

Włodzimierz Klonowski, Maria Teresa Klonowska

CZY ISTNIEJE BIOFIZYKA SUBMOLEKULARNA

Termin „biologia submolekularna” został zaproponowany przez znakomitego amerykańskiego uczonego narodowości węgierskiej Alberta S z e n t-G y ö r g y i. Laureat Nagrody Nobla z 1937 r. (za odkrycie witaminy C) wyraził pogląd, że „żywą przyrodą rządzi kilka fundamentalnych praw”, których należy poszukiwać według niego przede wszystkim w świecie zjawisk submolekularnych, na poziomie zjawisk elektronowych. Idee swoje rozwinął S z e n t-G y ö r g y i w „trylogii”, złożonej z trzech niewielkich książeczek [15-17].

Procesy elektronowe rzeczywiście odgrywają ogromną rolę w żywych organizmach, w przeciwieństwie np. do procesów jądrowych. W końcu cała chemia, a więc i biochemia, to nic innego jak tworzenie i rozpad wiązań walencyjnych, czyli przekazywanie elektronów (i protonów w przypadku tzw. wiązań wodorowych) między atomami i cząsteczkami.

S z e n t-G y ö r g y i sugerował w swoich pracach, że istotną rolę w procesach życiowych odgrywa półprzewodnictwo biopolimerów, przede wszystkim białek [15]. I chociaż wiele ważnych biologicznie substancji jest półprzewodnikami [7, 11], za przenoszenie energii w organizmach żywych nie może być odpowiedzialne jedynie półprzewodnictwo. Dużą rolę odgrywa prawdopodobnie mechanizm „charge transfer”.

Termin „bioplazma” został zaproponowany w 1967 r. przez S e d l a k a [14]. Koncepcja bioplazmy wynikła z koncepcji plazmy fizycznej. Mimo niezbyt ściśle sformułowanej definicji wydaje się, że w ujęciu S e d l a k a termin „bioplazma” ma oznaczać niskotemperaturową plazmę fizyczną w biologicznych półprzewodnikach białkowych (por. [1]).

Czym jest plazma fizyczna? B o w e r s [2] pisze: „Plazma jest to skupienie dodatnio i ujemnie naładowanych poruszających się cząsteczek, posiadających taką energię, że wzajemna rekombinacja jest dla nich niewygodna”. Badania plazmy gazowej, w szczególności wyładowań elektrycznych w gazach, doprowadziły w przeszłości do odkrycia elektronu i zrozumienia budowy atomu, zaś obecnie stanowią klucz do kontrolowanej syntezy termojądrowej. Ale i pojęcie plazmy w ciele stałym coraz częściej pojawia się w fizyce [4, 12]. „Plazma w ciele stałym (jest to) układ dodatnich (dziury) i ujemnych (elektrony) nośników ładunku. Charakterystyczną właściwością jest występowanie wzbudzeń kolektywnych - oscylacji plazmy” [4].

Czy i w biologii, dzięki pracom S e d l a k a i jego uczniów, pojęcie plazmy (właśnie „bioplazmy”) stanie się jednym z zasadniczych pojęć, „wcieleniem” idei S z e n t - G y ö r g y i o fundamentalnych prawach rządzących żywą materią? Niestety w tym miejscu rodzi się cały szereg poważnych wątpliwości.

Jak już wspominaliśmy, białka rzeczywiście wykazują własności półprzewodnikowe [7, 11]. Jednakże szerokość przerwy energetycznej (energia aktywacji przewodnictwa) wynosi dla białek ok. 2,3 eV, podczas gdy różnica energii elektronu w najbardziej wysokoenergetycznych związkach biologicznych, zredukowanych nukleotydach fosfopirydynowych ( $\text{NADPH} + \text{H}^+$ , biorących udział w fotosyntezie) i w stanie o najniższej energii (w atomach tlenu wody), wynosi zaledwie ok. 1,1 eV.

Świadczyłyby to o tym, że elektrony w białkach nie mogą się swobodnie poruszać, nie mogą więc tworzyć plazmy. Nie należy oczywiście zapominać, że tak wysoka energia aktywacji dotyczy białek bezwodnych. In vivo białka występują zawsze w stanie uwodnionym, a jak zostało wykazane wraz ze wzrostem stopnia uwodnienia przewodnictwo białka rośnie wykładniczo, np. hemoglobina zawierająca 8% wody ma przewodnictwo  $10^{10}$  razy większe niż hemoglobina sucha! Nie jest to jednakże przewodnictwo jonowe, lecz właśnie elektronowe, a przy dużym stopniu uwodnienia najprawdopodobniej również protonowe [7, 15]. W żywym organizmie na przewodnictwo białka może mieć wpływ również obecność innych substancji chemicznych (donorów i akceptorów), tworzących kompleksy z białkami oraz zorganizowanie białka w uporządkowane struktury przestrzenne. Tak więc, chociaż półprzewodnictwo białek w warunkach doświadczalnych jest niewielkie, w organizmach być może jest ono znacznie większe.

