulkanu. Gejzery występują również m.in. na Kamczatce, w Japonii, Indonezji, Islandii i na Nowej Zelandii. Największym gejzerem w historii był gejzer Waimangu na Nowej Zelandii, który wyrzucał wodę na wysokość 460 metrów. Obecnie najbardziej znane gejzery to: Old Faithful w Parku Narodowym Yellowstone, Strokkur na Islandii.



Old Faithful. Fot. Kevin Schafer

8. Rozmieszczenie zjawisk wulkanicznych na Ziemi

Najwięcej czynnych wulkanów jest na świecie w tzw. Pierścieniu Ognia, który tworzą oba wybrzeża Pacyfiku. Do najsłynniejszych wulkanów należą:

Nazwa wulkanu	Lokalizacja
Etna	Europa - Sycylia
Wezuwiusz	Europa, okolice Neapolu
Stromboli	Europa – Wyspy Liparyjskie
Hekla	Europa, Islandia
Laki	Europa, Islandia
Rainier	Ameryka N, Kordyliery
Święta Helena	Ameryka N, Kordyliery
Orizaba	Ameryka Środkowa, Meksyk
Popocatepetl	Ameryka Środkowa, Meksyk
Paricutin	Ameryka Środkowa, Meksyk
Mt. Pelee	Ameryka Środkowa, Martynika
Nevado del Ruiz	Ameryka Południowa, Kolumbia
Cotopaxi	Ameryka Południowa, Andy

Misti	Ameryka Południowa, Andy, Peru
Erebus	Antarktyda
Kamerun	Afryka, Kamerun
Nyrangongo	Grupa wulkanów Wirunga, Afryka
Ruwenzori	Afryka
Kilimandżaro	Afryka
Meru	Afryka, Wielka Dolina Ryftowa
Ruapehu	Oceania, Nowa Zelandia
Mauna Loa	Oceania, Hawaje
Mauna Kea	Oceania, Hawaje
Kilauea	Oceania, Hawaje
Kerinci	Azja, Sumatra
Krakatau	Azja, Indonezja
Tambora	Azja, Jawa
Merapi	Azja, Jawa
Pinatubo	Azja, Filipiny
Fudzi	Azja, Japonia
Asma	Azja, Japonia
Unzen	Azja, Japonia
Kluczewska Sopka	Azja, Kamczatka
Koriacka Sopka	Azja, Kamczatka
Mayon	Azja, Filipiny

9. Wpływ wulkanów na nasze życie.

- ✓ Szacuje się, że 350–500 mln osób żyjących obecnie w strefach wulkanicznych jest narażonych na niebezpieczeństwo potencjalnych erupcji, które na gęsto zaludnionych obszarach mogą jednorazowo pochłonąć bardzo dużą liczbę ofiar
- ✓ Od czasów historycznych zginęło ponad 220 tys. osób, co stanowi ponad 80% ogółu ofiar działalności wulkanicznej i jej bezpośrednich następstw w czasach historycznych.
- ✓ Spośród katastrofalnych czynników będących następstwem aktywności wulkanicznej największe żniwo śmierci zebrały:
 - głód i choroby epidemiczne (30,3%);
 - chmury gorejące i lawiny piroklastyczne (26,8%),
 - lahary (17,1%) tsunami (16,9%),
 - lawiny gruzowe (4,5%),
 - opady popiołowe i bomby wulkaniczne (4,1%),
 - wylewy law (0,3%)
 - inne czynniki, np. trujące gazy, wstrząsy sejsmiczne (0,03%)
- ✓ Katastrofalne wybuchy czterech wulkanów: Tambora (1815), Krakatau (1883), Pelée (1902) i Nevado del Ruiz (1985) spowodowały ponad 66% przypadków śmiertelnych w ostatnim 200-leciu, przy czym z każdym z tych wybuchów był związany inny czynnik zagłady: głód, tsunami, lawina piroklastyczna i lahar.
- ✓ Największe katastrofy są dziełem erupcji eksplozywnych i mieszanych, dostarczających głównie materiałów piroklastycznych.
- ✓ Energia takich erupcji bywa nieporównywalnie większa od energii wybuchu bomby atomowej zrzuconej na Hirosimę (Tambora — ok. $2,2 \cdot 10^5$ razy, Krakatau — $1,7 \cdot 10^6$ razy).

