

Rozdział 1. Charakterystyka strefy klimatu tropikalnego

(Krzysztof Korzeniewski)

Klimat według W. Okołowicza jest całokształtem zmieniających się warunków atmosferycznych i stanów pogody, właściwym dla danego miejsca (obszaru) i danego czasu, określanym na podstawie wieloletnich obserwacji.

Strefa klimatyczna jest to obszar kuli ziemskiej przyjmujący zazwyczaj postać równoleżnikowego pasa, w obrębie którego panują podobne elementy klimatu, będące podstawą do wydzielenia strefy.

Pierwsze podziały na strefy klimatyczne pojawiły się już w starożytnej Grecji. Podstawą do ich wyznaczania był kąt padania promieni słonecznych w poszczególnych porach roku w zależności od szerokości geograficznej. Były to w rzeczywistości strefy oświetleniowe Ziemi, zwane klimatami solarnymi. Współczesne klasyfikacje pojawiły się w XIX i XX wieku. Pierwsze prawidłowe określenia stref klimatycznych będących właściwie strefami roślinnymi, odnosiły się do związku między właściwościami klimatu i rozmieszczeniem roślinności. Pierwszy taki podział przedstawił A. Humboldt w 1817 r. Najbardziej znana na świecie jest klasyfikacja Köppena, który w 1899 r. wprowadził do klimatologii pojęcie „typ klimatu”.

Obszary klimatyczne można podzielić na jednostki sklasyfikowane w cztero-stopniowej skali. Jednostki pierwszego rzędu to strefy klimatyczne, które dzieli się na podstawie zależności wymiany ciepła i wilgoci między atmosferą a Ziemią w pasie szerokości geograficznej oraz na podstawie rozmieszczenia mas powietrza. Jednostki drugiego rzędu to obszary klimatyczne, wydzielone w poszczególnych strefach na podstawie regionalnych różnic w promieniowaniu, obiegu wilgoci i cyrkulacji atmosferycznej. Jednostki trzeciego rzędu to obszary górskie, których klimat jest ukształtowany przez systemy górskie (wysokość nad poziomem morza, ekspozycja, powodowanie zaburzeń w ruchu powietrza), mające wpływ na ogólny układ promieniowania i cyrkulacji atmosferycznej. Jednostkami czwartego rzędu są regiony klimatyczne wchodzące w skład obszarów i kształtujące się w zależności od czynników fizyczno-geograficznych.

Czynnikami kształtującymi warunki klimatyczne na Ziemi są:

- I. Obieg ciepła:
 - warunki oświetleniowe Ziemi (długość dnia i nocy, wysokość Słońca nad horyzontem),
 - rzeczywisty czas bezpośredniej ekspozycji słonecznej (usłonecznienie rzeczywiste),
 - całkowite promieniowanie słoneczne dochodzące do powierzchni Ziemi.
- II. Obieg wilgoci:
 - parowanie, konwekcja i adwekcja pary wodnej,
 - powstawanie chmur i opadów,
 - spływ i wsiąkanie wody.

III. Cyrkulacja atmosferyczna (silnie związana z rozkładem ciśnienia atmosferycznego).

IV. Czynniki geograficzne:

- szerokość geograficzna,
- rozkład lądów i mórz,
- prądy morskie,
- ukształtowanie terenu (orografia i wysokość nad poziomem morza),
- pokrycie terenu.

Na obraz klimatu składają się następujące elementy:

I. Temperatura i wilgotność powietrza.

II. Parowanie rzeczywiste.

III. Zachmurzenie.

IV. Opady atmosferyczne.

V. Burze atmosferyczne i pyłowe.

Temperatura powietrza

Temperatura powietrza zarówno w miesiącu najcieplejszym jak i najchłodniejszym jest ściśle związana z rozkładem całkowitego promieniowania słonecznego. Ziemia obraca się wokół swojej osi pod kątem $23,5^\circ$. To nachylenie oraz promieniowanie słoneczne skutkują występowaniem pór roku. Jednoczesny obrót Ziemi wokół własnej osi i dookoła Słońca powoduje, że poszczególne obszary mórz i lądów otrzymują większą lub mniejszą dawkę promieniowania słonecznego. To powoduje, że w tym samym czasie na różnych obszarach Ziemi występują różne pory roku. Słońce emituje promienie, które padają na powierzchnię Ziemi pod różnymi kątami. Promienie słoneczne transmitują największą dawkę energii, gdy padają na dany obszar ziemski pod kątem prostym (90°). Ma to miejsce na równiku i w strefie międzyzwrotnikowej, gdzie promieniowanie słoneczne jest najintensywniejsze a temperatury powietrza są najwyższe na naszej planecie. Na innych obszarach, gdzie promienie słoneczne padają pod mniejszym kątem, temperatury są niższe.

Temperatura powietrza na Ziemi jest wyznaczana przez układ izoterm i rozkłada się strefowo. Strefowość ta jest wyraźniejsza na półkuli północnej w najcieplejszym miesiącu, natomiast na półkuli południowej jest wyraźnie zaznaczona w ciągu całego roku. Najcieplejszy region Ziemi, gdzie w najchłodniejszym miesiącu temperatura nie spada poniżej 20°C , rozciąga się po obu stronach równika do zwrotników. Tylko na tym obszarze Słońce można obserwować w zenicie. Na równiku, gdzie Słońce wschodzi i zachodzi o tych samych porach, a dzień i noc mają jednakową długość przez cały rok, Słońce staje w zenicie dwukrotnie – w dniach równonocy wiosennej i jesiennej. Na zwrotnikach Słońce w południe osiąga zenit tylko raz w roku – w czasie letniego przesilenia na danej półkuli, gdy dzień trwa 13,5 godziny (podczas zimowego przesilenia dzień trwa 10,5 godziny).

Nad zwrotnikiem Słońce zawraca w swoim pozornym rocznym ruchu po niebie. 22 grudnia Słońce dochodzi do zwrotnika półkuli południowej. Moment ten, zwany przesileniem zimowym rozpoczyna astronomiczną zimę. Równocześnie Słońce

wstępuje w znak Koziorożca, stąd nazwa zwrotnika południowego – zwrotnik Koziorożca. 22 czerwca Słońce dochodzi do zwrotnika półkuli północnej. Moment ten, zwany przesileniem letnim rozpoczyna astronomiczne lato. Równocześnie Słońce wstępuje w znak Raka, stąd nazwa zwrotnika północnego – zwrotnik Raka.

Obszar zawarty między równoleżnikiem 23°27' szerokości geograficznej północnej (zwrotnik Raka) a równoleżnikiem 23°27' szerokości geograficznej południowej (zwrotnik Koziorożca) określany jest mianem tropiku, a strefa klimatyczna rozciągająca się na tym obszarze nazywana jest strefą klimatu tropikalnego (w związku z tym, że granice stref klimatycznych są wyznaczone przez izotermy średnich rocznych temperatur, które często wykraczają poza zwrotnik Raka i Koziorożca, w rzeczywistości na niektórych obszarach Ziemi strefa klimatu gorącego, tropikalnego sięga nawet równoleżnika 35° szerokości geograficznej północnej lub południowej).

Wilgotność powietrza

Wilgotność powietrza zależy od zawartości w nim pary wodnej, która dopływa do atmosfery wskutek parowania. Regulowana jest również przez cyrkulację atmosfery. Wpływa na nią także orografia, wysokość nad poziomem morza oraz temperatura powietrza (w określonej temperaturze istnieje próg, przy którym ustaje parowanie w związku z osiągnięciem stanu nasycenia). W strefie równikowej (10°N-10°S) ciśnienie pary wodnej jest bardzo wysokie przez cały rok, zarówno nad oceanem, jak i nad lądami, dochodzi do 23-24 hPa u ujścia Amazonki, a na Filipinach nawet do 30 hPa. Równikowe powietrze zawiera dwa razy więcej pary wodnej niż podczas gorącej pory letniej w strefie umiarkowanej. W strefach podzwrotnikowych (25-40°N i 25-40° S) ciśnienie pary wodnej nad morzami jest większe niż nad lądem.

