

Jan F. TERELAK*

Problemy symulowania „sztucznego środowiska” habitatu z perspektywy sozopsychologii kosmicznej

Wprowadzenie

Czynniki ekologiczne odpowiedzialne za utrzymanie homeostazy czyli stanu względnej równowagi między jednostką ludzką a otoczeniem mogą mieć różnorodny charakter. Niektóre z nich mogą mieć charakter stresowy. Ich wielość sprawia ekologom i sozopsychologom trudności związane z ich taksonomią. Próba zastosowania metody korelacyjnej jako podstawy ich klasyfikacji nie rozwiązała problemu, gdyż uzyskano praktycznie nadmiar współczynników korelacji. Owa redundancja skłoniła ekologów do odstąpienia od samego wyliczenia ekologicznych źródeł stresu na rzecz ich interakcji z funkcjonowaniem organizmów żywych, ze szczególnym uwzględnieniem człowieka. Tym ostatnim problemem zajmuje się odmiana ekologii człowieka, a mianowicie sozopsychologia, zwracającą uwagę na psychologiczne odległe skutki zagrożeń ekologicznych. Ta nowa dziedzina psychologii (nazwa nawiązująca do nowej gałęzi wiedzy „sozologii”, która jest nauką interdyscyplinarną o ochronie środowiska), zajmuje się stresem psychicznym (typu zagrożenie życia i zdrowia) w sytuacji współczesnego kryzysu ekologicznego. W polskiej psychologii termin „sozopsychologia” wprowadził Biela z KUL, który definiuje ją jako „dyscyplinę psychologiczną, która pozostaje w nurcie badań sozologicznych, i będąc jedną z jej nauk składowych, bada psychologiczne uwarunkowania oraz konsekwencje przeobrażeń industrialno-ekologicznych mając przy tym na względzie stworzenie naukowymi metodami psychologii podstaw ochrony przyrody jako naturalnego środowiska człowieka” (Biela, 1984, s. 6). Dyscyplina ta z racji ścisłego związku zagrożeń płynących zarówno z środowiska naturalnego jak i przemysłowego, pozostawać powinna w ścisłym związku zarówno z psychologią środowiskową jak i przemysłową (pracy). Z wielu badań empirycznych wynika między innymi, że zagrożenie psychologiczne wzrasta (niezależnie od istniejącego obiektywnie) wraz ze wzrostem świadomości działania szkodliwych czynników środowiska.

* Instytut Psychologii UKSW w Warszawie.

Jednym z zadań psychologii ekologicznej jest poznanie wpływu skojarzonego działania podstawowych czynników środowiska naturalnego człowieka na jego organizm w celu stworzenia między innymi bezpiecznego i niezawodnego „sztucznego środowiska bytowania i pracy” (artificial environment) w warunkach ekstremalnych środowiska. Takie warunki ekstremalne, groźne dla życia i pracy człowieka występują w sytuacji eksploracji przestrzeni okołoziemskiej (lotnictwo) i kosmicznej (astronautyka). Badania prowadzone w wieku XX w zakresie ekologii człowieka, pozwalają na stworzenie coraz doskonalszego „sztucznego środowiska” w postaci różnorodnych habitatów kosmicznych (artificial satellites), jak np. statków kosmicznych, stacji orbitalnych lub „wiosek kosmicznych” umieszczanych w najbliższej przyszłości na orbitach okołoziemskich lub na innych planetach (np. na Księżycu czy Marsie), pozwalających na funkcjonowanie człowieka w granicach jego możliwości adaptacyjnych, mimo istnienia poza tym środowiskiem śmiertelnych zagrożeń (Kozłowski 1986). Nim jednak nastąpiła pełna integracja psychologicznych, społecznych i ekologicznych czynników środowiska człowieka musiano się uporać z wieloma podstawowymi trudnościami metodologicznymi i teoretycznymi (Siniarska, Wolański 2003; Śleszyński 2003). Jednym z podstawowych wyzwań ekologii człowieka XXI wieku jest jej najnowsza odmiana czyli „ekologia kosmiczna”, która w związku z najbliższymi planami ludzkości, dotyczącymi eksploracji okołoziemskich rejonów kosmosu i rozwoju międzyplanetarnej astronautyki, musi opisać ekstremalne warunki ekologiczne panujące na innych planetach oraz w otwartej przestrzeni kosmicznej w celu opracowania technicznych środków ochrony życia.

Zmiany sytuacji geopolitycznej na przełomie XX i XXI wieku przyczyniły się do umiędzynarodowienia planów eksploracji kosmosu. Już 4 grudnia 1998 roku astronauta z 16 państw rozpoczęli na orbicie okołoziemskiej (400 km ponad Ziemią) największą budowę w historii ludzkiej cywilizacji, a mianowicie budowę Międzynarodowej Stacji Kosmicznej. Po całkowitym zmontowaniu stacja będzie ważyć około 500 ton i w 30 modułach pomieści kwatery dla astronautów i sześć wymiennalnych laboratoriów badawczych. Energię dla zabezpieczenia życiodajnych warunków ekologicznych, sterowanych i monitorowanych przez 52 komputery pokładowe, zapewnią panele słoneczne o powierzchni około 4 kilometrów kwadratowych. Zbudowanie takiej stacji kosmicznej wymagało kilku lat pracy i wymagało ponad stu startów rakiet i promów kosmicznych oraz przebywania w „sztucznym środowisku” owych promów i rakiet kosmicznych oraz szczelnych kombinezonach i hełmach przeznaczonych do pracy w otwartym kosmosie, a więc ponad tysiąc godzin, czyli więcej niż przebywał człowiek w kosmosie od pierwszego lotu Gagarina. Wymagało to skonstruowania wehikułów kosmicznych wielokrotnego użytku, tańszych w eksploatacji i bezpieczniejszych niż amerykańskie promy (Space Shuttle). Sko-

mercjalizowanie programów kosmicznych (komercyjne loty orbitalne i na stację kosmiczną milionerów) i włączenie się do nich firm prywatnych pod hasłem „Kosmos dla każdego” (np. Firma „Space Adventures Inc.” z Arlington przyjmuje już od kilku lat przedpłaty po około 100 tys. USD na dwugodzinne wycieczki kosmiczne) sprawia, że problematyka ekologii kosmicznej oraz biologii i sozopsychologii kosmicznej nabiera szczególnego znaczenia i jest *signum temporis* XXI wieku. Sozopsychologia kosmiczna jako najnowsza subdyscyplina sozopsychologii jest według mnie dyscypliną psychologiczną, która pozostaje w nurcie badań sozologicznych, i będąc jedną z jej nauk składowych, bada psychologiczne uwarunkowania oraz konsekwencje eksploracji kosmosu, mając przy tym na względzie stworzenie naukowymi metodami psychologii podstaw bytowania i pracy astronauty w warunkach sztucznego środowiska, chroniącego go przed zagrożeniami szkodliwych czynników występujących na innych planetach lub w otwartej przestrzeni kosmicznej.

Spośród różnorodnych czynników istotnych dla sozopsychologii kosmicznej, najbardziej nadają się do opisu fizyczne czynniki zagrożeń ekologicznych, które mają charakter mierzalny z dużą dokładnością. Do krótkiej ich charakterystyki, wybraliśmy wyłącznie te, które służą za podstawę symulowania „sztucznego środowiska” bytowania i pracy habitatów kosmicznych, ze szczególnym uwzględnieniem statku kosmicznego.