W literaturze pojawiły się również doniesienia (niedostatecznie jednak potwierdzone przez innych badaczy, aby mogły zostać uznane za fakt naukowy) o kolektywnych drganiach w układach żywych, przypominających kolektywne drgania w plazmie (por. prace F r ö l i c h a [5] i ich krytyka przez L i f s h i t s a [10]). Należy tu jednakże podkreślić, że procesy kolektywne nie są charakterystyczne jedynie dla plazmy. Tak np. oscylacje w układach otwartych dalekich od stanu równowagi termodynamicznej (tzw. struktury, dysypatywne [6]), obserwowane np. w procesie glikolizy, również są procesami typu kolektywnego.

Należy również przestrzec przed zbyt uproszczonym rozumieniem terminu „biofizyka submolekularna”. Życie, a więc i biologia, zaczyna się (czy chcemy, czy nie chcemy) dopiero na poziomie makrocząsteczek biopolimerów – bez biopolimerów nie ma życia. Dlatego również koncepcja bioplazmy, jest bardzo dyskusyjna. Elektrony są bowiem wszystkie jednakowe. Może nasunąć się pytanie dlaczego tranzystor nie jest żywy. Widocznie różnica między „bioplazmą” w białkach a „zwykłą plazmą” w półprzewodnikach polega właśnie na tym (i tylko na tym!), że ta pierwsza występuje w białkach, a ta druga w półprzewodnikach. Różnice we „własnościach elektronowych” są to bowiem w istocie różnice we własnościach atomów i cząsteczek, do których elektrony te przynależą.

Tak więc chociaż zachowaniem elektronów rządzą te same prawa mechaniki kwantowej, niezależnie od tego, czy elektrony te znajdują się w cząsteczce białka, cząsteczce wody czy np. w tranzystorze, gdy rozpatrujemy procesy życiowe związane z przekazywaniem elektronów nie możemy nigdy zapominać o specyficznych, makromolekularnych podstawach życia.

Elektrony są odpowiedzialne za oddziaływania międzycząsteczkowe, a w polimerach również za oddziaływania wewnątrzcząsteczkowe. Konformacja (kształt przestrzenny) makrocząsteczki, a zatem również jej funkcje biologiczne, są ściśle związane ze stanem elektronowym. Z pobudzeniem elektronowym polimeru wiąże się zmiana konformacji [18]. Sprzężenia elektronowo-konformacyjne odgrywają w procesach życiowych niewątpliwie bardzo istotną rolę. W uporządkowanych układach makrocząsteczek możliwe są kolektywne zmiany konformacji – fale konformacyjne.

S z e n t-G y ö r g y i zaproponował termin „biologia submolekularna” dla procesów związanych z oddziaływaniami donorowo-akceptorowymi, gdyż przy opisie przekazywania elektronu intere-

sują nas w zasadzie stany energetyczne cząsteczek zaangażowanych w tym akcie, nie zaś szczegóły budowy chemicznej. Nie należy jednakże zapominać o uczynionych powyżej zastrzeżeniach. Dopiero łączne rozpatrzenie półprzewodnictwa, oddziaływań donorowo-akceptorowych i sprzężeń elektronowo-konformacyjnych umożliwi właściwy opis i dokładne zrozumienie oddziaływań międzycząsteczkowych i ich roli w procesach biologicznych. Jak na razie nasze wiadomości w tej dziedzinie są wciąż bardzo ograniczone [9].

We „Wstępie do biologii submolekularnej” S z e n t-G y ö r g y i stwierdził: „Można odróżnić dobrą teorię od złej, jako że ta pierwsza pobudza do nowych idei i eksperymentów, podczas gdy ta druga głównie rodzi nowe teorie, których celem jest usprawiedliwienie ich twórców”. Czy teoria bioplazmy jest „dobrą” teorią w powyższym sensie? Na pytanie to trudno dać jest jednoznaczną odpowiedź.

Radziecki uczony I n j u s z i n z Ałma-Aty [8] stwierdził, że koncepcja bioplazmy S e d l a k a stanowiła dla niego inspirację do badań nad elektromagnetycznymi własnościami żywych organizmów. I chociaż do wyjaśnienia promieniowania mitogenetycznego, akupunktury czy też oddziaływania pól elektromagnetycznych na organizmy koncepcja bioplazmy nie jest ani koniecznym, ani tym bardziej jedynym wytłumaczeniem, a „bioelektronika” jedynie nową nazwą dla znanych zjawisk [3], rola teorii S e d l a k a jest w tym przypadku niewątpliwie pozytywna. Czy jednak celowe jest wprowadzanie pojęcia „bioplazmy”, która wciąż stanowi właściwie hipotezę, gdyż jej fizyczne istnienie wydaje się problematyczne?