Do oceny stopnia uwilgotnienia atmosfery często bywa używana wilgotność względna, która określa stopień nasycenia powietrza parą wodną w danej temperaturze. Największą wilgotnością względną na lądzie odznacza się przez cały rok strefa równikowa – 85-90% i powyżej. Maleje ona ku północnej i południowej strefie zwrotnikowej, co ma związek z malejącą zawartością pary wodnej w atmosferze.

Parowanie rzeczywiste

Para wodna przedostaje się do atmosfery głównie drogą parowania powierzchni wodnych i lądowych oraz przez transpirację roślin. Intensywność parowania rzeczywistego zależy głównie od stanu uwilgotnienia obiektu parującego, jego temperatury, a także od temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru. Parowanie rzeczywiste z oceanów, z powodu stałej obecności wody znacznie przewyższa parowanie z kontynentów. Na lądzie największe parowanie występuje w strefie równikowej pokrytej wilgotnym lasem tropikalnym, wykazującym całoroczną zdolność transpiracji, która jest jednak ograniczona chłonnością atmosfery, głównie z powodu wysokiego ciśnienia pary wodnej, dużej wilgotności względnej oraz wysokiej sumy opadów.

Zachmurzenie

Rozwój chmur i stopień pokrycia nieba są uwarunkowane szeregiem czynników. Szczególnie dużym zachmurzeniem odznaczają się obszary znajdujące się pod działaniem ośrodków cyklonalnych. W ciągu roku małą zmiennością wyróżnia się zachmurzenie w klimatach morskich, dużą – w wybitnie kontynentalnych i monsunowych. W strefie podzwrotnikowej duże zachmurzenie występuje w zimie, kiedy o pogodzie decyduje cyrkulacja cyklonalna, małe w lecie, gdy panuje pogoda wyżowa. Odwrotnie jest w strefie międzyzwrotnikowej.

Opady atmosferyczne

Najwyższe opady roczne (ponad 2000-3000 mm) mają okołorównikowe obszary Ameryki Południowej, Afryki i Indonezji. Najmniejsze opady (poniżej 250-50 mm) występują nad pustyniami zwrotnikowymi zarówno wewnątrzkontynentalnymi, jak i leżącymi nad oceanami, gdzie inwersja pasatowa jest spotęgowana obecnością chłodnych prądów morskich. Uzupełnieniem rocznej sumy opadów jest roczna liczba dni z opadem. Ponad 300 dni z opadem mają głównie obszary oceaniczne, opady podczas ponad 200 dni w roku występują w rejonach równikowych lądowych Oceanu Indyjskiego i środkowego Pacyfiku, na wschód od Filipin. Bardzo mało dni z opadem (50 i mniej niż 10 rocznie) mają strefy zwrotnikowe.

Burze atmosferyczne i pyłowe

W strefie międzyzwrotnikowej w związku z dużą zawartością pary wodnej w atmosferze występuje intensywny rozwój chmur burzowych. Burze występują tutaj podczas ponad 100 i więcej dni w roku. W strefie zwrotnikowej często występuje inne zjawisko atmosferyczne – burze pyłowe i piaskowe, które mogą obejmować duże obszary zarówno w pionie, jak i w poziomie.

Klasyfikacja stref klimatycznych

Wśród polskich klimatologów jedną z najbardziej znanych jest klasyfikacja W. Okołowicza (1971 r.), według którego występuje 5 stref i 29 typów klimatu:

- I. Strefa klimatów równikowych, charakteryzująca się średnią miesięczną temperaturą powyżej 20°C w ciągu całego roku, małą roczną jej amplitudą (do 5°C) rosnącą wraz z suchością klimatu (do 10°C), gdzie pory roku są określone na podstawie rocznego rozkładu opadów (najwyższymi w okresie zenitalnego położenia Słońca). W strefie tej występują 3 typy klimatów różniące się charakterem uwilgotnienia (rocznym przebiegiem opadów):
 - równikowy wybitnie wilgotny, bez wyraźnej pory deszczowej, z odmianą monsunową,
 - podrównikowy wilgotny, z jedną lub dwiema porami deszczowymi, z odmianą monsunową,

