

MARIAN WNUK, JÓZEF ZON

## ZNACZENIE PALEOBIOFIZYKI DLA EGZOBIOLOGII

### WSTĘP

Przyrodnicze teorie genezy życia wykorzystują wyniki i metody wielu nauk pomocniczych. Dzięki temu nie są już teoriami czysto spekulatywnymi, jak to się zdarzało w przeszłości, ale mają szansę na empiryczną konfirmację. Znaczenie niektórych z tych nauk w poszukiwaniu początków życia, jak geologia, paleontologia, biochemia lub chemia organiczna, jest od dawna znane i doceniane. W niniejszym referacie chcielibyśmy przedstawić niektóre idee paleobiofizyki<sup>1</sup> - dziedziny o nie ustalonym jeszcze statusie, której problematyka jednak już istnieje na pograniczu paleobiologii i biofizyki, a która zapewne wkrótce uzyska rangę odrębnej nauki pomocniczej, oraz znaczenie badań paleobiofizycznych - zarówno już przeprowadzonych, jak i możliwych - dla poszukiwania życia lub jego śladów w kosmosie i na Ziemi.

### 1. TŁO PROBLEMOWE POWSTAWANIA PALEOBIOFIZYKI

Cechą charakterystyczną ściśle powiązanych z nauką badań nad prawdopodobnymi sposobami genezy i ewolucji życia jest tworzenie hipotez (którym

---

<sup>1</sup> Termin paleobiofizyka użył, być może jako pierwszy, Włodzimierz Sedlak [*Paleobiochemiczne problemy wczesnych stadiów życia*. „Roczniki Filozoficzne” 1973, 21, z. 3, 65-87] w kontekście rozważań paleobiochemicznych uprawianych na gruncie filozofii przyrody oraz w popularnonaukowej książce z serii „Omega” pt. *U źródeł nowej nauki. Paleobiochemia*. Warszawa 1973, 130. Termin paleobiofizyka nie jest zadomowiony w literaturze naukowej. W dostępnych bazach danych i abstraktach termin ten jest w zasadzie nieobecny. Wyjątkiem jest pewien artykuł z zakresu historii medycyny, a dotyczący badań tkanki zębów z jakichś szczątków ludzkich za pomocą mikrofluorometrii i spektrometrii Ramana, co zostało nazwane właśnie badaniami paleo-biofizycznymi [M. Yamada, H. Horibe, K. Fujimori, S. Yamashita, T. Yamashita: *Paleobiophysical studies on tooth tissues by microfluorometry and Raman-spectrometry*. „Cellular and Molecular Biology” 1979, 25(3), 167-172].

czasami przypisuje się nawet rangę teorii) oraz poszukiwanie jego śladów z minionej przeszłości. Na przykład, pozostałości morfologiczne i anatomiczne o rozmiarach makroskopowych badała paleontologia, a relikty molekularne - paleobiochemia<sup>2</sup>. Wspomniane dziedziny stanowiły istotną podstawę do podejmowania kolejnych wysiłków teoretycznych i eksperymentalnych, mających na celu rekonstrukcję procesów powstania i ewolucji systemów żywych na Ziemi.

Wiek Ziemi szacuje się obecnie na około 4,6 mld lat. Istnieją dowody, wskazujące na obecność życia na naszej planecie już 3,8 mld lat temu<sup>3</sup>, chociaż wciąż dyskusyjny pozostaje wiek najstarszych skamieniałości<sup>4</sup>. Zbyt krótki - bo liczący zaledwie 800 mln lat - wydaje się więc okres, w którym musiałyby zajść ewolucja molekularna, zwłaszcza zaś te jej etapy, które doprowadziły do powstania i rozwoju protoorganizmów. Etapy te usiłują poznać protobiologia i paleobiochemia, niemniej jednak poglądy na temat mechanizmów tych etapów ewolucji stają się coraz bardziej kontrowersyjne.

Starsze od zachowanych do dziś skamieniałości morfologicznych są związki organiczne (obecne w najstarszych skałach osadowych lub kwarcytowych), które traktuje się jako „molekularne skamieniałości”<sup>5</sup>. Jednakże problematyka tych „organiczných reliktyw” życia poszerzyła i skomplikowała się znacznie

---

<sup>2</sup> Zob. np. W. Sedlak: *Kierunek - początek życia. Narodziny paleobiochemii krzemu*. Lublin 1985. Problematyka, którą obejmuje paleobiochemia, nazywana bywa również paleontologią molekularną lub nawet archeologią molekularną [S.C. Lakhota: *Palaeobiochemistry - bridging the gap between the living and dead*. „Current Science” 1994, 66(11), 815-816].

<sup>3</sup> S.J. Mojzsis, G. Arrhenius, K.D. McKeegan, T.M. Harrison, A.P. Nutman, C.R.L. Friend: *Evidence for life on Earth before 3,800 million years ago*. „Nature” 1996, 384(6604), 55-59.

<sup>4</sup> M.D. Brasier, O.R. Green, A.P. Jephcoat, A.K. Kleppe, M.J. Van Kranendonk, J.F. Lindsay, A. Steele, N.V. Grassineau: *Questioning the evidence for Earth's oldest fossils*. „Nature” 2002, 416(6876), 76-81.