1. Charakterystyka podstawowych fizycznych czynników ekologicznych „sztucznego środowiska” statku kosmicznego

1. 1. Czynniki klimatyczne (wilgotność i temperatura)

Charakter stresowy czynników klimatycznych ujawnia się dopiero przy zmianie warunków geograficznych (np. podczas podróży związanej ze zmianą stref klimatycznych) lub pór roku, które uruchamiają procesy adaptacyjne zwane aklimatyzacją (Wojcieszak i Golec, 1988). Wymienia się zwykle w procesie aklimatyzacji trzy etapy: *początkowy* (zetknięcie się z nowymi warunkami otoczenia może stać się przyczyną różnych dolegliwości), *stopniowej adaptacji* (której postęp zależy między innymi nie tylko od warunków klimatycznych ale także konstytucjonalnych właściwości człowieka), *aklimatyzacja właściwa* (względnie stała adaptacja do określonych warunków klimatycznych).

Proces odwrotny również jest stopniowy i obejmuje dwa etapy: *deaklimatyzację* (zachodzi przy powrocie do warunków poprzedniego środowiska klimatycznego), *reaklimatyzację* (przy ponownym powrocie po dłuższej przerwie do obciążających warunków klimatycznych). Adaptacja do warunków klimatycznych, przez którą rozumie się proces aktywnych zmian

przystosowawczych, jest możliwa. Sam proces aklimatyzacji, rozumiany jako zmiana w sferze regulacji metabolicznej prowadząca do nowego poziomu homeostazy jest jednak wielce złożony. Twierdzenie to można zilustrować stresowym charakterem interakcji między wysoką temperaturą otoczenia i dużą wilgotnością powietrza a reakcją organizmu. Symulowanie warunków klimatycznych w kabinach statków powietrznych i kosmicznych musi uwzględniać parametry komfortu ziemskiego, zwłaszcza komfortu termicznego, określanego na podstawie subiektywnej oceny warunków mikroklimatu otaczającego środowiska. Warunki takie nie powinny powodować w organizmie żadnych nasilonych reakcji, takich jak np. pocenie się lub dreszcze (Wojcieszak, Golec, 1988). Zaburzeniom subiektywnego komfortu termicznego towarzyszą zmiany czynności fizjologicznych ustroju, związane z działaniem mechanizmu termoregulacyjnego. Działanie tego mechanizmu zależy przede wszystkim od temperatury wewnętrznej ustroju i zmian temperatury otoczenia. Warunkiem działania tego mechanizmu jest określony poziom temperatury, utrzymywany przez regulujący ją system, tzw. *set point* układu (Kozłowski, 1986). Najbardziej skutecznym mechanizmem utraty ciepła w podwyższonej temperaturze otoczenia jest parowanie, którego aktywność zależy od trzech czynników klimatycznych: temperatury otoczenia, ruchu powietrza i względnej wilgotności powietrza. Niekorzystny układ tych trzech czynników stwarza dodatkowy stres, powodujący tzw. udar cieplny charakteryzujący się ograniczonymi możliwościami organizmu oddawania wytworzonego ciepła do otoczenia. Towarzyszą mu także zaburzenia gospodarki wodno-elektrolitowej (tzw. odwodnienie) i kwasowo-zasadowej (utrata sodu). Wyczerpanie cieplne wywołane odwodnieniem charakteryzuje się objawami silnego pragnienia, ogólnym osłabieniem i wyczerpaniem organizmu. W przypadku pilota i astronauty symulowanie owych warunków komfortu termicznego obejmuje nie tylko kabinę statku, lecz także szczelny kombinezon i hełm, tworzący „mikro-sztuczne środowisko”. Niespełnienie warunków komfortu termicznego prowadzi do zagrożenia bezpieczeństwa pracy i życia (Kowalski, red. 2002).

1. 2. Hałas

Ucho, obok narządu wzroku, jest drugim ważnym receptorem bodźców, które dostarczają ważnych informacji o zmianach w środowisku zewnętrznym. Jeśli jednak bodźce dźwiękowe, wywołujące w narządzie słuchu dźwięk, nie są pożądane, to określa się je jako hałas. Zwykle hałas można opisać za pomocą dwóch parametrów fizycznych: częstotliwości i natężenia. Częstotliwość określa liczbę całkowitych fal akustycznych, docierających do ucha w jednostce czasu i oznaczana jest w okresach na sekundę lub w hercach. Natężenie, będące strumieniem energii przypadają-

jącej na jednostkę powierzchni, określa się w umownej jednostce logarytmicznej, tzw. decybelach (dB). W praktyce mierzy się poziom ciśnienia akustycznego (A).

Przypomnijmy, że ucho ludzkie przystosowane jest do percepcji dźwięków o częstotliwościach 16 – 20 000 Hz, a jego czułość zależy od częstotliwości dźwięku. Odróżnienie hałasów nieszkodliwych i szkodliwych (stresowych) jest trudne, gdyż stresogenność hałasu zależy nie tylko od natężenia dźwięku, ale także od charakterystyki częstotliwości jak również czasu jego trwania. Biorąc pod uwagę tylko natężenie hałasu w decybelach można orientacyjnie skonstruować psychologiczną skalę hałasu. Hałas ma charakter stresowy z kilku względów. Może z jednej strony uszkadzać narząd słuchu, a z drugiej wpływa na zmęczenie układu nerwowego oraz powoduje ogólny dyskomfort, utrudniając komunikację werbalną. Stwierdzono, że różna jest odporność na hałas u różnych ludzi oraz u tych samych ludzi w różnych godzinach pracy. Zależy to zarówno od samej charakterystyki fizycznej hałasu, jak również od stanu narządu słuchu, zdrowia, zmęczenia, samopoczucia człowieka a także od skojarzonego działania hałasu z innymi czynnikami stresowymi otoczenia, takimi jak np. wibracja, niska i wysoka temperatura itp. Powołując się na autorytet znanego polskiego fizjologa Stanisława Kozłowskiego można stwierdzić, że o stresowym charakterze hałasu może świadczyć fakt, iż „w przeciwieństwie do wielu innych wpływów otoczenia nie rozwija się adaptacja fizjologiczna do hałasu” (Kozłowski, 1986, s. 414). Należy także przypomnieć, że ucho, jako jedyny narząd nie dysponuje żadną naturalną osłoną przed bodźcami akustycznymi. Jedyną więc obroną przed stresem hałasu jest jego ograniczenie poprzez: zmniejszenie hałasu u źródła (dźwiękoszczelana konstrukcja kabiny statku powietrznego i kosmicznego), stworzenie bariery na drodze rozprzestrzeniania się hałasu oraz wprowadzenie indywidualnych ochron słuchu (np. nauszники, wkładki przeciwhałasowe).

Podobny stresowy charakter mają drgania mechaniczne przenoszone z środowiska zewnętrznego na zasadzie rezonansu na organizm człowieka, zwane wibracjami.

1. 3. Wibracje

W związku z rozwojem cywilizacji technicznej i pojawieniem się nowego typu działalności człowieka tzw. operatorowej, związanej z obsługą urządzeń technicznych (maszyny, agregaty, pojazdy samoloty), człowiek narażony jest na różnego typu drgania mechaniczne przenoszone na organizm człowieka z tych urządzeń. Drgania te o częstotliwości 1-1000 Hz są szkodliwe dla człowieka, gdyż wywołują tzw. zjawisko rezonansu, jaki zachodzi przy bardzo niskich częstotliwościach (1-30 Hz) oraz absor-

bują w tkankach energię mechaniczną drgań. Wpływ wibracji zarówno lokalny (głównie na ręce), jak i ogólny, wywołuje w organizmie człowieka bardzo rozległe skutki. Obejmują one zarówno negatywny wpływ na układ kostno-stawowy jak i na układ wegetatywny (zmiany niedokrwienne związane ze skurczami naczyń krwionośnych, lęk, tzw. objawy choroby Reynauda). Stwierdzono także wpływ wibracji, zwłaszcza pionowych, na percepcję wzrokową (tzw. zamazane widzenie), precyzję ruchów w płaszczyźnie występowania drgań (tzw. tremor nóg i rąk) (Kozłowski, 1986). Ponadto wibracje wywołują subiektywnie odczuwane objawy ogólnego dyskomfortu przejawiającego się znużeniem, zmęczeniem. Jedyną ochroną przed wibracjami jest ich eliminacja poprzez ergonomiczne ulepszanie stanowisk pracy i narzędzi, będących źródłem drgań mechanicznych.

