

HOMEOSTAZA (od gr. ὁμοιος [hómoios] – równy, niezmienny; στάσις [stasis] – stan, położenie) – stan dynamicznej równowagi w całym układzie lub w określonym jego fragmencie, zachodzący dzięki mechanizmom sprzężeń o różnym stopniu złożoności, umożliwiającym przeciwstawianie się zaburzeniom jego stanu powstającym na skutek oddziaływania czynników zewnętrznych; termin wprowadzony przez amer. lekarza W. B. Cannona (*The Wisdom of the Body*, NY 1932, Birmingham 1989) w odniesieniu do oscylujących wokół określonych wartości charakterystyk fizjologicznych ciała ludzkiego (m.in. ciśnienia krwi, temperatury, zawartości jonów czy wody).

Na konieczność utrzymywania się w organizmie charakterystyk wewnętrznego środowiska w stosunkowo wąskim zakresie wartości wcześniej zwracał uwagę franc. fizjolog C. Bernard (*Intro-*

duction à l'étude de la médecine expérimentale, P 1865, 1997).

H. realizuje się w wielu typach układów naturalnych i sztucznych; szczególnie wyróżnione kategorie tych pierwszych stanowią istoty żyjące, stan psychiki poszczególnych ludzi oraz układy społeczne; h. odgrywa w nich istotną rolę w procesach dostosowania środowiska oraz wzajemnym dostrojeniu procesów przebiegających wewnątrz układu. Dzięki zazwyczaj bardzo złożonym mechanizmom zapewniającym h. mogą one spełniać funkcje istotne dla ich przetrwania i rozwoju, pomimo zmian (w tym także przypadkowych) wielu charakterystyk ich środowiska wewnętrznego lub zewnętrznego.

Aby układ homeostatyczny mógł istnieć, powinien zawierać podukłady spełniające rolę detektorów dokonujących się zmian, podukłady wykonawcze, drogi transmisji sygnałów oraz centrum koordynujące, którego zasadniczą funkcją jest porównywanie stanu sygnalizowanego przez detektory ze stanem pożądanym, i na tej podstawie wysyłanie sygnałów uruchamiających odpowiednie podukłady wykonawcze lub zmieniających tempo ich działania. Podstawowym mechanizmem umożliwiającym h. jest tzw. ujemne sprzężenie zwrotne, polegające na takim wpływie skutku określonego procesu na części układu realizujące ten proces, że następuje zmniejszenie lub przyspieszenie tempa tego procesu (np. wydzielania jakiegoś produktu, oddawania ciepła do otoczenia). Kierunek oddziaływania zwrotnego zależy od tego, czy w fazie wcześniejszej zaszło odpowiednio duże odchylenie od optymalnego stanu „w dół” (co powoduje odpowiedź centrum koordynującego, w postaci nasilenia lub przyspieszenia procesu) czy „w górę” (co prowadzi do jego osłabienia lub spowolnienia). Natężenie oddziaływania korygującego zależy od wielkości odchylenia lub od tempa, w jakim się ono dokonuje. W zależności od stanu i stopnia złożoności układu, przywracanie h. może dokonywać się z różną sprawnością i obejmować zróżnicowane okresy czasu. W układach złożonych, takich jak: komórki, organizmy wielokomórkowe, ekosystemy, grupy społeczne ludzkie i zwierzęce, organizacje społeczne, polityczne i gospodarcze, oddziaływania homeostatyczne urzeczywistniają się przez rozgałęzione i obejmujące wiele pięt organizacyjnych łańcuchy procesów. Ich ciągi są tym bardziej złożone, im bardziej złożone są układy i im wyższe-

go poziomu hierarchii organizacyjnej tego układu dotyczy zmiana warunków zewnętrznych czy ich zaburzenie.

Układy zdolne do h. są też rozpowszechnione w układach technicznych i gospodarczych; w tych pierwszych służą one m.in. do utrzymywania blisko zadanych wartości odpowiednich charakterystyk układu, jak: natężenie oświetlenia, temperatura i wilgotność w pomieszczeniach, utrzymywanie stałego kierunku przez poruszający się obiekt (np. żyrokompas), w drugich m.in. stałemu dostosowywaniu do zmieniającego się zapotrzebowania (popytu) tempa wytwarzaniu i dostarczaniu określonego produktu czy też przyjmowanie i zwalnianie pracowników firmy w odpowiedzi na zmiany sytuacji gospodarczej.

Układy homeostatyczne występują powszechnie w przyrodzie. Najprostszym układem przyrody nieożywionej, w którym realizuje się stan h. w przebiegu procesów syntezy jąder atomowych, jest Słońce, w rezultacie czego z jego centralnej części wydostaje się (w przeliczeniu na jednostkę czasu) w przybliżeniu stała ilość energii. Dzieje się to dzięki równoważeniu się sił cieplnych i mechanicznych (ciśnienie), elektro-magnetycznych oraz grawitacji.