<sup>5</sup> Czyli molekuly wchodzące w skład ciała wymarłych już organizmów lub będące produktami wtórnych przemian, np. porfiryne jako molekularne skamieniałości beztlenowej fotosyntezy [R. Gibbison, T.M. Peakman, J.R. Maxwell: *Novel porphyrins as molecular fossils for anoxygenic photosynthesis*. „Tetrahedron Letters” 1995, 36(49), 9057-9060]. Terminem „skamieniałość molekularna” określa się również obecne we współczesnej organizacji molekularnej życia, np. niektóre biomolekuly lub ich fragmenty o archaicznym pochodzeniu [M. Di Giulio: *The origin of protein synthesis: On some molecular fossils identified through comparison of protein sequences*. „Biosystems” 1996, 39(2), 159-169], a nawet wirusy [N. Maizels, A.M. Weiner: *The genomic tag hypothesis: Modern viruses as molecular fossils of ancient strategies for genomic replication*. W: *The RNA World*. (Eds.) R.F. Gesteland, J.F. Atkins. Cold Spring Harbor Monographs Series, 24 Cold Spring Harbor Laboratory Press 1993, 577-601] lub wiroidy [J. Chela-Flores: *Are viroids molecular fossils of the RNA world?* „Journal of Theoretical Biology” 1994, 166(2), 163-166].

w ostatnim okresie. Z jednej strony bowiem w symulowanych hipotetycznych warunkach środowiska archaicznej Ziemi zsyntetyzowano abiotycznie liczne związki, odgrywające podstawową rolę we współcześnie żyjących organizmach. Z drugiej zaś - odkrywano (na drodze bezpośredniej lub pośredniej) coraz więcej związków organicznych w meteorytach, kometach i innych obiektach pozaziemskich<sup>6</sup>. Sukcesy w tej dziedzinie, opatrywanej mianem kosmochemii<sup>7</sup> organicznej, wraz ze wspomnianą już trudnością, wynikającą ze zbyt krótkiej skali czasu, stały się między innymi powodem poświęcania coraz większej uwagi poszukiwaniu początków życia ziemskiego raczej poza naszym globem. Wyodrębniła się więc kolejna dziedzina, poświęcona tym poszukiwaniom - egzobiologia<sup>8</sup>. Choć nie udało się znaleźć bezspornych dowodów na istnienie życia pozaziemskiego, to ze znaczącym prawdopodobieństwem wykazano, iż mogło ono istnieć na Marsie lub na Europie (jednym z księżyców Jowisza). Nadal jednak w badaniach egzobiologicznych punktem odniesienia są chemiczne relikty życia pierwotnego znalezione w próbkach geologicznych. Wskazują one na to, że pierwotne organizmy na Ziemi musiały żyć również w skrajnie nieprzyjaznych im środowiskach. Tego, że nie „stoi to w sprzeczności” z żadnym z koniecznych warunków do istnienia życia, dowodzą liczne dziś grupy organizmów ekstremofilnych<sup>9</sup>.

---

<sup>6</sup> Np. P. Ehrenfreund, S.B. Charnley: *Organic molecules in the interstellar medium, comets, and meteorites: A voyage from dark clouds to the early Earth*. „Annual Review of Astronomy and Astrophysics” 2000, 38, 427-483.

<sup>7</sup> Na znaczenie kosmochemicznych badań genezy życia zwracał uwagę Szczepan Ślaga już bardzo dawno temu [S.W. Ślaga: *Kosmochemiczne badania początków życia*. „Studia Philosophiae Christianae” 1970, 6(2), 93-120].

<sup>8</sup> Zob. np. A. Brack, G. Horneck, D. Wynn-Williams: *Exo/astrobiology in Europe*. „Origins of Life and Evolution of the Biosphere” 2001, 31(4), 459-480; G. Horneck: *Exobiology, the study of the origin, evolution and distribution of life within the context of cosmic evolution: A review*. „Planetary and Space Science” 1995, 43(1-2), 189-217; R. Sullivan: *Exobiology*. „Perspectives in Biology and Medicine” 2000, 43(2), 277-285. Na określenie tej dziedziny używane są również inne nazwy, jak bioastronomia [np. F. Raulin-Cerceau, M.-C. Maurel, J. Schneider: *From panspermia to bioastronomy, the evolution of the hypothesis of universal life*. „Origins of Life and Evolution of the Biosphere” 1998, 28(4-6), 597-612], astrobiologia - termin preferowany przez NASA [np. D.J. Des Marais, M.R. Walter: *Astrobiology: Exploring the origins, evolution, and distribution of life in the Universe*. „Annual Review of Ecology and Systematics” 1999, 30(1), 397-420] lub kosmobiologia.

<sup>9</sup> Np. M.T. Madigan: *Extremophilic bacteria and microbial diversity*. „Annals of the Missouri Botanical Garden” 2000, 87(1), 3-12; L.J. Rothschild, R.L. Mancinelli: *Life in extreme environments*. „Nature” 2001, 409(6823), 1092-1101.

Zasadniczymi problemami pozostają więc:

- umiejętność odróżniania struktur i substancji biotycznych od powstałych abiotycznie lub jako artefakty oraz
- uzyskanie odpowiedzi na pytanie, czy obce życie może w niczym nie przypominać naszego życia?