1. 4. Oświetlenie

Zła widoczność zależy z jednej strony od stanu narządu wzroku, a z drugiej – od oświetlenia. Złe oświetlenie traktuje się jako czynnik stresowy, gdyż w tych warunkach ludzie są zmuszeni do wypracowania i nauczenia się indywidualnych strategii pokonywania trudności w odbiorze informacji wzrokowej. Trudność ta o charakterze przeszkody powoduje powstawanie błędów w pracy oraz wydłużenie się czasu wykonywania poszczególnych czynności. Z powyższych powodów oświetlenie wymagane dla wykonywania określonej pracy zostało znormalizowane. Tak np. podstawowe pojęcia i jednostki dotyczące oświetlenia pomieszczeń roboczych światłem dziennym oraz elektrycznym podano w Polskiej Normie PN-71/B-02380.

Przypomnijmy, że norma oświetlenia jest niezbędna, gdyż oko ludzkie reaguje jedynie na bardzo ograniczony zakres częstotliwości promieniowania elektromagnetycznego o długości fali od około 76 do około 38 tysięcznych części milimetra. Tę część widma promieniowania elektromagnetycznego nazywamy promieniowaniem widzialnym lub po prostu światłem. Biorąc pod uwagę tylko długość fal elektromagnetycznych należy pamiętać, że oko jest najbardziej wrażliwe na promieniowanie o długości fal położonych w środkowej części przedziału podanego wyżej i że pogarsza się w obu kierunkach tego przedziału, np. krańcowej długości fal widma promieniowania widzialnego odpowiadają barwy ciemnoczerwona (76×10^{-5} milimetra) i fioletowa ($40-38 \times 10^{-5}$ milimetra), zaś środkowej długości fal odpowiadają barwy żółta i zielona (Lindsay, Norman 1984).

Stanem, który wywołuje dyskomfort widzenia, drastycznie obniżając zdolność rozpoznawania przedmiotów jest olśnienie. Jest ono wynikiem niesprzyjającego rozkładu luminacji lub jej szerokiego zakresu bądź też nadmiernego w przestrzeni lub/i czasie. Z powyższych względów

przedsięwzięcia profilaktyczne uwzględniają z jednej strony normy produkcyjne różnych źródeł światła, a z drugiej określenie tolerancji na migotanie światła (np. z ekranów pokładowych) u ludzi narażonych z racji charakteru pracy na tego typu stres (np. wykluczenie epileptyków).

Innym rodzajem promieniowania elektromagnetycznego obok już omówionych, którego stresowy charakter jest poznany, istnieje tzw. promieniowanie jonizujące.

1. 5. Promieniowanie jonizujące

Promieniowaniem jonizującym nazywamy cząsteczki lub fale elektromagnetyczne, które posiadają zdolność jonizowania materii, gdyż obdarzone są energią emitowaną z jądra atomowego lub przyspieszoną w polu elektromagnetycznym.

Przez wiele wieków człowiek nie zdawał sobie sprawy ze stresowego charakteru promieniowania jonizującego, którego źródłami naturalnymi są: promienie kosmiczne, izotopy występujące w przyrodzie, zaś źródłami sztucznymi są reaktory, akceleratory, aparaty rentgenowskie oraz izotopy promieniotwórcze otrzymywane sztucznie. Te ostatnie otrzymuje się w wyniku reakcji jądrowych w reaktorach jądrowych i akceleratorach. Mimo, że coraz częściej znajdują one szerokie zastosowanie w przemyśle, medycynie, rolnictwie itp., to jednak od czasu pierwszego wybuchu jądrowego i powtarzających się współcześnie awarii elektrowni atomowych (np. w Czarnobylu) wiedza na temat stresowych skutków promieniowania jonizującego jest nie tylko powszechna, ale także jest źródłem lęków egzystencjalnych całych społeczeństw.

Najlepiej poznаныmi rodzajami promieniowania jonizującego jest promieniowanie: alfa, beta, gamma i X. Pomijając omówienie istoty wyszczególnionych typów promieniowania oraz opis mechanizmów ich działania na organizm ludzki i poszczególne tkanki należy powiedzieć, że istnieje Międzynarodowa Komisja Ochrony Radiologicznej oraz Komisje Krajowe (w Polsce kontrolę dozymetryczną środowiska pracy prowadzi systematycznie Państwowa Inspekcja Sanitarna oraz Centralne Laboratorium Ochrony Radiologicznej), które w oparciu o permanentne badania (m.in. stanu atmosfery) określają minimalne dawki tzw. dawki progowe napromieniowania organizmu a także poszczególnych grup tkanek i narządów (por. Gadomska i wsp., 1989).

Przy braku dostatecznej wiedzy na temat skutków stresowych promieniowania jonizującego samo określenie dawek progowych napromieniowania organizmu ma raczej znaczenie psychologiczne, gdyż nie wyklucza to wystąpienia uszkodzeń nawet przy tych progowych dawkach. Tworzenie sztucznego środowiska pracy pilotów i astronautów wiąże się przede wszystkim z pełną izolacją statków i kombinezonów kosmonau-

tów (na wypadek wyjścia w otwartą przestrzeń kosmiczną) od promieniowania jonizującego, w tym przede wszystkim kosmicznego, przed którym w warunkach ziemskich chroni nas w sposób naturalny atmosfera (Terelak 2001).

1. 6. Promieniowanie mikrofalowe

Mimo powszechnego kontaktu ze źródłami zagrożenia pól elektromagnetycznych wszelkiej częstotliwości (np. zakres długości 10^{-4} – 10^{-5} m), wykorzystywanych np. do celów łączności radiowej i telewizyjnej, radiolokacji itp., biologiczne a zwłaszcza psychologiczne skutki nie są jeszcze w pełni zbadane.

Wiadomo, że biologiczne skutki działania mikrofal zależą zarówno od pasma częstotliwości, natężenia jak i czasu ekspozycji. Stosunkowo dobrze jest poznany tzw. efekt termiczny wynikający z przetworzenia energii wytworzonej przez pole elektromagnetyczne w energię termiczną. Pociąga to za sobą m.in. degenerację w komórkach organów mięszkowych i mięśnia sercowego, procesy dystroficzne w synapsach i w komórkach różnych odcinków centralnego układu nerwowego (Barański, red. 1977).

Obowiązujące od roku 1972 rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy stosowaniu urządzeń wytwarzających pola elektromagnetyczne w zakresie mikrofalowym (Dz. U. nr 21, poz. 153 z dnia 25 maja 1972) ustala tzw. strefy ochronne (pośrednią, zagrożenia i niebezpieczną), określając granice poszczególnych stref na podstawie pomiarów wartości średniej gęstości strumienia energii wyrażonej w watach na 1 metr kwadratowy (W/m^2). Techniczne środki ochrony dzieli się na trzy grupy ekranowania: źródła promieniowania, stanowiska roboczego i samego pracownika (ubioory ochronne). Symulowanie sztucznego środowiska pracy pilota i kosmonauty musi uwzględniać owo rozporządzenie.