- podrównikowy suchy (wybitnie suchy), z ograniczoną do kilku miesięcy porą deszczową (na równiku z dwiema).
- II. Strefa klimatów zwrotnikowych, z temperaturą w najchłodniejszym miesiącu ponad 10°C, z dużą dobową amplitudą temperatury; w klimatach suchych latem notuje się najwyższą temperaturę na Ziemi. Opady przeważnie lub wyłącznie letnie, w klimatach suchych sporadyczne lub zupełny ich brak. Pory roku: w klimatach wilgotnych i monsunowych określone rocznym rozkładem opadów, w klimatach suchych – przebiegiem temperatury. W tej strefie występują 4 typy klimatów różniące się charakterem uwilgotnienia:
 - wilgotny, z częstą adwekcją morskich mas powietrza; w obszarach z wyraźną cyrkulacją monsunową występuje monsunowa odmiana klimatu,
 - pośredni, z odmianą monsunową,
 - suchy kontynentalny, z odmianą monsunową,
 - wybitnie suchy kontynentalny.
 - III. Strefa klimatów podzwrotnikowych (morski, pośredni, kontynentalny, suchy kontynentalny, wybitnie suchy kontynentalny),
 - IV. Strefa klimatów umiarkowanych (umiarkowane ciepłe i chłodne),
 - V. Strefa klimatów okołobiegunowych (podbiegunowy, biegunowy).

Inny podział stref klimatycznych, według Alisowa opiera się na wyróżnieniu geograficznych typów mas powietrza: równikowych, zwrotnikowych morskich i kontynentalnych, umiarkowanych morskich i kontynentalnych, arktycznych i antarktycznych, powstających w określonych szerokościach geograficznych pod wpływem wymiany ciepła i wilgoci z warstwą czynną, charakteru podłoża i zmian wywołanych cyrkulacją atmosferyczną. Granice między strefami klimatycznymi Alisow określił na podstawie średniego położenia klimatologicznych frontów atmosferycznych w zimie i w lecie. W ten sposób wydzielił 7 głównych stref klimatycznych z całoroczną przewagą mas powietrza jednego typu:

- I. Strefa równikowa – przeważają wiatry słabe, zmienne. Gorąco i wilgotno. Roczna amplituda temperatury i wilgotności powietrza bardzo mała (mniejsza od dobowej). Częste ulewy i burze.
- II. Strefa podrównikowa – latem przeważają równikowe typy mas powietrznych, zimą zwrotnikowe. W lecie dominują wiatry od równika, zimą ku równikowi. Okres zimy nieco chłodniejszy od letniego, na kontynencie bardziej suchy. Na oceanach w okresie letnio-jesiennym powstają cyklony tropikalne (huragany i tajfuny).
- III. Strefy zwrotnikowe półkuli północnej i południowej – przeważają wiatry z kierunków wschodnich. Wyraźna roczna amplituda temperatury powietrza, zwłaszcza na kontynentach. Na oceanach obserwuje się cyklony tropikalne.
- IV. Strefy podzwrotnikowe półkuli północnej i południowej.
- V. Strefy umiarkowane półkuli północnej i południowej.
- VI. Strefy podarktyczna i podantarktyczna.
- VII. Strefy arktyczna i antarktyczna.

Ciekawym podziałem klimatów świata jest klasyfikacja według Martonne, która wyróżnia obszary międzyzwrotnikowe i pozazwrotnikowe. Pierwsze charakteryzują się dużą stałością kierunków wiatru i małą zmiennością pogody oraz tym, że o klimacie i porach roku decyduje głównie ilość i roczny przebieg opadów. Obszary pozazwrotnikowe cechuje duża niestałość pogody objawiająca się zmiennością wiatrów, temperatury powietrza i opadów. Podział na ww. obszary oparty jest o charakterystykę termiczną i opadową. W obszarach klimatu gorącego izoterma roczna kształtuje się na poziomie powyżej 20°C (z roczną amplitudą temperatury powyżej 5°C) i roczną sumą opadów poniżej 250 mm oraz 10 miesiącami bez opadów w klimacie pustynnym. W gorącej strefie klimatycznej wg Martonne znajdują się obszary klimatów równikowych, podrównikowych, monsunowych i pustynnych.