W wypadku pierwszej kwestii, w charakterze kryterium rozróżniania między materią nieożywioną a życiem wykorzystuje się homochiralność molekuł organicznych. Pochodzenie asymetrii biologicznej, to jest preferowanie przez organizmy L-aminokwasów i D-cukrów, jest od dawna badane i żywo dyskutowane<sup>10</sup>. W drugiej kwestii zaś, propozycje są w dużej mierze spekulatywne<sup>11</sup>.

W egzobiologii prawie zawsze przyjmuje się założenie, iż można się spodziewać znalezienia takiego życia pozaziemskiego, które pod względem podstawowych cech będzie przypominało ziemskie. Przyjmuje się, po pierwsze - metodologiczne założenie o uniwersalności praw fizyki i chemii, po drugie - jakieś, najczęściej chemiczne, własności, co do których nie ma większych wątpliwości, że są istotnie powiązane z życiem. Czy zatem poszukiwanie „chemicznych oznak” życia nie powinno być poszerzone o jakieś jego „fizyczne oznaki”, inne niż wspomniana homochiralność? Wydaje się, że właśnie paleobiofizyka<sup>12</sup> powinna objąć tę problematykę i z tego względu może być przydatna dla egzobiologii.

<sup>10</sup> Zob. np. W.A. Bonner: *Chirality and life*. „Origins of Life and Evolution of the Biosphere” 1995, 25(1-3), 175-190; C. Cerf, A. Jorissen: *Is amino-acid homochirality due to asymmetric photolysis in space?* „Space Science Reviews” 2002, 92(3-4), 603-612; L. Keszthelyi: *Homochirality of biomolecules: Counter-arguments against critical notes*. „Origins of Life and Evolution of the Biosphere” 2001, 31(3), 249-256; J. Podlech: *Origin of organic molecules and biomolecular homochirality*. „Cellular and Molecular Life Sciences” 2001, 58(1), 44-60. Z problemem tym wiąże się szersza kwestia tzw. łamania symetrii, która jest uważana za zasadę rozwoju wszechświata [W. Dyk: *Życie jako wynik łamania symetrii*. W: *Filozoficzne i naukowo-przyrodnicze elementy obrazu świata*. Red. A. Latawiec, K. Kloskowski, G. Bugajak. Wyd. UKSW, Warszawa 2000, 78-93].

<sup>11</sup> Dopuszcza się mianowicie możliwość istnienia niechemicznych form życia, życia opartego na siłach grawitacyjnych, a nawet siłach jądrowych [D. Goldsmith, T. Owen: *The search for life in the Universe*. Menlo Park, Benjamin California 1980 (tł. ros. Moskwa, Mir, 1983, 235-255)],

<sup>12</sup> Oczywiście po osiągnięciu odpowiedniego rozwoju, o czym wcześniej już wspominaliśmy.

## 2. NIEKTÓRE IDEE MOGĄCE WCHODZIĆ W ZAKRES PALEOBIOFIZYKI

Obecnie znacznie bardziej rozwinięta jest wiedza o początkach i rozwoju Ziemi<sup>13</sup>, czyli dotycząca środowiska życia, aniżeli wiedza o zjawiskach i procesach życiowych<sup>14</sup>. Włodzimierz Sedlak na postawione przez siebie pytanie, czym jest i czym powinna być paleobiofizyka?, odpowiada następująco: „Jest to kierunek biologiczny, który usiłuje zrekonstruować najstarsze stadia fizyki życia na podstawie zachowanych reliktyw w jego obecnej naturze”<sup>15</sup>. Celem paleobiofizyki byłoby więc poznawanie historii rozwojowej życia od strony realizujących je procesów i mechanizmów oraz wpływu zewnętrznych czynników fizycznych. Ten tok postępowania byłby analogiczny do charakterystycznego dla paleobiochemii, badającej minione formy życia w aspekcie tak zwanego chemizmu (czyli własności procesów i mechanizmów, będących przedmiotem chemii). Analogiczny cel powinien poświęcać również rozwojowi biofizyki.

Biofizyka ujmuje organizmy żywe jako systemy materiałowo skrajnie niejednorodne, zbudowane z wysoce uporządkowanych, kooperatywnych podukładów molekularnych<sup>16</sup>, sub- i supramolekularnych. Z punktu widzenia fizyki, za istotną cechę życia trzeba wziąć utrzymywanie się metastabilnego stanu wzbudzonego materii tworzącej układy żyjące. Procesy życiowe przebiegają więc z udziałem zbiorów cząstek znajdujących się w stanach dalekich od równowagi termodynamicznej. Utrzymywanie się tego stanu jest możliwe dzięki pochłanianiu substancji (i energii) z otoczenia i usuwaniu do niego - o wyższej entropii.

---

<sup>13</sup> Co właśnie jest przedmiotem paleogeofizyki, np. *Palaeogeophysics*. Ed. S.K. Runcorn. London-New York 1970. W dziedzinie tej bardzo zaawansowane są badania paleomagnetyzmu Ziemi.

<sup>14</sup> Zob. np. D.S. Chernavskii: *The origin of life and thinking from the viewpoint of modern physics*. „Physics - Uspekhi” 2000, 43(2), 151-176.