1. 7. Hipoksja

Jednym z ważnych czynników fizykochemicznych i biologicznych prawidłowego funkcjonowania organizmu człowieka jest tlen wchodzący w skład powietrza atmosferycznego, a ściślej mówiąc utrzymanie optymalnego (z punktu widzenia gatunku człowieka) ciśnienia parcjalnego tlenu, wynoszącego na poziomie morza 159 mmHg (212 hPa). Dzięki rozwiniętych w rozwoju filogenetycznym mechanizmom homeostatycznym zmiany ciśnienia atmosferycznego w granicach 800-660 mmHg (1060-880 hPa), charakterystyczne dla wahań barycznych na Ziemi, nie zmieniają

istotnie ciśnienia parcjalnego tlenu w organizmie. Problem jednak pojawia się podczas wznoszenia się ponad poziom morza i związanego z tym obniżenia ciśnienia atmosferycznego oraz podczas obniżania się poniżej poziom morza. Wprawdzie dzięki istnieniu mechanizmów kompensacyjnych człowiek może utrzymać pewną równowagę wewnątrz ustroju, mimo zmian warunków środowiska zewnętrznego, to jednak zakres zmian warunków środowiska zewnętrznego, przy których człowiek może normalnie funkcjonować jest ograniczony (Kozłowski, 1986).

W przypadku lotnictwa zakres tych zmian uwarunkowany jest dwoma czynnikami: wielkością zmian ciśnienia parcjalnego tlenu oraz/i czasem ich trwania. Tak np. znaczny spadek ciśnienia parcjalnego tlenu prowadzi do niedoboru tlenu w ustroju, co z kolei wywołuje zaburzenia czynnościowe: fizjologiczne, behawioralne (Barański red., 1977). To jest właśnie główna przyczyna – dlatego medycyna i psychologia pracy zajmują się wpływem hipoksji na poziom funkcjonowania organizmu człowieka i poziom wykonywani zadań.

Wszelkie formy niedotlenienia noszące charakter ostry nieomal zawsze powodują dysfunkcję czynnościową jego układów fizjologicznych, a w dalszej konsekwencji doprowadzają do śmierci.

W literaturze przedmiotu używa się różnych terminów określających stan niewystarczającej ilości tlenu dostarczanej organizmowi. Najczęściej używanym terminem jest „hipoksja”, która oznacza z greckiego obniżoną zawartość tlenu. W piśmiennictwie polskim, na oznaczenie tego samego zjawiska, spotyka się często termin „niedotlenienie” lub „głód tlenowy” (Terelak, Truszczyński 1999).

Wniosek płynący z dotychczasowych badań mówi o niezwyklej wrażliwości ośrodkowego układu nerwowego na niedotlenienie. Z tym jednak, że na umiarkowanych wysokościach dominują przejawy zwiększonej pobudliwości psychicznej.

Więc z dotychczasowych rozważań wynika, biorąc pod uwagę stopień i czas działania niedoboru tlenu, że możemy rozróżnić ostrą i przewlekłą postać hipoksji. Hipoksja ostra jest charakterystyczna dla pobytu na dużych wysokościach w warunkach obniżonego ciśnienia atmosferycznego (np. u alpinistów). Jej objawy obejmują: zwiększenie częstości akcji serca, bóle głowy, nudności, wymioty, osłabienie mięśni, zaburzenia widzenia i słuchu oraz zaburzenia czynności umysłowych. Hipoksja chroniczna jest związana z długotrwałym działaniem niedoboru tlenu. Objawy mają charakter psychasteniczny: szybkie męczenie się fizyczne i poczucie zmęczenia psychicznego. Wiedza o fizjologicznych i psychologicznych skutkach hipoksji ma duże znaczenie szczególnie w sytuacjach przebywania człowieka w zmienionych lub w tzw. sztucznych warunkach środowiska (artificial environment), jak np. w przypadku alpinistów, pilotów, kosmonautów itp., i to głównie wtedy, gdy urządzenia techniczne

utrzymujące przedział warunków optymalnych zawiodą (jak np. w przypadku rozhermetyzowania kabiny samolotu, uszkodzenia aparatury tlenowej itp.). Ponieważ komórki nerwowe charakteryzuje mała oporność na „głód tlenowy”, hipoksja zaburza czynności układu nerwowego, szczególnie ośrodkowego układu nerwowego. Niedotlenienie kory mózgowej zaburza w pierwszym rzędzie czynności psychiczne człowieka.

Innym mało znanym w rozwoju gatunkowym człowieka czynnikiem jest przeciążenie, będące wynikiem występowania przyspieszeń, związanych ze zmianą prędkości w czasie, np. statku powietrznego.

1. 8. Przyspieszenia

Przyspieszenia będące konsekwencją nagłej zmiany prędkości i kierunku lotu, wywołują zaburzenia czynności ustroju spowodowane działaniem siły bezwładności. Jednostką przyspieszenia jest cm/s^2 lub m/s^2 . Częściej określa się jednak wielkość przyspieszenia w jednostkach „g”, przyjmując za 1g przyspieszenie grawitacyjne Ziemi wynoszące $9,81 \text{ m/s}^2$. Posługując się tą jednostką można określić przyspieszenie jako wielokrotność przyspieszenia grawitacyjnego. Zgodnie z *II Zasadą Dynamiki Newtona* można także obliczyć wartość siły działającej na ciało, jeśli znamy jego ciężar i przyspieszenie. Przyjmując np., że przyspieszenie dośrodkowe w samolocie odrzutowym wynosi 50 m/s^2 to rzeczywisty ciężar ciała pilota ważącego 80 kg, będzie wynosił 400 kg. Zgodnie z *III Zasadą Dynamiki Newtona* siła ta wyzwała równą sobie pod względem wielkości, lecz przeciwnie skierowaną siłę odśrodkową związaną z bezwładnością ciała. Wektor tej siły jest jednocześnie kierunkiem zmian zachodzących w ustroju. Wpływ sił mechanicznych działających w tych warunkach na ustrój człowieka określa się terminem *przeciążenie*. Jest to wartość, wskazująca na stosunek pomiędzy ciężarem ciała w momencie działania przyspieszenia a jego ciężarem rzeczywistym lub inaczej mówiąc, wskazująca, ile razy siła, z jaką działa ciało przyspieszające, przewyższa ciężar ciała przyspieszanego (Kowalski, red. 2003).

W czasie lotu przyspieszenia mogą występować w ruchu prostoliniowym, krzywoliniowym lub mogą mieć charakter złożony. Jeżeli samolot zwiększa prędkość bez zmiany kierunku lotu, przyspieszenie ma charakter liniowy. Podczas zwiększania prędkości lotu występuje przyspieszenie dodatnie, a podczas zmniejszania – ujemne, zwane inaczej opóźnieniem lub hamowaniem.

Przyspieszenia dodatnie występują podczas startów samolotów z włączeniem dopalacza, rakiet startowych lub z użyciem katapulty, startu sań raketowych, pojazdów kosmicznych, a także podczas opuszczania samolotów drogą katapultowania. Natomiast *przyspieszenia liniowe ujemne* pojawiają się w czasie awaryjnego lądowania samolotu, hamowania sań

rakietowych, otwierania się czaszy spadochronu i lądowania w samolotach lub innych urządzeniach skrcających długość dobiegu samolotu. Duże wartości uzyskują one wtedy, gdy droga hamowania jest krótka.

Jeżeli samolot porusza się ze stałą prędkością, lecz ciągle zmienia kierunek lotu, jego przyspieszenie ma charakter krzywoliniowy. Tego rodzaju przyspieszenia najczęściej występują w takich figurach pilotażu, jak: nurkowanie, skręty, pętle, półpętle, zwroty bojowe, korkociągi, beczki i inne.