- ✓ Przebieg erupcji jest niezwykle gwałtowny, często dochodzi do rozsądzenia budowli wulkanicznych i wzniesienia popiołów do wysokości kilkudziesięciu km (Krakatau — 25 km, a najdrobniejsze pyły nawet ponad 50 km), wyrzucenia bomb i bloków skalnych na odległość kilkuset metrów, powstania chmur gorejących i lawin piroklastycznych, uruchomienia lawin gruzowych i laharów oraz wzbudzenia tsunami przez wybuchy odbywające się na wyspach oceanicznych.
- ✓ Energia erupcji lawowych bywa zbliżona do energii erupcji eksplozywnych, jednak obfite wylewy law na obszarach kontynentalnych należą w holocenie do rzadkości.
- ✓ Największa ilość lawy, która wydobyła się podczas jednego wybuchu w czasach historycznych, wyniosła ok. 12,5 km³ (Laki, Islandia, 1783), podczas gdy największa ilość materiałów piroklastycznych — 150 km³ (Tambora, 1815).
- ✓ Zasięg wylewów law jest znacznie mniejszy niż opadów piroklastycznych, dlatego też erupcje lawowe powodują na ogół mniejsze zniszczenia.
- ✓ Działalność wulkanów powoduje skutki katastrofalne zarówno dla ludzi i ich dorobku materialnego, jak też dla środowiska naturalnego. Możemy tu wyróżnić:
 - Zniszczenie gleby,
 - spalanie lasów,
 - zatrucie wód i powietrza narusza biocenozę, przerywając łańcuchy pokarmowe, co prowadzi do destabilizacji ekosystemów.
- ✓ Tego rodzaju katastrofy ekologiczne pociągają za sobą śmierć ludzi i zwierząt, najczęściej w wyniku głodu i chorób. Znaczne ilości gazów i popiołów wulkanicznych, wyrzucane do atmosfery w czasie silnych erupcji, powodują wyraźne zmiany klimatyczne.

10. Zapobieganie skutkom erupcji wulkanicznych

Badania wulkanów, prowadzone w celu prognozowania erupcji, ich siły i przebiegu.

- ✓ Obejmują m.in. monitoring sejsmiczny, akustyczny, termiczny i geochemiczny.
- ✓ stosuje się również monitoring satelitarny wybuchów wulkanów, a także komputerowe modelowanie dynamiki i termodynamiki procesów wulkanicznych, oparte na danych uzyskanych zarówno w wyniku monitoringu, jak też prac eksperymentalnych.
- ✓ Dla osiedli znajdujących się w pobliżu wulkanów są opracowywane szczegółowe plany ewakuacyjne;
- ✓ duże znaczenie ma rozwój systemów ostrzegania, powoływanie i szkolenie specjalnych służb ratowniczych, edukacja mieszkańców zagrożonych obszarów, a także długoterminowe planowanie urbanistyczne, pozwalające uniknąć koncentracji ludności w rejonach szczególnie niebezpiecznych.
- ✓ Niekiedy buduje się również zapory i kanały, które mają ukierunkować przemieszczanie się produktów erupcji.

11. Na czym polegają badania wulkanów w celu przewidzenia wybuchu:

- ✓ Badanie stozka GPS – em. Przed wybuchem stożek pęcznieje
- ✓ Analiza gazów wydobywających się z wulkanu
- ✓ Wybuch często poprzedzają wstrząsy
- ✓ Należy poznać historię wulkanu. Każdy wulkan wybucha w inny sposób. Gdy zna się przebieg erupcji zanotowany podczas poprzednich wybuchów można przewidzieć następny na podstawie pojawiających się oznak
- ✓ Analiza termiczna – gdy rośnie temperatura może zbliżać się wybuch

12. Największe wybuchy wulkanów w ostatnim dziesięcioleciu

- ✓ W ostatnim dziesięcioleciu katastrofalne wybuchy wulkanów występowały głównie na wyspach u wschodnich i południowo-wschodnich wybrzeży Azji, a

także w Ameryce Środkowej, w tym na Małych Antylach. Wybuchy te pochłonęły ponad 1500 ofiar; spośród nich 80% zginęło w wyniku erupcji jednego wulkanu (Pinatubo), w tym: 30% wskutek opadów popiołowych i bomb wulkanicznych, 12% wskutek laharów, reszta z powodu chorób epidemicznych. Przyczyną śmierci ofiar pozostałych wybuchów były głównie lawiny piroklastyczne i chmury gorejące, a tylko w 12% — opady piroklastyczne.