<sup>15</sup> W. Sedlak: *Podstawy kwantowej paleobiofizyki*. „Roczniki Filozoficzne” 1980, 28, z. 3, 119-145.

<sup>16</sup> Nawet woda wewnątrzkomórkowa jest uporządkowana przestrzennie i czasowo. Właśnie jej ustrukturyzowanie umożliwia przebieg, np. oscylujących reakcji biochemicznych, charakteryzowanych zmianami faz rodnikowej i jonowej w czasie i przestrzeni, ale i także procesów elektrodynamicznych (np. biolaserowych). Tego typu supramolekularne ustrukturyzowanie wody ujmuje np. Franco Bistolfi w swojej koncepcji tzw. bioelektronicznego układu kooperatywnej komunikacji wewnątrzkomórkowej i międzykomórkowej, którego poszczególne elementy są zdolne do przetwarzania i przekazu sygnałów endo- i egzogennych [F. Bistolfi: *The bioelectronic connective system (BCS): A therapeutic target for non-ionizing radiation*. „Panminerva Med.” 1990, 32(1), 10-18; *idem: Biostructures and radiation. Order disorder*. „Torino: Edizioni Minerva Medica” 1991), 53].

Pośród bardzo wielu problemów, którymi zajmuje się biofizyka i które powinny być podjęte także w odniesieniu do protożycia i okoliczności jego powstania, wymienimy kilka:

- interkonwersje rozmaitych postaci energii w organizmie oraz oddziaływanie rozmaitych czynników fizycznych na procesy życiowe i na uorganizowanie materiału żywego;
- pojawianie się i utrzymywanie (przy spełnieniu odpowiednich warunków) specyficznego uporządkowania i własności obejmujących rozległe obszary organizmu, jak pasma i ścieżki przewodnictwa elektronowego, kanały transportu protonów, drogi transmisji energii i sygnałów (których nośnikami mogą być między innymi fotony, fonony, elektrony, ekscytony, polarony, solitony, plazmony);
- lokalne uporządkowanie i wynikające z niego właściwości, takie jak istnienie domen ferromagnetycznych i centrów paramagnetycznych, ferro-, piro- i piezoelektryczność, stan elektretowy, ciekłokrystaliczność, nadprzewodnictwo w temperaturach fizjologicznych;
- kwantowe wzbudzenia kolektywne, którym niektórzy autorzy przypisują rolę najważniejszego mechanizmu organizacji procesów życiowych w biosystemach (na przykład kondensacja Bosego biobozonów)<sup>17</sup>.

Trzeba oczywiście przyjąć, że tego typu procesy były rządzone przez te same co obecnie prawa, jakkolwiek warunki, w jakich się dokonywały, różnią się od obecnych. Gdyby bowiem zachodziły zmiany tych praw, to uniemożliwiłoby to wniknięcie za pomocą fizyki w prehistorię życia. Tym samym szukanie „skamieniałości biofizycznych” stałoby się daremnym przedsięwzięciem. Założywszy słuszność zasady „aktualizmu biofizycznego”, zwrócimy uwagę na kilka, interesujących naszym zdaniem, idei lub sugestii zmierzających w kierunku uzyskania odpowiedzi na te kwestie.

<sup>17</sup> Zob. np. J.R. Madureira, L. Lauck, A.R. Vasconcellos, R. Luzzi: *Nonlinear relaxation in nonequilibrium oscillators: Bose-Einstein-like condensation in a dissipative structure*. „Chaos Solitons & Fractals” 2000, 11(8), 1219-1230; M.V. Mesquita, A.R. Vasconcellos, R. Luzzi: *Positive-feed-back-enhanced Fröhlich’s Bose-Einstein-like condensation in biosystems*. „International Journal of Quantum Chemistry” 1998, 66(2), 177-187; D.A. Miller: *Agency as a quantum-theoretic parameter-synthetic and descriptive utility for theoretical biology*. „Nanobiology” 1992, 1, 361-371; M. Urbański: *Kwantowe wzbudzenia kolektywne w układach żywych*. W: *Bioplazma*. Red. W. Sedlak, J. Zon, M. Wnuk. Lublin 1988, 21-39; T.M. Wu: *Quantum mechanical concepts of coherent states in biological systems*. „Bioelectrochemistry and Bioenergetics” 1996, 41(1), 19-26.

Wspomniano, że biofizyka bada specyficzne uporządkowanie cząstek i molekuł, składających się na układ żywy, przejawiające się między innymi w ich kolektywnym zachowaniu się. Otóż fizyk teoretyk, Julian Chela-Flores<sup>18</sup> ujmuje ewolucję chemiczną protobiontów jako zjawisko kolektywne realizujące się przy udziale wzbudzeń koherentnych (na przykład powstawanie kondensatu Bose-Einsteina<sup>19</sup> fononów). W szczególności podejmuje on problem zdolności do przetrwania tego typu biosystemów w środowisku o dużym natężeniu promieniowania ultrafioletowego. W okresie zaczątków życia na Ziemi mogło ono bowiem odgrywać dwie przeciwstawne role: z jednej strony - głównego źródła energii swobodnej, z drugiej - czynnika działającego niszcząco na wiązania chemiczne, a przez to zabójczego dla tych protobiontów. Uzyskanie przez protobiosystemy mechanizmu sprowadzającego tempo uszkodzeń molekuł (w tym także o charakterze mutacji) do poziomu niższego od poziomu tempa generowania nowych cząstek, należy uznać za wielki postęp ewolucyjny. Wspomniany badacz wykazuje, że mechanizmem ochronnym przed niszczącym wpływem UV mogłoby być kwantowe sparowanie cząstek, podobne do tego, jakie zachodzi przy nadprzewodnictwie, oraz sugeruje możliwość udziału cieczy innych niż woda (na przykład cyjanowodoru) w procesach doprowadzających do polimeryzacji protobiontów.