Gdy samolot zmienia zarówno prędkość, jak i kierunek lotu, wówczas występują *przyspieszenia kątowe*. Ich miarą jest stosunek przyrostu prędkości kątowej do czasu tego przyrostu. Występują one również podczas wykonywania wymienionych wyżej figur pilotażu, jednakże większe wartości osiągają w figurach o małym promieniu obrotu, np. w beczce lub korkociągu, a także w badaniach na wirówce przeciążeniowej o małym ramieniu.

Rozważając zagadnienie przyspieszeń należy uwzględnić kierunek ich działania w stosunku do osi ciała. Rozróżnia się tutaj następujące przeciążenia: x , y , z wyznaczone przez rotację ciała ludzkiego w trójwymiarowej przestrzeni.

Nim przejdziemy do opisu efektów fizjologicznych i psychologicznych przyspieszeń, należy zaznaczyć, iż pominiemy omawianie tzw. fizjologii przyspieszeń odsyłając do literatury przedmiotu (Kozłowski, 1986). Należy tylko określić granicę tolerancji biologicznej i fizjologicznej. Granicę fizjologicznej tolerancji przyspieszeń stanowi ta ich wielkość, po przekroczeniu której występują zakłócenia funkcji ustroju prowadzące do upośledzenia sprawności psychofizycznej człowieka przy zachowaniu jednakże pełnej sprawności organizmu i braku zmian patologicznych. Mechanizm fizjologicznych tych zmian jest następujący. Podczas lotu najczęściej występują przyspieszenia dośrodkowe, w czasie których siła odśrodkowa działa równoległe do długiej osi ciała w kierunku od głowy do nóg. W tych warunkach występuje silne działanie przyspieszenia na krew zawartą w naczyniach krwionośnych. Powstają zmiany w rozmieszczeniu krwi i płynów ustrojowych. Krew zaczyna przemieszczać się do dolnych partii ciała. Następuje więc spadek ciśnienia krwi przede wszystkim na poziomie głowy i w górnych obszarach i ich drastyczne niedokrwienie, natomiast wzrost ciśnienia, przekrwienie i zastój w okolicy bioder a zwłaszcza kończyn dolnych. W tym czasie piloci tracą przytomność bądź tylko skarżą się na przykre odczucie obrzmienia kończyn, mrowienie, a niekiedy bóle podudzi.

Ponieważ granica tolerancji biologicznej jest zarazem granicą życia i śmierci, to stworzenie sztucznego środowiska statku lotniczego i kosmicznego musi uwzględniać owe wartości brzegowe, zwłaszcza, że, w ostatnich latach wielu badaczy zwraca uwagę na zjawisko zaburzenia świadomości podczas działania przyspieszeń $+G_z$ zwane skrótowo „G-LOC phenomenon” ($+G_z$ – Induced Loss of Consciousness) (Burton

1988). Zaburzenia hemodynamiczne powstające na poziomie głowy pod wpływem przyspieszeń o kierunku $+G_z$ są objawem niedotlenienia ośrodkowego układu nerwowego. Sygnałem tego typu zaburzeń jest początkowo utrata widzenia obwodowego, a w chwilę później i centralnego.

Wpływ „G-LOC phenomenon” na bezpieczeństwo lotu nie jest szczegółowo znany. Wiadomo jednak, że zaburza na około 15 sekund orientację w otoczeniu, co może znacznie zdeorientować proces pilotowania. Wielu badaczy wypadków i katastrof lotniczych sugeruje, że większość tych zaburzeń, z tzw. przyczyn niewyjaśnionych, mogła być spowodowana właśnie opisywanym zjawiskiem. Jediną ochroną może być konstrukcja pilota automatycznego sprzężonego z układem wzrokowym pilota, reagującego na występowanie zjawiska „grayout” czyli „poszarzenia peryferycznego pola widzenia i niedopuszczenie do wystąpienia „blackout” czyli całkowitej utraty obwodowego pola widzenia (widzenia tunelowego), które jest granicą życia i śmierci (Terelak 2002).

Efekty fizjologiczne i psychologiczne przyspieszeń są możliwe do badania w warunkach eksperymentalnych, z wykorzystaniem tzw. wirówki (karuzeli) przeciążeniowej.

Zupełnie unikalnym, bo nie występującym na naszym globie, czynnikiem ekologicznym jest nieważkość.

1. 9. Nieważkość

Na wstępie należy zaznaczyć, że doświadczenia z nieważkością są dla gatunku ludzkiego najnowsze w całym rozwoju filogenetycznym, gdyż wiążą się z możliwością pokonania bariery przyciągania ziemskiego. Wprawdzie przy zachowaniu pewnych warunków fizycznych (prędkości i kąta wznoszenia) możliwe jest krótkotrwale (kilkadziesiąt sekund) wywołanie zjawiska nieważkości wewnątrz samolotu wykonującego lot paraboliczny po krzywej Keplera, to jednakże problemy medyczne i psychologiczne pojawiają się w sytuacji adaptacji do względnie długotrwałej pracy w warunkach nieważkości w lotach kosmicznych. Ekstremalność tej sytuacji wiąże się z takimi czynnikami jak:

- brak rejestracji bodźców przez odpowiednie receptory grawitacji zlokalizowane w uchu wewnętrznym,
- brak obciążeń statycznych i dynamicznych układu mięśniowo-szkieletowego,
- eliminacja ciśnienia hydrostatycznego krwi i płynów tkankowych.

Ponieważ stan nieważkości nie jest doświadczany w normalnych warunkach życia na Ziemi, stąd wiedza na temat biologicznych następstw dłuższego narażania organizmu na pozostawanie w stanie nieważkości jest dopiero „*in statu nascendi*”, gdyż wiąże się zaledwie z nielicznymi eksperymentami realizowanymi w przestrzeni kosmicznej.

Przypomnijmy podstawowe wiadomości z fizyki na temat przyciągania ziemskiego. Zgodnie z II prawem Newtona siła przyciągania przez Ziemię znajdującego się na jej powierzchni obiektu o masie m będzie wynosić $F=mg$. Wynika stąd, że każdy obiekt znajdujący się blisko powierzchni Ziemi podlega temu samemu przyspieszeniu skierowanemu ku środkowi kuli ziemskiej, wynoszącemu 981 cm/s^2 . Jest ono wyrazem działania siły ciężkości skierowanej ku środkowi kuli ziemskiej. Ta siła właśnie, proporcjonalna do masy obiektu, stanowi jego ciężar. Przyjęto, że na 1 g działa siła $0,980665 \times 10 \text{ mN}$ (miliniuton) wywierana na poziomie morza przy szerokości geograficznej 45° . Tak więc pojęcia masy i ciężaru są czymś innym. Jeżeli wartość przyspieszenia grawitacyjnego ulegnie zmianie, ciężar ciała też się zmieni, mimo że jego masa pozostanie taka sama. W stanie nieważkości (zero g) obiekt posiada masę, a nie posiada ciężaru, gdyż siła ciężenia i przyspieszenie nadane statkowi kosmicznemu równoważą się na orbicie.

Pomijamy szczegółowe omówienie medycznych skutków przebywania człowieka w nieważkości, takich między innymi jak: spadek ilości płynów krążących, zmniejszenie gęstości krwi, ucieczka wapnia z kości, zaniki mięśniowe, wyraźnie upośledzona zdolność do wysiłku fizycznego, opisywanych w dostępnej literaturze przedmiotu (Kozłowski, 1986). Zwrócimy tylko uwagę na skutki psychologiczne związane z ograniczeniem zdolności do pracy i subiektywnym dyskomfortem. Tak np. brak możliwości rejestracji bodźców przez odpowiednie receptory grawitacyjne prowadzi do powstawania iluzji zmysłowych, dezorientacji przestrzennej oraz reakcji ze strony ucha przedsionkowego (tzw. choroba poruszeniowa). Brak zwyczajowego obciążenia układu mięśniowo-szkieletowego prowadzi z jednej strony do atrofii tego układu, a z drugiej do znacznego zaburzenia koordynacji wzrokowo-ruchowej. Sytuacja nieważkości jako zupełnie nowa wywołuje stres psychologiczny, związany z koniecznością zmiany nie tylko nawyków ruchowych, ale także dotychczasowych nawyków i upodobań jak np. spanie (Kwarecki, Terelak 1980).

