

WŁODZIMIERZ SEDLAK

## PIEZOELEKTRYCZNOŚĆ ZWIĄZKÓW ORGANICZNYCH I KWANTOWOAKUSTYCZNE PODSTAWY INFORMACJI BIOLOGICZNEJ

Przedmiotem opracowania jest wybrany element informacyjny wynikający z eksperymentalnych faktów, mianowicie, półprzewodnictwa i piezoelektryczności związków biologicznie istotnych.

Problem sprowadza się do informacji w obrębie molekularnego układu półprzewodników i piezoelektryków, abstrahując od struktur biologicznych i wytworzonych ewolucyjnie usprawnień, a więc na poziomie kwantowym dalekim od obrazu zarysowanego fizjologią układu.

Informatyka musi się ostatecznie sprowadzić do biofizyki kwantowej. Na tym poziomie sprawy nie tylko się ujednociają, ale również wyjaśniają. Wielopoziomowość bowiem organizacyjna bywa często sprawą myłą w interpretacjach biologicznych.

### 1. ORGANIZM JAKO PIEZOELEKTRYCZNY ZESPÓŁ

Piezoelektryczność związków organicznych od niedawna interesuje eksperymentatorów. Przez piezoelektryczność rozumie się zdolność do polaryzacji pod działaniem sił mechanicznych nacisku, rozciągania lub skręcania, przy tym znak polaryzacji jest zsynchronizowany ze zmiennymi kierunkami. Odwrotnie znowu zmienne pole elektryczne przyłożone do piezoelektryka powoduje odchylenie od jego parametrów liniowych i objętościowych. Ulega on wówczas strykcji emitując falę akustyczną, staje się kwantowym generatorem fononów. Odkrycie piezowłasności w związkach organicznych biologicznie podstawowych inaczej układu i pełniej rysuje energetykę żywego ustroju, zwłaszcza w odniesieniu do energii mechanicznej.

Piezowłasności stwierdzono u aminokwasów (41), białek (9, 10) zasad purynowych i pirymidynowych, DNA i RNA (2), galaktozy i celulozy, chityny (3). Układy tkankowe zarówno roślinne, jak i zwierzęce są piezoelektryczne (2). Wykonano dużo badań nad tkanką zaangażowaną w

ruchu, głównie kostną (13, 23, 25, 22), mięśniową (9). Wyniki są tak powtarzalne, że przyjmuje się piezoelektryczność jako ogólną cechę wszystkich tkanek (36). Elektryczne własności masy organicznej preferowała ewolucja, nie bez znaczenia dla funkcjonalnych następstw. Układają się one po linii rozwijania procesów warunkowanych półprzewodnictwem i piezoelektrycznością — ogólnie kompleksem elektryczno-mechanicznym i fotonowo-fononowym. Innymi słowy: żywy ustrój jest wyjątkowo zainteresowany procesami elektromagnetycznymi i zmiennymi siłami mechanicznymi łącząc je z przestrojeniem elektrycznym (polaryzacja) i zjawiskami kwantowoakustycznymi.

Procesy elektronowego uruchomienia dokonują się w biologicznym półprzewodniku w dwojaki sposób: a) w odniesieniu do zdelokalizowanych elektronów związków aromatycznych i heterocyklicznych lub molekularnego transferu międzymolekularnego i efektów tunelowych, czyli bezstratnych przejść przez barierę potencjału. To jedna strona uruchomienia elektronów, wynikająca z molekularnych własności półprzewodnika; b) półprzewodnik białkowy metabolizuje, a więc w odwracalnych reakcjach chemicznych uruchamia strumień elektronów. W tych samych dwóch okolicznościach następuje emisja fotonów. Na złączach p-n subkomórkowych struktur o różnej gęstości elektronowej, być może w efekcie laserowym (29) lub elektroluminescencyjnym, albo w następstwie reakcji chemicznych zwłaszcza utleniania (chemiluminescencja).

Procesy życiowe oparte na elektronice organicznych półprzewodników są więc zróżnicowane i sprowadzają się do uruchomienia ładunków i kwantowej emisji fotonów i fononów.