Do uwzględniania podobnych zjawisk sprowadza się propozycja niemieckiego badacza, Fritza Poppa ujmowania ewolucji jako ekspansji stanów koherentnych<sup>20</sup>. Ujęcia, uwzględniające „czystą chemię” biosu, uznaje on za nieadekwatne. Źródłem ewolucji biologicznej zaś doszukuje się w bodźcu, który mógł umożliwić wydobywanie się jakiegoś układu molekularnego z bezładu oddziaływań charakterystycznych dla stanu równowagi cieplnej oraz wykorzystanie go do własnej stabilizacji. Wskazuje, że takim bodźcem mógł być elektromagnetyczny impuls „informacyjny” z otoczenia. Powszechne we współczesnych

---

<sup>18</sup> J. Chela-Flores: *Evolution as a collective phenomenon*. „J. Theoret. Biol.” 1985, 117(1), 107-118.

<sup>19</sup> Np. G. Vitiello, E. Del Giudice, S. Doglia, M. Milani: *Boson condensation in biological systems*. W: *Nonlinear electrodynamics in biological systems*. Eds. W.R. Adey, A.F. Lawrence. Plenum Press, New York 1984, 469-475.

<sup>20</sup> F.-A. Popp: *Evolution as expansion of coherent states*. W: *The interrelationship between mind and matter. Proceedings of a conference hosted by the Center for Frontier Sciences*. Ed. B. Rubik. Philadelphia 1992, 249-281. Zob. również popularnonaukową książkę tego autora pt. *Biologia światła*. Warszawa 1992.

organizmach zjawisko ultrasłabej bioluminescencji<sup>21</sup> Popp traktuje jako wyraz ogólnej zasady ewolucji, to jest zasady informacyjnego sprzężenia harmonii (porządku) i bezładu w nowy stabilny system. Powstanie materii żywej byłoby więc właśnie następstwem uzyskiwania informacji elektromagnetycznej, bezustannie docierającej do tego układu z przestrzeni kosmicznej i ziemskiego otoczenia. W rezultacie tego układ „wraśćby” dynamicznie w otaczające go pole elektromagnetyczne, przy czym w wyniku sprzężenia pola i materii realizowałyby się koherentne stany fizyczne. System taki wchłaniałby impulsy elektromagnetyczne, magazynował je i wykorzystywał do tworzenia trwałych struktur. Ewolucja życia, ujmowana jako ekspansja stanów koherentnych, polegałaby więc na wchłanianiu fal, to jest „porządku” (w postaci periodycznych ciągów fal) i jednoczesnym wydzielaniu cząstek. Za mechanizm, stojący u podstaw ewolucji, Popp przyjmuje kondensację Bosego fotonów, to jest gromadzenie się fal elektromagnetycznych, których charakterystyki kazałyby umieścić je dokładnie w tym samym punkcie przestrzeni fazowej (kondensacja spójna). Obecna atmosfera ziemska przepuszcza promieniowanie elektromagnetyczne<sup>22</sup> w kilku pasmach:

- od  $3 \times 10^{-7}$  do  $2 \times 10^{-6}$  m (tak zwane okno optyczne, którego środek przypada na około  $0,5 \mu\text{m}$ ),
- od  $8 \times 10^{-6}$  do  $1,3^{-5}$  m (okno w podczerwieni, środek - około  $1,05 \mu\text{m}$ ),
- od 0,001 do 20 m (tak zwane okno radiowe, którego środek wypada na około 0,5 m).

Otóż światło słoneczne, padające na bardzo małą powierzchnię Ziemi, wynoszącą około  $4 \times 10^{-10} \text{ m}^2$ , jest całkowicie spójne. Wielkość tej powierzchni w przybliżeniu odpowiada powierzchni przekroju poprzecznego komórki żywej. Protożywe układy o rozmiarach komórki mogłyby więc zostać pod wpływem spójnego promieniowania Słońca zakresu optycznego<sup>23</sup>. Rola promienio-

<sup>21</sup> Np. J. Sławiński: *Generowanie i emisja fotonów w układach biologicznych*. W: *Perspektywy bioelektroniki*. Red. J. Zon, M. Wnuk. Lublin 1984.

<sup>22</sup> Fotony okna optycznego mają dużo wyższą widmową gęstość mocy niż w wypadku promieniowania termicznego dla temperatury 290 K, tj. od 100 do 10 tys. razy w zależności od aktywności Słońca, przy tłumieniu szumów 20-40 dB. Dzięki temu mogły właśnie dokonywać się procesy pompowania biolaserów i odbioru informacji zawartej w promieniowaniu słonecznym.