Trudnym problemem z psychologicznego punktu widzenia jest przenoszenie nawyków ruchowych i koordynacji wzrokowo-ruchowej niezbędnej do wykonywania prac typu operatorskiego. Problem transferu nawyków roboczych zilustrujemy na przykładzie doświadczeń pierwszych selenonautów, którzy wytrenowane w warunkach ziemskich czynności robocze wykonywali w warunkach zmniejszonej grawitacji na Księżycu prawie 30% czasu dłużej niż przewidywały precyzyjnie opracowane grafiki. Należy dodać, że przedłużenie trwania ruchu i zaburzona koordynacja wzrokowo-ruchowa są wynikiem nie tylko obniżonej grawitacji (w przypadku Księżycy) czy też nieważkości (w otwartej przestrzeni kosmicznej), lecz spowodowane są także dość niewygodnym skafandrem, który stwarza sztuczne warunki bytowania w przestrzeni kosmicznej lub

na innej planecie, ale utrudnia sprawne działanie motoryczne człowieka (Terelak 2001). Opierając się na wynikach badań eksperymentalnych oraz dotychczasowych doświadczeniach z lotów orbitalnych należy zwrócić uwagę na fakt, że w warunkach nieważkości mamy do czynienia ze złożonym zjawiskiem zaburzenia procesów analizy przestrzennej, na którą składają się zwykle zmiany w czynności narządu równowagi, obniżenie recepcji korowej i tzw. czucia głębokiego.

Zwróciliśmy uwagę tylko na te fizyczne czynniki ekologiczne, które są specyficzne dla ekstremalnych warunków bytowania i pracy. Pominęliśmy jeszcze wiele czynników, które mają charakter stresowy w środowisku pracy, jak np.: współwystępujące w środowisku pracy i przyrodzie (np. pasożyty, bakterie, wirusy, pleśnie, grzyby, itp.), chemiczne czynniki szkodliwe (np. gazy bojowe), które można spotkać w środowisku pracy lub życia jest oczywisty i opisany w dostępnej literaturze przedmiotu (Kozłowski, 1986).

Działanie poszczególnych czynników ekologicznych na organizm człowieka jest znane z badań z zastosowaniem tzw. symulatorów warunków bytowania i pracy.

2. Teoretyczne i metodologiczne problemy symulowania „sztucznego środowiska”

Jak staraliśmy się wykazać, trudno jest przyjąć jakąś wspólną klasyfikację wszystkich ekologicznych źródeł zagrożeń, gdyż nie ma obowiązujących kryteriów podziału. Warunki kryterium może spełniać zarówno rodzaj bodźca stresowego, jak i jego siła (intensywność), a także czas trwania czy też częstość występowania. W tym ostatnim przypadku mamy do czynienia z incydentalnym stresem ekologicznym bądź chronicznym, których skutki działania bywają różne. Kryterium siły bodźca stresowego nie jest również zbyt wygodne mimo charakterystyki ilościowej, ponieważ istotny jest nie tylko sam fizyczny komponent siły lecz znaczenie psychologiczne bodźca, które modyfikuje znacznie reakcję na stres. Modelem dogodnym do opisu wartości stymulacyjnej czynnika ekologicznego jest Teoria Optymalnego Poziomu Stymulacji C. Leuby (1965), zakładająca, że człowiek funkcjonuje optymalnie (tzn. sprawnie i przy minimalnym koszcie psychofizjologicznym) przy działaniu czynników ekologicznych o średniej wartości stymulacyjnej. Wartość stymulacyjna czynnika ekologicznego zarówno suboptymalna jak i nadoptymalna ma wyraźny charakter stresowy (tzn. wymaga zwiększonego wysiłku oraz pociąga za sobą określony koszt psychofizjologiczny, włącznie z odmową działania organizmu w sytuacjach ekstremalnych).

Innym przydatnym do klasyfikacji ekologicznych czynników zagrożeń może być zaproponowany przed prawie pięćdziesięcioma laty model E.Z. Levy’ego, G.E. Ruffa i V.H. Thalara (1959). Który wyodrębnia cztery podstawowe aspekty środowiska człowieka, a mianowicie: mikrokosmos, cechy psychiczne człowieka, makrokosmos oraz procesy komunikacji między mikrokosmosem i makrokosmosem. I tak, przez *mikrokosmos* autorzy rozumieją rzeczywiście postrzegane środowisko, obejmujące między innymi strukturę fizyczną miejsca przebywania człowieka *hic et nunc*, charakterystykę bodźców docierających do człowieka (ich modalność, ilość i stopień strukturalizacji „na wejściu”), czas przebywania w danych warunkach ekologicznych (np. czas może mieć konotacje pozytywne jak w przypadku adaptacji do warunków środowiska, jak i negatywne, jak w przypadku działania czynników szkodliwych), zadania jakie człowiek realizuje w określonych warunkach (problem niezawodności człowieka). Drugi aspekt środowiska autorzy odnoszą do *cech psychicznych człowieka*, które są czynnikiem utrudniającym (np. niedorozwój umysłowy) bądź ułatwiającym (np. wysoki poziom motywacji osiągnięć) adaptację do określonych warunków ekologicznych. Trzecim aspektem środowiska jest *makrokosmos* czyli tzw. trzecia otoczka, i dotyczy tego wszystkiego, co otacza człowieka i jego najbliższe postrzegalne cechy środowiska (mikrokosmos). Szczególną rolę odgrywają warunki w jakich człowiek się znalazł „tu i teraz” oraz ich interpretacja psychologiczna. Można więc powiedzieć, że w każdym środowisku istnieją dwie ekologie: obiektywna i subiektywna, między którymi istnieją określone *procesy komunikacji*, będące czwartym aspektem opisu środowiska. Efekty owej komunikacji między makrokosmosem i mikrokosmosem wyznaczają dopiero rzeczywiste mechanizmy adaptacyjne człowieka.

Najbardziej nadają się do opisu według wyżej przedstawionego modelu scharakteryzowane fizyczne czynniki zagrożeń ekologicznych w locie kosmicznym, których fizyczna reprezentacja ma charakter mierzalny z dużą dokładnością.

Jak staraliśmy się to wykazać wcześniej mierzalność fizycznego czynnika ekologicznego sprawia, że można względnie łatwo wyznaczyć empirycznie zarówno jego progi percepcji (dolny i górny) czyli momenty, w których bodziec obojętny dla organizmu wyzwala działanie mechanizmów adaptacyjnych by sprostać nowym, zwiększonym wymaganiom oraz próg tolerancji stresu czyli moment, w którym organizm ponosi straty, gdyż mechanizmy adaptacyjne są nieadekwatne do nowej, zmienionej sytuacji lub gdy organizm odmawia działania (śmierć). Dogodnym modelem teoretycznym do zilustrowania opisanych zależności może być tzw. model niezawodności działania Niebylicyna, który w zmodyfikowanej przez Franusa (1977). Model ten zakłada między innymi, że czynniki stresu ekologicznego uwidaczniają się wyraźnie w przedziałach ekstremalnych, które należy rozumieć w dwojakim znaczeniu. Po pierwsze – jako maksymaliza-