- ▼ W 1990 na Jawie wznowił działalność jeden z najniebezpieczniejszych wulkanów, **Kelud**, który w ciągu ostatnich sześciu wieków pochłonął ok. 15 tys. ofiar. W wyniku erupcji eksplozywnej został zdewastowany obszar 35 km² w odległości 2–4 km od krateru; od opadów popiołowych i bomb wulkanicznych zginęło 35 osób. Poerupcyjne lahary (33) zniszczyły 1546 budynków, drogi i mosty, ok. 25 tys. ha ziemi uprawnej, ok. 6400 ha lasów; spowodowały także poważne obrażenia 43 osób.
- ▼ Sprawcą największej katastrofy ostatniego dziesięciolecia był wulkan **Pinatubo**, położony na filipińskiej wyspie Luzon. Po 500-letnim okresie spokoju, w 1991 wystąpiły silne erupcje eksplozywne, które wzbijały chmurę popiołów do wysokości 40 km, doprowadziły do zapadnięcia wierzchołka wulkanu i powstania kaldery głębokości 600 m i średnicy 2 km. Erupcjom towarzyszyły wstrząsy sejsmiczne i ulewne deszcze, w tym samym czasie wystąpiły też tajfuny, co doprowadziło do uruchomienia laharów. Eksplozje, zapadnięcie wierzchołka wulkanu i opady piroklastyczne były przyczyną śmierci 364 osób i obrażeń 184; 143 osoby zginęły wskutek laharów, a 700 zmarło w wyniku chorób epidemicznych. Na obszarze 100 km² zostały zniszczone uprawy, drogi, kilka wsi i miast.
- ▼ Wybuchy japońskiego wulkanu **Unzen**, wznowione w 1990, osiągnęły apogeum w roku następnym. Erupcje o charakterze mieszanym spowodowały wydźwignięcie kopuły lawowej oraz wytworzenie chmur gorejących, lawin piroklastycznych i gruzowych, a także laharów; śmierć poniosły 43 osoby, rannych zostało 9 osób; spaleni uległo 400 budynków, zburzeniu — 137. Ewakuowano 8600 osób.
- ▼ W 1993 doszło do erupcji wulkanu **Mayon** (wyspa Luzon, Filipiny). Wulkan wyrzucił popioły na wysokość 5 km, a lawiny i opady piroklastyczne, sięgające ok. 6 km od krateru, spowodowały śmierć 70 osób i obrażenia ponad 100. Popioły, potoki lawy i lahary zniszczyły drogi i pola uprawne.
- ▼ Wulkan **Merapi**, który w XI w. przyniósł zagładę wysoko rozwiniętej cywilizacji jawajskiej, a potem jeszcze kilkakrotnie wywoływał tragiczne katastrofy, eksplodował w 1994; popioły były wyrzucane na wysokość 10 km. Opady piroklastyczne objęły obszary położone w odległości 45 km od wierzchołka wulkanu. Wskutek laharów, lawin piroklastycznych i chmur gorejących zginęły 64 osoby, 43 zostały ciężko ranne; zniszczeniu uległo kilka wsi, spaleni — 500 ha lasów. Ponad 6 tys. osób ewakuowano.
- ▼ Ostatnia z większych katastrof wulkanicznych nastąpiła w 1997; wybuchł wówczas aktywny od trzech lat wulkan **Soufrière Hills** na wyspie Montserrat (Małe Antyle). Erupcja wybiła w kopule wulkanu otwór o średnicy 200 m, przez który wytrysnął na wysokość 10 km pióropusz rozpylonej lawy. Opady popiołów pokryły obszar 4 km². Lahary, uruchomione częściowo przez wstrząsy sejsmiczne towarzyszące erupcji, spowodowały śmierć 19 osób i zniszczenie ok. 150 budynków.

- ▼ Silne erupcje wulkaniczne występowały również na słabo zaludnionych obszarach Andów, Alaski, Wysp Aleuckich Kamczatki i Islandii. Erupcje te były przyczyną strat materialnych i szkód w środowisku naturalnym, spowodowanych przez intensywne opady popiołowe (Mount Hudson, Chile, 1991), lahary (Spurr, Alaska, 1992) lub wylewy wód roztopowych (strefa ryftu wschodniego w Islandii, 1996).

Opracowała: A. Kodyniak