Jednym z najbardziej znanych i powszechnie wykorzystywanych w klimatologii jest podział regionalizacji klimatów świata niemieckiego klimatologa W. Köppena, który oparł go na trzech kryteriach: średnich miesięcznych i rocznych temperaturach powietrza, średniej sumie miesięcznych opadów z ich rozkładem w skali roku oraz oddziaływaniem na świat roślinny. Köppen wyróżnił 5 stref klimatycznych i 11 typów:

- o A – klimat lasów deszczowych i sawann bez zimy (całoroczna wysoka temperatura powietrza i duże opady atmosferyczne, temperatura w najchłodniejszym miesiącu powyżej 18°C)
 - Af – klimat tropikalnych lasów deszczowych,
 - Aw – klimat sawann,
- o B – klimat suchy (małe opady atmosferyczne i duża różnica temperatur w cyklu dobowym)
 - BS – klimat stepów,
 - BW – klimat pustyń,
- o C – klimat umiarkowany ciepły (temperatura w najcieplejszym miesiącu powyżej 10°C; średnia temperatura w najchłodniejszym miesiącu od 18 do -3°C)
 - Cw – klimat umiarkowany ciepły z suchą zimą,
 - Cs – klimat umiarkowany ciepły z suchym latem (śródziemnomorski),
 - Cf – klimat umiarkowany wilgotny (równomierne opady w ciągu roku),
- o D – klimat lasów borealnych i tajgi (tylko na półkuli północnej, temperatura w styczniu poniżej -3°C, w lipcu powyżej 10°C)
 - Dw – klimat chłodny z suchą zimą,
 - Df – klimat chłodny wilgotny,
- o E – klimat śnieżny (temperatura w najcieplejszym miesiącu poniżej 10°C)
 - ET – klimat tundry,
 - EF – klimat wiecznego mrozu.

Strefa klimatu tropikalnego reprezentowana jest przez trzy typy klimatu, wymienione w klasyfikacji Köppena:

- Af – klimat wilgotnych, tropikalnych lasów deszczowych – opady deszczu są

intensywne w ciągu całego roku, ich roczna suma często przekracza 2500 mm. Występują sezonowe różnice w sumie opadów miesięcznych, ale temperatury powietrza w ciągu całego roku nie spadają poniżej 18°C (zazwyczaj utrzymują się na poziomie 25°C; rzadko przekraczają 34°C). Wilgotność względna oscyluje w granicach 77-88%, a miejscami powyżej 90%, jej wysokość jest związana z liczbą opadów i zawartością pary wodnej w atmosferze. Klimat tropikalnych lasów deszczowych występuje w strefie równikowej, co oznacza, że ma tam miejsce bardzo intensywne nasłonecznienie. Silna projekcja słoneczna powoduje ogrzewanie lądów i mórz, a woda wyparowuje do atmosfery. Gorące masy powietrza zawierają duże ilości pary wodnej, która skraplając się powoduje tworzenie się chmur (formują się prawie każdego dnia, we wczesnych godzinach popołudniowych). Chmury z kolei produkują deszcz. Deszcze padają ponad 90 dni w roku. Aż 50% opadów pochodzi z parowania własnej pary wodnej. Pomiędzy ulewami silnie świeci słońce. Znaczna część opadów, które spadają na gęste tropikalne lasy deszczowe nigdy nie osiąga gleby, gdyż krople deszczu zatrzymują się na liściach drzewostanu mającego formę baldachimu, który działa jak osłona. Podobnie jest z promieniami słonecznymi, które również selektywnie docierają do gleby i niższych partii drzewostanu.

Prawie cały obszar lasów deszczowych leży w pobliżu równika – w Ameryce Południowej (dorzecze Amazonki), Afryce (dorzecze Kongo) i Azji (Indochiny, Indonezja, wschodnie Indie). Tropikalne lasy deszczowe pokrywają mniej niż 6% powierzchni lądów. Naukowcy oceniają, że rośnie w nich ponad połowa gatunków wszystkich roślin (70% stanowią drzewa) i żyje ponad połowa gatunków zwierząt na Ziemi. Lasy te produkują 40% tlenu na naszej planecie.