cję wymagań, aż do nadmiernych przeciążeń. Po drugie – jako minimalizację bodźców, aż do deprywacji sensorycznej. Na kontinuum niezawodności działania człowieka między biegunami ekstremalnymi znajduje się szeroka sfera działania człowieka, dzieląca się na sferę niezawodności (warunki optymalne) i dwie substrefy błędów. Sfera niezawodności jest sferą bezstresową, gdyż pokrywa się z przedziałem warunków optymalnych, znajdujących się między górnym i dolnym progiem niezawodności działania. Przekroczenie tych progów wiąże się z koniecznością zmiany sposobu adaptacji, a więc ze stresem ekologicznym, o czym świadczy pogarszające się funkcjonowanie, którego wskaźnikami są na ogół pojawiające się błędy. Górny i dolny próg wydolności (tolerancji stresu ekologicznego) wiąże się z zaburzeniami dotychczasowego sposobu adaptacji i struktury działania, do odmowy działania i śmierci włącznie. Wszystkie cztery granice wyznaczające progi stresu ekologicznego i jego tolerancji są labilne i mogą ulegać wahaniom pod wpływem różnych czynników obiektywnych bądź subiektywnych, działających korzystnie lub niekorzystnie na organizm (np. zmęczenie, natężenie motywacji, poziom aspiracji, samopoczucie, stan zdrowia, wiek itp.). Tę labilność progów zaznaczono na rycinie strzałkami skierowanymi w górę i w dół. Na ogół można empirycznie wyznaczyć granicę obu progów. Zajmuje się tym między innymi fizjologia i psychologia pracy (Kozłowski, 1986; Terelak 2001).

Wracając do pierwszej z wymienionych wcześniej cech stresu ekologicznego, a mianowicie łatwości opisywania za ich pomocą pewnego aspektu środowiska życia człowieka, nie tylko naturalnego ale i sztucznego (artificial environment), należy podkreślić, że mimo tego jego jednoznaczny wpływ (specyficzny i niespecyficzny) na organizm człowieka jest trudny do oszacowania. Gdy rozpatruje się organizm jako jednostkę ekologiczną, zwraca się uwagę na fakt, że czynniki środowiska współdziałają ze sobą wpływając wzajemnie na siebie, jak również modyfikując reakcje organizmu (Collier i wsp., 1978). Ta nieskończona niemal liczba interakcji doprowadziła niektórych ekologów do poszukiwania korelacji pomiędzy pojedynczym czynnikiem i jednostkową reakcją organizmu, a innych skłoniła do przyjęcia poglądu, że środowisko jest tak zwartą całością, że w ogóle nie powinno być „rozkładane” na poszczególne czynniki. Pierwszy z tych poglądów prowadził do wielu kontrowersyjnych wyników, drugi natomiast – do całkowicie nienaukowych rozważań. W psychologii ekologicznej można spotkać podobne skrajne poglądy, przy czym sytuacja jest jeszcze bardziej skomplikowana, jeśli uwzględni się cechy społeczne środowiska oraz własną celową aktywność człowieka.

Znany teoretyk bezpieczeństwa systemu: człowiek-maszyna-środowisko E. Edwards (1993) w swoim modelu „Pięciu M” (od angielskich pięciu wyrazów: Mission, Medium, Man, Machine, Management) stwierdza, że powodzenie każdej misji operatora urządzeń technicznych zależy od

interakcji między: człowiekiem – maszyną – czynnikami ekologicznymi środowiska i czynnikami społecznymi środowiska. Analiza owych interakcji przekracza ramy niniejszej pracy, dlatego też skoncentrowaliśmy się wyłącznie na ekologicznym aspekcie środowiska bytowania i pracy astronauty. Z analogami warunków tego środowiska pilot lub astronauta może się zapoznać dzięki zastosowaniu tzw. symulatorów.

3. Symulatory ekologiczne jako analogi warunków środowiska bytowania i pracy astronautów

Symulatory ekologiczne są wynikiem systemowego ujmowania interakcji: człowiek-środowisko, gdyż na ogół spełniają trzy podstawowe funkcje: symulacja warunków pracy, modelowanie przyszłego sztucznego środowiska bytowania i pracy oraz uczenie się czynności roboczych w warunkach zbliżonych do realnych. Tak np. w przypadku lotnictwa i kosmonautyki istotny przełom w szkoleniu operatorów statków lotniczych i kosmicznych nastąpił w związku z możliwością wykorzystania w procesie treningowym symulacji zbliżonych do rzeczywistych warunków pracy („rzeczywisty” lot bez konieczności odrywania się od ziemi). Tak więc bardziej lub mniej skomplikowane urządzenia techniczne symulujące w sposób przybliżony przyszły realny lot statkiem powietrznym lub kosmicznym będziemy nazywać *symulatorami lotu*. Urządzenia te, służące w pierwszym rzędzie do tworzenia analogicznych do realnie występujących w przyrodzie czynników ekologicznych i badania reakcji organizmu na nie, są nazywane *imitatorami* lub tzw. sztucznym środowiskiem. Te same symulatory lotu przeznaczone do treningu adaptacyjnego organizmu w sztucznych warunkach ekologicznych i trenowania w nich czynności roboczych nazywane są *trenażerami*.

Wprawdzie pierwsze pomysły symulatorów przypominające kabiny lotnicze powstały w latach dwudziestych XX wieku i wiążą się głównie z nazwiskiem amerykańskiego konstruktora lotniczego Linka, to jednak ich dynamiczny rozwój wiąże się dopiero z zastosowaniem komputerów nowej generacji (Maurino 1993).

Nas w pierwszym rzędzie interesują symulatory zwane imitatorami lotu statkiem powietrznym lub kosmicznym, do których można zaliczyć w pierwszym rzędzie:

- wirówki przeciążeniowe (centryfugi) lub katapulty do symulowania różnego typu przyspieszeń, wywołujących przeciążenia organizmu;
- termokomory do emitowania niskich lub wysokich temperatur;
- barokamery (komory wysokich i niskich ciśnień atmosferycznych), stwarzających warunki przebywania człowieka na różnych wysokościach ponad poziomem morza lub w głębinach poniżej poziomu morza i wywołujących efekty hipoksji lub choroby dekompresyjnej;

- samoloty przystosowane do wywoływania krótkotrwałej nieważkości (około 1,5 min.) w locie po tzw. krzywej Keplera;
- baseny immersyjne, do symulowania zmniejszonej grawitacji;
- urządzenia wibracyjne, do eksponowania wibracji w różnych zakresach częstotliwości;
- kamery dźwiękoszczelne lub imitatory szumu do generowania hałasu o różnej charakterystyce;
- imitatory bombardowań meteorytowych;
- różnego typu kombinezony i hełmy szczelne zapewniające sztuczne warunki ekologiczne.

W zależności od istniejących na statku kosmicznym systemów oraz przeznaczenia do mniej lub bardziej złożonych zadań kosmicznych, symulatory mogą być: uniwersalne, kompleksowe, specjalistyczne lub funkcjonalne (Terelak 1993).

a) *Symulator uniwersalny* – jest urządzeniem jednostkowym lub seryjnym o wielozadaniowym przeznaczeniu dla różnego typu statków kosmicznych. Najważniejszymi jego elementami są ruchome i statyczne makiety określonego statku kosmicznego, obejmujące między innymi: kabinę, pulpit instruktora, imitator nieba gwiazdowego i powierzchni ziemi, imitator warunków klimatycznych i tzw. fizycznych czynników lotu (przeciążenia, wibrację, niedotlenienie, środowisko gazowe, szum rakiety, itp.) oraz stosowny program komputerowego sterowania wszystkimi urządzeniami technicznymi.

b) *Symulator kompleksowy* – przeznaczony jest do trenowania różnych członków załogi w zakresie działania operatorowego na określonym typie statku kosmicznego we wszystkich etapach lotu (start, orbitowanie, cumowanie, lądowanie).

c) *Symulatory funkcjonalne* – przeznaczone do trenowania poszczególnych czynności roboczych lub związanych z obsługiwaniem określonych systemów i urządzeń statku kosmicznego. Są to np. imitatorty radiacyjne, systemu bytowania, symulatory ręcznego sterowania, systemu orientacji w przestrzeni kosmicznej itp.

d) *Symulatory wyspecjalizowane* – przeznaczone są do trenowania nawyków profesjonalnych załogi, związanych z obsługiwaniem różnorodnych urządzeń potrzebnych do realizacji określonego programu kosmicznego, jak np. nawigacja, przechodzenie z jednej orbity na drugą, zbliżanie się do stacji kosmicznej i manewr cumowania, przeglądy techniczne, naprawy i konserwacja, kontrola obiektów na zewnątrz statku kosmicznego, lądowanie na Ziemi i innych planetach, sterowanie pojazdami przeznaczonymi do poruszania się po innej planecie (np. pojazd księżycowy), sterowanie pracą sztucznych systemów ekologicznych, itp.