Niektórzy autorzy sięgają, a jakże, do wzorów matematycznych z fizycznej teorii plazmy, opierając na nich nawet „teorię śmierci” żywego organizmu. Jednakże gdy przyszło do wzorów tych podstawić konkretne wartości fizycznych charakterystyk układu, takich jak masa efektywna elektronu, gęstość ładunku czy stała dielektryczna, usłyszeliśmy niczym nieuzasadnione stwierdzenia w rodzaju „założmy, że błony biologiczne są ferroelektryczne, wówczas  $\epsilon = 10^4$ ” itd. Gdyby bowiem położyć  $\epsilon = 10^2$  (a więc więcej niż wynosi dla wody, która ma jak wiadomo największą stałą dielektryczną z substancji nieferroelektrycznych) wyniki byłyby przeciwne - okazałoby się, że w ogóle nie mamy do czynienia z plazmą! Ferroelektrykami są pewne specyficzne kryształy nieorganiczne (np. tytanian baru), ferroelektryczności substancji biologicznych raczej nie należy się spodziewać.

Nawet niesłuszna teoria może mieć pozytywne znaczenie dla rozwoju nauki, ale tylko do pewnego momentu. Na przykład teoria „eteru kosmicznego” przyczyniła się do rozwoju optyki falowej (np. prace A.J. Fresnela), dopóki doświadczenie Michelsona-Morley'a nie wykazało bezzasadności założenia o istnieniu eteru, co stało się punktem wyjścia dla utworzenia przez Einsteina teorii względności.

W czasach daleko posuniętej specjalizacji prace interdyscyplinarne są szczególnie cenne. Ponieważ jednak niespecjaliści nie są w stanie ocenić znaczenia przedstawionych wyników doświadczalnych i teoretycznych, przy popularyzacji należy tym większy nacisk położyć na kryterium naukowości.

Artykuł wpłynął do Redakcji 28 XII 1984

#### LITERATURA

- [1] Bioplazma, wyd. KUL, Lublin 1976.
- [2] B o w e r s R., Scientific American, Nov. 1963, (tłum. ros., [w:] Fizyka twiordogo tieża, Nad cziem dumajut fiziki, wyp. 8, Nauka, Moskwa 1972).
- [3] B u l a n d a W., P a s z e w s k i A., Kosmos A, 24, 5, 510-513 (1977).
- [4] Encyklopedia fizyki, t. II, PWN, Warszawa 1973, s. 717.
- [5] F r ö l l i c h H., Int. J. Quantum Chem., 2, 641 (1968); PNAS, 72, 4211 (1975); Phys. Lett., 51A, 21 (1975); Biofizika, 22, 743 (1977).
- [6] G l a n s d o r f f P., P r i g o g i n e J., Thermodynamic Theory of Structure, Stability and Fluctuations, Interscience, New York 1971.
- [7] G u t m a n n F., L y o r s L.H., Organic Semiconductors, J. Wiley, New York 1967.
- [8] I n j u s z i n W.M., C z i c k u r o w P.R., Biostimulacja łuczom łaziera i bioplazma, Izd. „Kazachstan”, Ałma-Ata 1975.
- [9] K l o n o w s k i W., K l o n o w s k a M.T., Tajemnice biofizyki, KAW, Warszawa 1980.
- [10] L i f s h i t s M.A., Biofizika, 17, 694 (1972); 22, 744 (1977).
- [11] P i g o ń K., C u m i ń s k i K., V e t u l a n i J., Półprzewodniki organiczne, WNT, Warszawa 1964.
- [12] P l a t z m a n P.M., W o l f f P.A., Waves and Interactions in Solid state Plasmas, Academic Press, New York 1973.
- [13] R o s e n b e r g B., Nature, 193, 364 (1962).
- [14] S e d l a k W., Roczniki Filozoficzne KUL, 15, 31-58 (1967).
- [15] S z e n t - G y ö r g y i A., Bioenergetics, New York 1956.
- [16] S z e n t - G y ö r g y i A., Bioenergetics, New York 1968.

- [17] S z e n t-G y ö r g y i A., Introduction to a Submolecular Biology, New York 1960 (przekł. polski: Wstęp do biologii submolekularnej, PWN, Warszawa 1968).
- [18] W o l k e n s z t a j n M.W., Molekularnaja biofizika, Nauka, Moskwa 1975.

Włodzimierz Klonowski, Maria Teresa Klonowska

SUBMOLECULAR BIOPHYSICS - DOES IT REALLY EXIST

S u m m a r y

The article poses the question of the scientific value of the Sedlak's conception of "bioplasma".

Dr. WŁODZIMIERZ KLONOWSKI  
Dr. MARIA TERESA KLONOWSKA  
Max-Planck-Institut für biophysikalische Chemie  
Karl-Friedrich-Bonhoeffer-Institut  
Am Fassberg, Postfach 2841  
3400 Göttingen-Nikolausberg  
BRD