<sup>23</sup> Analogicznie by mogło być w wypadku okna radiowego, mogącego przenosić informację dotyczącą struktury systemu komórek (czyli całego organizmu wielokomórkowego), z uwagi na



wania tego zakresu widma byłaby więc istotna, skoro energia fotonów optycznych odpowiada w przybliżeniu energii procesów biochemicznych i promieniowanie to „napędza” metabolizm komórek roślinnych, a pośrednio większość biosfery<sup>24</sup>.

Ogólniej mówiąc, za ślad lub relikwioty biofizyczny, mający swe źródło w początkach życia, można uznać ścisły obecnie związek pomiędzy istotami żywymi a ich środowiskiem elektromagnetycznym. Uściślając to sformułowanie, można powiedzieć, że prawidłowe funkcjonowanie biostruktur zależy od stanu charakterystyk tego środowiska, włączając w to także pola ekstremalnie niskich częstotliwości<sup>25</sup>. Zależność ta istniała również w prekambryze<sup>26</sup>. Można by więc poddać dokładniejszej dyskusji tezę, iż biosystemy zawierają ślady oddziaływania elektromagnetycznego promieniowania środowiska prebiotycznego. A nawet, że rozwój biologiczny, jak stwierdza A.R. Liboff<sup>27</sup>, jest przestrzenno-czasową manifestacją kompleksu pola elektromagnetycznego, który jest zakonserwowany genetycznie. Liboff nazywa to „rekapitulacją elektromagnetyczną”.

Trzeba jeszcze w tym kontekście wspomnieć o niektórych postulatach W. Sedlaka odnoszonych przez niego do paleobiofizyki. Uważa on mianowicie, że istotą życia stanowi sprzężenie procesów chemicznych z elektronicznymi w biosystemach, dokonujące się za pomocą fotonów<sup>28</sup>. Sprzężenie to umożli-

---

to, że promieniowanie to ma długości fal w zakresie odpowiadającym rozmiarom organizmów wielokomórkowych (tj. od ok. 1 mm do ok. 20 m) [M. Urbański, J. Hołownia: *Uwagi na temat roli okna radiowego w ewolucji biologicznej*. W: *Wpływ czynników środowiska na organizm jako system elektroniczny*. VII Sympozjum Bioelektroniki. Lublin 1994, 33-34].

<sup>24</sup> Trzeba tu zauważyć, że część energii zawartej w biosferze pochodziła z procesów tzw. chemosyntezy.

<sup>25</sup> Np. regulacja cykli biologicznych wszystkich organizmów przebiega dzięki informacjom czerpanym z mikropulsacji ziemskiego pola elektromagnetycznego, generowanych przez elektrodynamiczną wnękę rezonansową, jaką stanowi układ powierzchnia Ziemi-jonosfera (ich główna częstotliwość wynosi ok. 10 Hz, czyli odpowiada częstotliwości rytmu alfa u człowieka - EEG). Prawdopodobnie zmieniał się stan wszystkich warstw i składników atmosfery, więc i tzw. częstotliwość Schumanna musiała być inna w różnych okresach.

<sup>26</sup> F.E. Cole, E.R. Graf: *Precambrian ELF and abiogenesis*. W: *ELF and VLF electromagnetic field effects*. Ed. M.A. Persinger. Plenum Press, New York-London 1975, 243-274.

<sup>27</sup> A.R. Liboff: *The electromagnetic field as a biological variable*. W: *On the nature of electromagnetic field interaction with biological systems*. Ed. A.H. Frey. Austin 1994, 73-82 *idem*: *Geomagnetic reversals and genome imprinting*. „Electro- and Magnetobiology” 1997, 16(3), 309-320.

<sup>28</sup> M. Wnuk: *Włodzimierza Sedlaka idea sprzężenia chemiczno-elektronicznego w organizmach*. „Roczniki Filozoficzne” 1991-1992, 39-40, z. 3, 103-120.

liwia wytwarzanie i utrzymywanie stanu plazmowego cząstek we wszystkich metabolizujących częściach organizmu żywego, a nawet bioplazmy (jako nowego, znamionnego dla organizmów, stanu materii). Zaistnienie tego sprzężenia<sup>29</sup> byłoby jednoznaczne z powstaniem życia, a rozprężnięcie wspomnianych procesów w konkretnym organizmie - z jego śmiercią. Sedlak uważa, że różnice między układem biotycznym a organicznym polegają na zdolności do bezustannego tworzenia warunków plazmowych w układach. Postuluje on, że bioplazma istniała jeszcze przed powstaniem organicznych struktur morfologicznych<sup>30</sup> i funkcjonowała już w obrębie glinokrzemianowego substratu życia<sup>31</sup>.