Piezoelektryczne własności dostarczają więc nowych możliwości funkcjonalnych. O ile półprzewodnik można ogólnie traktować jako przetwornik energii elektrycznej na elektromagnetyczną, przy czym wszelka energia dostarczana układowi z zewnątrz zmienia jego elektryczną charakterystykę, o tyle piezoelektryk jest szczególnie predysponowany do transformacji energii mechanicznej na elektryczną i odwrotnie (7, 8).

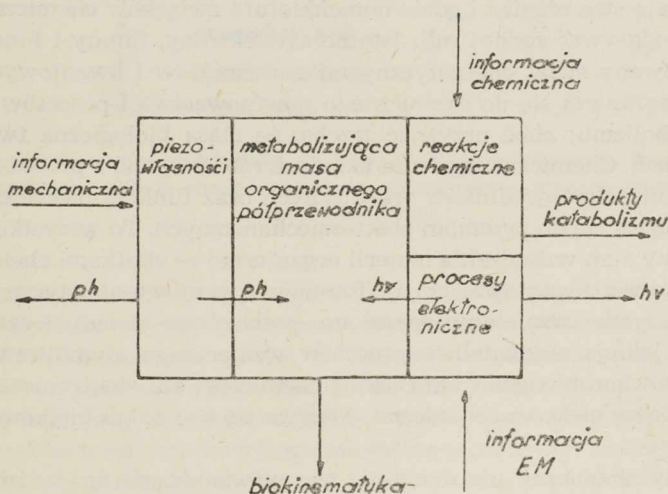
Piezoelektryk nie musi być półprzewodnikiem, w sytuacji biologicznej często łączą się obie cechy, jak u białek i kwasów nukleinowych. Zmienne pola elektryczne, o które tak łatwo w półprzewodnikach zasilanych w dodatku strumieniem elektronów metabolicznego pochodzenia, powodują strykcję, czyli zmianę przestrzennych wymiarów piezoelektryka z jednoczesną generacją kwantowej fali akustycznej w częstotliwości narzucanej rytmiką pola. Odwrotnie znów mechaniczne działanie nacisku, dekompresji czy skrętu powoduje zmienną polaryzację.

Układ półprzewodnikowego piezoelektryka białkowego streszcza swą funkcję do strumienia strukturalnych i metabolicznych elektronów oraz do fali elektromagnetycznej i akustycznej. Uproszczone wewnętrzne śró-

dowisko energetyczne to uruchomiona elektronowa fala materii i fala elektromagnetyczna oraz fononowa. Tak zasadniczo przedstawiałyby się przemiana energii żywego ustroju (16, 21).

W każdym razie biologiczny piezoelektryk jest półprzewodnikiem mechanoelektrycznym. Dwukierunkowość tego procesu czyni transformację energii mechanicznej w elektryczną, i odwrotnie — obok metabolizmu — kluczowym problemem energetycznego żywego ustroju. Włączając w to jeszcze zmienne pole elektryczne autogennej fali elektromagnetycznej i zewnętrznego środowiska całość urasta do energetycznego węzła życia.

Niesłusznie widziano energetyczny napęd żywego ustroju wyłącznie w reakcjach chemicznych, te bowiem dokonywać się mogą w żywym ustroju tylko w łączności z przemianą elektromagnetyczną i mechanoelektryczną. Inaczej mówiąc — energia mechaniczna, elektromagnetyczna, chemiczna i akustyczna tworzą podstawę ogólnej przemiany energii w żywym układzie. Piezoelektryczna i półprzewodząca masa biologiczna podlegająca procesom metabolicznym stanowi nieodłączny kompleks.



Rys. 1. Ożywiony układ przyjmuje informację chemiczną, mechaniczną i elektromagnetyczną. Przemiana informacji wyraża się ostatecznie produktami katabolizmu, fotonami ( $h\nu$ ), fononami ( $ph$ ) i efektami biokinetycznymi.