Na obecnym etapie rozwoju symulatorów lotniczych i kosmicznych nie ma nadal jednoznaczności co do tego, jakiego typu symulatory spełniają swoją rolę. Z punktu widzenia psychologii ekologicznej najbardziej intere-

sujące są imitatory systemów ekologicznych, które pozwalają modelować sztuczne środowisko bytowania i pracy przyszłego statku powietrznego i kosmicznego, a także konstruować na ziemi habitaty ekologiczne jako modele sztucznych środowisk przyszłych „wiosek kosmicznych” na stacjach orbitalnych lub na innych planetach (np. Księżycu lub Marsie).

Wnioski

- 1) Przebywanie człowieka w ekstremalnych warunkach otoczenia wymaga tworzenia ochronnych habitatów, które utworzą barierę ochronną, i stworzą warunki do bytowania i pracy bez narażenia się na utratę życia lub zdrowia.
- 2) Do tworzenia sztucznego środowiska bytowania i pracy wymagana jest bardzo szczegółowa wiedza z ekologii człowieka, uwzględniająca górne i dolne granice tolerancji szkodliwych czynników środowiska.
- 3) Wiedza na temat wpływu skojarzonych stresowych czynników ekologicznych na organizm i funkcjonowanie człowieka musi mieć charakter systemowy, uwzględniający efekt obiektywnych i subiektywnych interakcji w obrębie systemu: człowiek – środowisko.

Piśmiennictwo

- ALEKSANDROWICZ J., 1979 – *Sumienie ekologiczne*. Warszawa: Wiedza Powszechna.
- BARAŃSKI S., (red.), 1977 – *Medycyna lotnicza i kosmiczna*, PZWL: Warszawa.
- BIELA A. (red.), 1984 – *Stres psychologiczny w sytuacji kryzysu ekologicznego*. Lublin: Towarzystwo Naukowe KUL.
- BIELA A., (red.), 1990 – *Stres w pracy zawodowej*. Lublin: Red. Wyd. KUL.
- BURTON R.R., 1988 – G-induced loss of consciousness: Definition, history, current status. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 59, 2-5.
- COLLIER B., D., COX, C.W., JOHNSON, A.W., MILLER, Ph.C., 1978 – *Ekologia dynamiczna*. Warszawa: PWRiL.
- EDWARDS E., 1993 – Introductory overview. In: E.L. Wiener and D.C. Nagel (Eds): *Human factor in aviation* (pp. 3-25). Academic Press, Inc.: New York.
- FRANUS E., 1977 – Model niezawodności człowieka i jego znaczenie dla ergonomii. *Przegląd Psychologiczny*, XX, 1, 35-47.
- GADOMSKA H., GRZELAK A., IDZIKOWSKA-SZYMAŃSKA M., MARKIEWICZ E., PAŁKA M., ROGOZIŃSKI A., SZYMAŃSKI T., ŚWIĄTKOWSKI A., 1989 – *Człowiek, praca, środowisko: Poradnik z zakresu bezpieczeństwa pracy i ergonomii*. Wyd. Związków Zawodowych: Warszawa.
- GALUBIŃSKA K., 1974 – *Postęp cywilizacji a obciążenie psychiczne człowieka*. Warszawa: PWN.
- JETHON Z., 1977 – *Bariery ludzkich możliwości*. Warszawa: Wiedza Powszechna.

- KOWALSKI W., (red.), 2002 – *Medycyna lotnicza: Wybrane zagadnienia*. Wyd. DWLiOP: Poznań.
- KOZŁOWSKI S., 1986 – *Granice przystosowania*. Warszawa: Wiedza Powszechna.
- KWARECKI K., TERELAK J., 1980 – *Medycyna i psychologia kosmiczna*. Wiedza Powszechna: Warszawa.
- LEUBA C., 1965 – Toward some integration of learning theory: The concept of optimal stimulation, In: H. Fowler (ed.): *Curiosity and exploratory behavior (pp. 169-175)*. New York: Macmillan Co.
- LEVY E.Z., RUFF G.E., THALER V.H., 1959 – Studies in human isolation. *Journal of the American Medical Association*, 169(3), 236-239.
- LINDSAY P.H., NORMAN D.A., 1984 – *Procesy przetwarzania informacji u człowieka*. PWN: Warszawa.
- MAURINO D.E., 1993 – Human factors training in aviation. In: R.A.Telfer (Ed.): *Aviation instruction and training (pp. 95-113)*. Ashgate Pub. Limited: Aldershot.
- SINIARSKA A., WOLAŃSKI N., 2003 – Czym jest współczesna ekologia. *Studia Ecologiae et Bioethicae*, 1, 63-95.
- ŚLESZYŃSKI D., 2003 – Interactive sources of intimacy: psychological, social, environmental. *Studia Ecologiae et Bioethicae*, 1, 457-470.
- TERELAK J.F., 1993 – *Psychologia pracy i bezrobocia*. Wyd. ATK: Warszawa.
- TERELAK J.F., (red.), 1999 – *•ródła stresu: Teoria i badania*. Warszawa: Wyd. ATK.
- TERELAK J.F., 2001 – *Psychologia stresu*. Oficyna Wyd. „Branta”: Bydgoszcz.
- TERELAK, J.F., 2002 – Zjawisko „blackout” – granica życia i śmierci. W: W. Bołoz i Maria Rys (red.): *Między życiem a śmiercią (ss. 266-276)*. Wyd. UKSW: Warszawa.
- TERELAK J.F., TRUSZCZYŃSKI O., 1999 – Hipoksja jako źródło stresu, W: J.F. Terelak (red.): *•ródła stresu: Teoria i badania (ss. 117-141)*. Wyd. ATK: Warszawa.
- WOJCIESZAK I., GOLEC L., 1988 – Czynniki termiczny a zdolność wysiłkowa, W: I. Wojcieszak (red.): *Wpływ zmiennych warunków chronobiologicznych i klimatycznych w Seulu na organizm zawodnika (ss. 23-59)*. Wyd. Instytut Sportu: Warszawa.

Artificial environment of habitats from space zoopsychology perspective

SUMMARY

The article try to develop theoretical and methodological basis for modeling human being's artificial environment in space ships. Author, as a founder of "cosmic zoopsychology" understands this as a subdiscipline of zoopsychology, underlines necessity to build safety barrier to maintain and protect human live in extreme cosmic environment. It demands very detailed knowledge of man ecology including upper and bottom limits of tolerance for stressful factors existing in space. For this aims are very useful the flight simulators. Among others there are very important so called "ecological imitators" of human work and human existence on board of space ships. The detailed knowledge of all stress factors has systematic character, including objective and subjective interactions within the human-environment system.