### 3. MOŻLIWE EGZOBIOLOGICZNE IMPLIKACJE PALEOBIOFIZYKI

Odkrycie w przestrzeni kosmicznej w konstelacji Strzelca (Sagittarius B2) glicyny, kwasu octowego i innych związków organicznych<sup>32</sup> aktualizuje teorię panspermii i stawia nowe wyzwania do egzobiologii. Prawdopodobnie związki te mogą powstawać nie tylko w fazie gazowej, lecz również w granulach pyłu kosmicznego, zbudowanych głównie z krzemionki<sup>33</sup>. W tym wypadku ewentualny fakt homochiralności aminokwasów tłumaczony jest poprzez destrukcyjny wpływ na D-formy aminokwasów spolaryzowanego kołowo promieniowania ultrafioletowego, pochodzącego z gwiazd neutronowych. L-formy tych związków - jako mało podatne na niszczące oddziaływanie tego promieniowania - miałyby dużo większą szansę przetrwania i mogłyby posłużyć jako bud-

<sup>29</sup> Okazuje się jednak, że Sedlak niejasno określał zależności przyczynowo-skutkowe: czasem plazma fizyczna była podstawową przyczyną, czasem reakcje chemiczne, a niekiedy koincydencja czasowo-przestrzenna stanu plazmowego i dostępności odpowiedniego substratu atomowo-molekularnego. Zob. na temat bioplazmy i plazmy fizycznej organizmów studium przyrodnicze i filozoficzne: J. Zon: *Bioplazma oraz plazma fizyczna w układach żywych. Studium przyrodnicze i filozoficzne*. Lublin 2000.

<sup>30</sup> W. Sedlak: *Ewolucja bioplazmy*. „Roczniki Filozoficzne” 1975, 23, z. 3, 95-116.

<sup>31</sup> Por. W. Sedlak: *Kierunek - początek życia. Narodziny paleobiochemii krzemu*. Lublin 1985; A.G. Cairns-Smith: *Genetic takeover and the mineral origins of life*. Cambridge 1985. Na temat niekomórkowej fazy życia w środowisku glinokrzemianów zob. M.D. Nussinov, V.A. Otroshchenko, S. Santoli: *The emergence of the non-cellular phase of life on the fine-grained clayish particles of the early Earth's regolith*. „Biosystems” 1997, 42(2-3), 111-118.

<sup>32</sup> Np. W.H. Sorrell: *Interstellar grains as amino acid factories and the origin of life*. „Comments on Modern Physics” 1999, 1(1), Section E, 9-23.

<sup>33</sup> *Ibidem*.

lec białek. Mimo tak kuszącej poznawczo perspektywy, trzeba wprost postawić pytanie: czy odkryto tam ślady pozostawione przez organizmy żywe, czy raczej ma się do czynienia tylko z substancjami zsyntetyzowanymi abiotycznie i „oszczędzonymi” przez „kosmiczną selekcję naturalną”, której głównym narzędziem byłoby promieniowanie UV?

Można także zadać pytanie: czy paleobiofizyka nie podsuwa innych jeszcze możliwości poszukiwania życia także poza środowiskami, w których występują związki organiczne. Chodziłoby tu o te środowiska, które charakteryzowałyby się obecnością stanu materii - najpospoliciej w kosmosie występującego - jakim jest plazma fizyczna. Przy takim ujęciu metabolizm związków chemicznych należałoby uznać za wtórny. Służyłby on jedynie do podtrzymania stanu wzbudzenia energetycznego, który stanowi istotne medium i podstawę przemian energetycznych i informacyjnych we wszystkich istotach żywych<sup>34</sup>. Przy tak przeformułowanym problemie, podstawowe pytanie odnosiłoby się nie do pierwotnego substratu życia, ale do jego protofunkcji. Byłyby nią skolektoryzowane bezpośrednie oddziaływania pomiędzy naładowanymi elektrycznie składnikami ośrodka oraz jakieś pośrednie oddziaływania z obecnymi w tym ośrodku cząstkami neutralnymi (zderzenia). Wziąwszy pod uwagę, że stan plazmowy istniał od bardzo wczesnych stadiów ewolucji wszechświata oraz że w tym stanie w dalszym ciągu znajduje się większość jego masy, pojawiłoby się daleko bardziej ogólne i przy tym dość wyzywające pytanie. Dotyczyłoby ono „filogenenezy” kosmicznego stanu, którego jedną z ważnych gałęzi stanowi plazma fizyczna, stanowiąca funkcjonalny i fundamentalny relik<sup>35</sup> pierwotnego „zapłonu plazmowej pochodni życia”.

---

<sup>34</sup> Przy takim podejściu życie można bowiem ujmować jako „specyficzną informację elektromagnetyczną, która organizuje nośnik korpuskularny, znajdujący się w metastabilnym stanie wzbudzonym, dzięki czemu jest on zdolny do zainicjowania akcji laserowej. Rezultatem tego jest przenoszenie informacji na inne nośniki, natury niekoniecznie elektromagnetycznej. Wydaje się, że w kontekście współczesnej wiedzy przyrodniczo-filozoficznej o zjawiskach życiowych takie ujęcie jest daleko bardziej adekwatne od ujęcia na przykład «życia jako formy istnienia ciał białkowych»” [M. Wnuk: *Istota procesów życiowych w świetle koncepcji elektromagnetycznej natury życia. Bioelektromagnetyczny model katalizy enzymatycznej wobec problematyki biosystemogenezy*. Lublin 1996, s. 207].

<sup>35</sup> Por. w tym kontekście następującą uwagę Sedlaka: „Rysuje się tu problem istotny dla egzobiologii; czy życie jest jednorazową udaną próbą wybicia się znowu do niezdegradowanego stanu materii, który utrzymuje się już około 5 miliardów lat, czy też jest ono reliktem wczesnej sytuacji kosmicznej, która na powierzchni Ziemi ocalała niezdegradowaną materię nazwaną w tej chwili bioplazmą” [W. Sedlak: *Podstawy...*, s. 123].