Organizm w rozumieniu biochemicznym to system odwracalnych reakcji, z chemiczną odbudową struktur molekularnych stanowiących organiczną „próbówkę”, w której dokonuje się synteza i katabolizm. „Organiczna próbówka” bierze jednak udział w przemianie energii na swój własny elektroniczny sposób. W dodatku jest to piezoelektryczna drgająca siatka

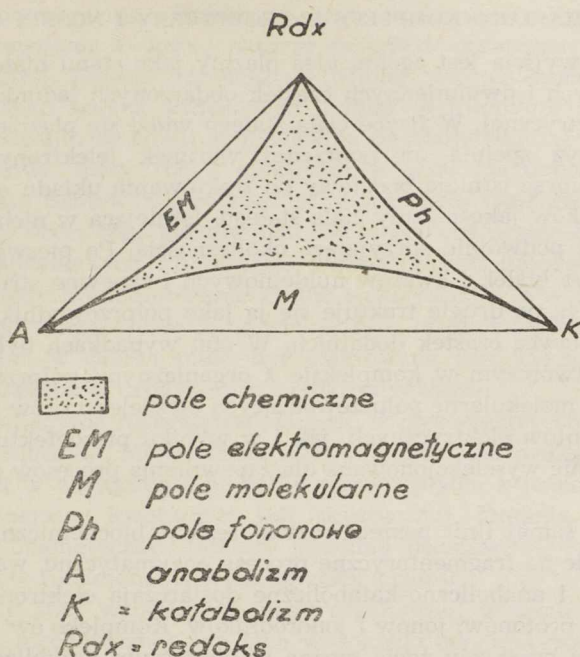
ka molekularna, przez którą przebiega paroksyzm strykcyjnych drgań i generowana fala akustyczna. W tej rozedrganej sieci molekularnej piezoelektryka i wśród ruchliwych strukturalnych elektronów białkowego półprzewodnika, dokonują się odwracalne reakcje chemiczne ze swą nieustanną rytmiką anaboliczno-kataboliczną wymierzaną prawdopodobnie przez falę elektromagnetyczną i kwantowoakustyczną.

Schemat biochemiczny wydaje się uproszczony i niekompletny, był dobry jako pierwsze przybliżenie procesów życiowych, nie jest natomiast do przyjęcia dziś w zespole nowych faktów. Organizm traktujemy jako masę złożoną z półprzewodników i piezoelektryków wytwarzanych metabolicznie. Akcja dokonuje się na poziomie molekularnym i submolekularnym. Ważny jest tutaj przekaz elektronowy w reakcjach chemicznych oraz procesy elektroniczne, a więc uruchomienia ładunków na zasadach zdelokalizowania w powłokach elektronowych drobin, międzymolekularnego transferu elektronowego, elektronów w związkach sprzężonych, piezoelektro-nów polaryzacji, generowanych kwantowo fotonów i fali akustycznej drgającego piezoelektryka. To swoisty świat energetyczny, gdzie masa i energia zatracają swe różnice i gdzie nomenklatura związków chemicznych nie zdaje się odgrywać żadnej roli. Istotne są elektrony, fotony i fonony.

Zarysowany świat energetyczny mikrorozmiarów i kwantowych realizacji nie ogranicza się do chemicznego powinowactwa i procesów syntezy oraz katabolizmu; choć przyznać trzeba, że masa biologiczna tworzy się w ten sposób. Chemiczne zasilanie układu trzeba zespolić z procesami elektronicznymi półprzewodników organicznych oraz funkcją piezoelektryków sprowadzającą się do przemian elektromechanicznych. To wszystko wyraża jakiś ogólny stan wzbudzenia materii organicznej ze skutkami chemicznego powinowactwa, kwantowej emisji fotonów, kwantowo-akustycznych procesów. Wszystko wzajemnie sprzężone, pozbawione nieładu i zazębiające się, przy jakiejś autokatalizie procesów wzajemnego stymulowania. Nie może tu bowiem nic ustać, ani reakcje chemiczne, ani elektroniczne, trwać muszą procesy elektromechaniczne. Nazywa się to życiem białkowego substratu.