- Aw – klimat sawann – występują sezonowe wymiany pomiędzy wilgotnymi, tropikalnymi oraz suchymi, tropikalnymi masami powietrza. Powoduje to pojawianie się praktycznie dwóch pór roku: bardzo wilgotnego, deszczowego lata i bardzo suchej zimy. Zmienny wiatr dominuje podczas pory suchej (masy powietrza są wówczas chłodne, tuż przed porą deszczową stają się gorące). Temperatury powietrza na sawannie kształtują się na poziomie 20-30°C. Zimą są nieco niższe. Nie obserwuje się dużych różnic temperatur w cyklach dobowych i rocznych. Roczna suma opadów wynosi 1000-1500 mm i przypada na okres letni. W porze suchej opady deszczu są sporadyczne i nie przekraczają w sumie 100 mm. Pomiędzy grudniem a lutym nie ma ani jednego dnia deszczowego. Lokalizacja: zachodnia, wschodnia i południowa Afryka, Indie, Brazylia, północne wybrzeże Australii.
- BW – klimat pustyń – klimat gorący suchy ze średnią temperaturą roczną na poziomie 18°C (maksymalne temperatury przekraczające 43-49°C), dużych różnicach dziennych temperatur, sięgających ponad 40°C (w nocy dochodzi do wypromieniowania ciepła z powierzchni ziemi do atmosfery), niską wilgotnością względną w ciągu całego roku (z powodu nikłego parowania i małej ilości pary wodnej; w głębi lądu wilgotność względna na obszarze pustyń nie przekracza 20-30%), roczną sumą opadów poniżej 250 mm (długimi okresami bezdeszczo-

wymi sięgającymi 10 miesięcy w roku). Typowy klimat pustynny zajmuje 12% powierzchni lądów. Strefa pustyń rozciąga się na 15-28° szerokości geograficznej na północ i południe od równika. Lokalizacja: płd.-zach. USA i północny Meksyk; Argentyna, północna i południowa Afryka, centralna Australia.

Piśmiennictwo:

1. Martyn D. *Klimaty kuli ziemskiej*. Wydawnictwo Naukowe PWN. Warszawa 2000.
2. Zwrotnik. Wikipedia, wolna encyklopedia. 08.2006. <<http://pl.wikipedia.org/wiki/Zwrotnik>>
3. Strefa klimatyczna. Wikipedia, wolna encyklopedia. 08.2006. <http://pl.wikipedia.org/wiki/Strefa_klimatyczna>
4. Köppen W. *Das geographische System der Klimate* [w:] Köppen W., Geiger R. (red.) *Handbuch der Klimatologie*, Berlin 1936.
5. Köppen W., Geiger R. *Die Klimate der Erde*. [w:] Blüthgen J. *Allgemeine Klimageographie*, Berlin 1966.
6. Köppen's Climate Classification – a summary. November 2000. <<http://www.huizen.dds.nl/~gvg/ctkoppfen.htm>>
7. Biomes and Soils. December 2000. <<http://www.tesarta.com/www/resources/library/biomes.html>>
8. Temperature. December 2000. <<http://www.msn.com/find/print.asp?&pg=8&ti=00531000&sc=29&pt=1>>
9. Passport to the Rainforest. March 2001. <<http://www.pasporttoknowledge.com/rainforest/GEOsystem/Rainforests/climate.html>>
10. Okołowicz W. *Strefy klimatyczne świata (mapy ścienne)*, Warszawa 1971.
11. de Martonne E. *Le climat*. [w:] *Traité de Géographie Physique*, Paris 1948.
12. Alisow B.P. *Geograficzeskije tipy klimatow*. Meteor. i Gidrol. 1936.
13. Strahler A.N., Strahler A.H. *Elements of Physical Geography*, John Wiley & Sons, 1984.
14. FAO. Environment: Specials: Global Climate Map. June 2000. <<http://www.fao.org.uwsp.edu/WAICENT/FAOINFO/SUSTDEV/EIdirect/climate/EIspoo66.htm>>
15. Wet Dry Tropical Climate. June 2000. <http://www.uwsp.edu/acaddept/geog/faculty/ritter/geog101/climates_tropical_wetdry.html>
16. Lambert W. Desert Land and Climate, World Book Encyclopedia, 1995.