Z punktu widzenia bioelektroniki<sup>36</sup> (która jest częścią biofizyki), należałoby badać zjawiska samoorganizacji dysypatywnych struktur plazmowych<sup>37</sup> w biosystemach<sup>38</sup> i w ich tak zwanym abiotycznym środowisku, włącznie ze środowiskiem pozaziemskim. Cel ten może być również usprawiedliwiony faktem abiotycznego zsyntetyzowania nawet nukleotydów przy wykorzystaniu plazmy wysokotemperaturowej<sup>39</sup>.

Paleobiofizyka postuluje zwrócenie uwagi na niedoceniane dotychczas takie czynniki środowiskowe, jak lokalne pola geomagnetyczne, prądy geoelektryczne, plazmę jonosferyczną i litosferyczną, oscylacje elektromagnetyczne w układzie jonosfera-litosfera itp., których ślady zmienności podczas ewolucji geofizycznej i ewolucji życia należy szukać we współczesnych organizmach. Jak wiadomo reagują one na tego typu zmiany obecnie.

#### UWAGI KOŃCOWE

Podsumowując, należy stwierdzić, że

- podstawowym celem paleobiofizyki będą próby rekonstrukcji najstarszych stadiów ewolucji fizycznych procesów życiowych na podstawie zachowanych reliktyw w obecnej naturze życia, zarówno reliktyw strukturalnych, jak i - przede wszystkim - funkcjonalnych;
- najstarszych stadiów ewolucji życia należy szukać w środowiskach pozaziemskich, w stanie plazmowym materii (zarówno fizycznej plazmy

<sup>36</sup> Na temat bioelektronicznych aspektów abiogenezy patrz np. S.W. Ślaga: *Bioelektroniczny model abiogenezy*. W: *Perspektywy bioelektroniki*. Red. J. Zon, M. Wnuk. RW KUL, Lublin 1984, 13-26; a nt. charakterystyki bioelektroniki: J. Zon: *'Topografia' badań w dziedzinie bioelektroniki*. W: *Bioelektronika*. Red. W. Sedlak, J. Zon, M. Wnuk. RW KUL, Lublin 1990, 11-34.

<sup>37</sup> O procesach samoorganizacji w plazmie fizycznej zob. np. T. Sato: *Complexity in plasma: Scenario of selforganization*. „Journal of the Korean Physical Society” 1997, 31, S109-S111; T. Hayashi, T. Sato: *Self-organizing plasmas*. „Plasma Physics and Controlled Fusion” 1999, 41, A229-A238.

<sup>38</sup> J.R. Zon, M. Wnuk: *The role of physical plasma in selforganization in biosystems*. International Symposium: „Electromagnetic Aspects of Selforganization in Biology”, 9-12 July 2000. Prague 2000, Abstrakt Book, 14-15.

<sup>39</sup> Np. guaniny i cytozyny [S. Miyakawa, K.-I. Murasawa, K. Kobayashi, A.B. Sawaoka: *Abiotic synthesis of guanine with high-temperature plasma*. „Origins of Life and Evolution of the Biosphere” 2000, 30(6), 557-566]. Zresztą od dawna wykorzystywano plazmę fizyczną do symulowania syntezy prebiotycznych [np. C.I. Simionescu, M.I. Totolin, F. Denes: *Abiotic synthesis of some polysaccharide-like and polypeptide-like structures in cold plasma*. „BioSystems” 1976, 8(3), 153-158].

gazowej, jak i plazmy ciał stałych, takich na przykład jak plazma elektronowa glinokrzemianów);

- zadaniami umożliwiającymi spełnienie tych celów będą przede wszystkim badania nad procesami samoorganizacji plazmowych struktur dysypatywnych w biosystemach i systemach uchodzących za nieożywione oraz nad procesami bioelektromagnetycznymi.

## THE SIGNIFICANCE OF PALEOBIOPHYSICS FOR EXOBIOLOGY

### Summary

Exobiology is a branch of science aimed at the searching for life (or its vestiges, at least) in the extraterrestrial space. It is an interdisciplinary area taking advantage of many other branches of science, playing an auxiliary role in relation to it. Paleobiophysics - a hybrid area of paleobiology and biophysics - may be considered one of them. Although its status is not clearly defined as yet, it may be seen as analogous to paleobiochemistry. In the introductory part, the context in which paleobiophysics has been developing is shortly outlined, as well as its basic aims and the implications of its results for exobiology. Further it has been argued that: (a) as the basic aim of paleobiophysics the attempts at reconstructing the earliest phases of the evolution of the processes that underlay life should be strived towards; the basis for them would be delivered by their structural and functional relies occurring in the present life; (b) the oldest traces of the evolution of matter that gave rise to life in the extraterrestrial space, i.e. „biologically significant” molecules and clusters of them that originated in gaseous (where chemical syntheses may take place) or solid-state plasmas (e.g. in aluminosilicates) should be also looked for; (c) the preliminary steps for attaining these aims should be the study of selforganization processes of dissipative structures in the physical plasma of inanimate nature, as well as in biosystems. As electromagnetic fields have been abundant in the Universe and still play essential role in biostystems, they also should be paid more attention in paleobiophysical studies.