Biorąc za przykład organizm ludzki można stwierdzić, że stężenie glukozy we krwi zdrowego człowieka jest regulowane przez mechanizmy zapewniające stan h. Może jednak wykraczać ono poza typowy dla spoczynku zakres zmian w odpowiedzi np. na poczucie zagrożenia. Chociaż zmianę tę można uznać za „lokalne” zaburzenie h., to jednak dzięki niemu dochodzi do skutku mechanizm h. wyższego rzędu. Obejmuje on wyższe piętra regulacyjne, rozpoczynające się od procesów zachodzących najpierw w płatach czołowych mózgu, następnie w podwzgórzu i przysadce, nadnerczach (bardziej nasilone wydzielaniem adrenaliny do krwi), czego skutkiem jest wymuszenie szybszego niż zazwyczaj tempa rozkładu wielocukrów, szybszego oddychania, bicia serca, większego ukrwienia narządów wewnętrznych, zwiększenia poziomu glukozy i nasilenia tempa wewnątrzkomórkowych procesów enzymatycznych oraz ekspresji odpowiednich genów, umożliwiających m.in. bardziej wydajne wykonywanie pracy przez mięśnie. Wszystkie te procesy mają charakter odpowiedzi homeostatycznej, której podstawową funkcją jest utrzymanie całego organizmu przy życiu przez przygotowanie go do poradze-

nia sobie z rzeczywistym (lub tylko wyimaginowanym) zagrożeniem.

Urzeczywistniania się podobnego mechanizmu h. – tym razem działającego w sferze psychicznej polityków, wojskowych, a także opinii publicznej – można dopatrywać się w tak złożonym układzie, jakim jest utrzymujący się od dziesięcioleci pokój pomiędzy mocarstwami posiadającymi broń jądrową. Przywódcy tych mocarstw wiedzą, że spowodowanie przez jedno z nich istotnego zagrożenia (lub poczucia, że ono nastąpiło), najprawdopodobniej spowoduje automatyczną odpowiedź strony zaatakowanej. Jej skutki będą na tyle poważne, że atak trzeba uznać nie tylko za nieopłacalny, ale w istocie równoważny samozagładzie. Ten działający przez wiele dziesięcioleci mechanizm, określany mianem równowagi strachu, nakłada się na specyficzny typ rozwoju techniki i technologii wojskowych, jakim jest wyścig zbrojeń. Stan h. w skali międzynarodowej jest zachowany, pomimo licznych lokalnych wojen, konfliktów gospodarczych oraz stałego przyrostu liczebności i doskonalenia sprzętu i technik wojennych.

H. zachodzi także w układach podlegających rozwojowi, starzeniu czy inwolucji. W tych przypadkach wraz z postępem ontogenezy następuje ukierunkowane przesuwanie się punktów, wokół których zachodzą znajdujące się pod kontrolą ośrodków koordynujących oscylacje charakterystyk układu. W układach rozwijających się, w wyniku przekroczenia stanów krytycznych, pojawiają się nowe sprzężenia oraz następuje modyfikacja istniejących dotychczas powiązań – zestaw sprzężeń homeostatycznych ubogaca się. W układach podlegających starzeniu lub inwolucji zmiany przebiegają w kierunku przeciwnym. Kresem tych przemian jest rozprężenie funkcjonalne i strukturalne układu. Stan choroby cielesnej lub psychicznej można także rozpatrywać jako zaburzenie homeostatycznych mechanizmów organizmu, mogące zakończyć się powrotem układu do normy lub jego ostateczną destrukcją.

N. Wiener, *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine*, C 1948, 1994 (*Cybernetyka, czyli sterowanie i komunikacja w zwierzęciu i maszynie*, Wwa 1971); W. R. Ashby, *An Introduction to Cybernetics*, NY 1956 (*Wstęp do cybernetyki*, Wwa 1961); A. Dawidowicz, *Homeostaza*, Wwa 1970; H. Dri-schel, *Einführung in die Biokybernetik*, B 1972 (*Podstawy biocybernetyki*, Wwa 1976); *H. Origins of the Concept*, Stroudsburg 1973; R. N. Hardy, *Homeostasis*, Lo 1976,

1983²; P. Trojan, *H. ekosystemów*, Wr 1980; B. M. Brenner, J. H. Stein, *Body Fluid H.*, NY 1987; D. D. Chiras, *Human Biology. Health, H., and the Environment*, St. Paul 1991, Bs 2002⁴; *The Neuronal Microenvironment. Brain H. in Health and Disease*, Totowa 2002.

Józef Zon