Procesy chemiczne nie dokonują się autonomicznie ani w izolowanej sytuacji, jakby to wynikać mogło z naszych dotychczasowych mniemań. Zadaniem ich jest z jednej strony uruchomienie strumienia elektronów metabolicznego pochodzenia, z drugiej żywy ustrój tworzy w ten sposób białkowe półprzewodniki oraz organiczne piezoelektryki.

Półprzewodniki gwarantują ruchliwość elektronów struktur molekularnych, piezoelektryki zapewniają elektrony polaryzacyjne. Ponadto półprzewodniki dostarczają energii w postaci kwantów elektromagnetycznych, a piezoelektryki energii akustycznej (fonony). Procesy metaboliczne ułożyły się więc w toku ewolucji niejako w łożysku zapewniającym oprawę



Rys. 2. Reakcje chemiczne dokonują się w oprawie piezoelektrycznych półprzewodników. Energetyka układu sprowadza się do oddziaływania między elektronami, fotonami i fononami.

ruchliwych elektronów oraz energię elektromagnetyczną i akustyczną. Metabolizm podlega więc ustawicznemu „wymieszaniu” elektromagnetycznemu i mechanicznemu. Zdaje się, że jesteśmy u podstaw samej ewolucji uruchomienia procesów życiowych. Biochemik brał derywat sytuacji rzeczywiście istniejącej w żywym układzie i słusznie interpretowany, ale niepełny. Ze stanowiska ewolucyjnego mówienia o procesach biochemicznych, jako wyłącznej podstawie życia, jest równoznaczne z wykluczeniem możliwości rozwoju. Układ enzymatyczny pracujący na założeniach elektronicznych, jak to się dla katalizy przyjmuje (4) oraz piezoelektrycznych według Greena oraz Ji (14) w proponowanym tu zestawie energetycznym wydaje się ewolucyjnie uzasadniony i dostatecznie odczytany.

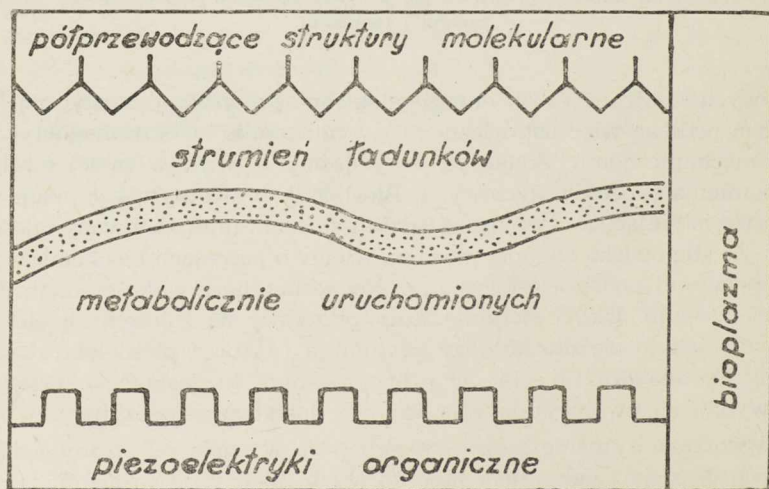
Odtworzoną sytuację można rozpatrywać w ogóle od strony uruchomionych cząstek z ładunkiem albo sprzężeń między elektronami, fotonami i fononami. W obu wypadkach bardziej zrozumiałe stać się mogą złożone procesy energetyczne żywego układu. W pierwszym wypadku przydatne może się okazać pojęcie bioplazmy.

## 2. BIOPLAZMA JAKO KOMPLEKS ENERGETYCZNY I NOŚNIK INFORMACJI

Punktem wyjścia jest ogólna idea plazmy jako stanu materii złożonego z obojętnych i dwumiennych cząstek obdarzonych ładunkiem w równowadze elektrycznej. W fizyce ciała stałego widzi się plazmę w półprzewodniku, gdyż spełnia on poprzedni warunek (elektrony i dziury). Najogólniej biorąc istnieją podstawy do traktowania układu organicznych półprzewodników jako plazmy ciała stałego. Istniejąca w nich równocześnie woda jest podwójnie sprzyjającą okolicznością. Po pierwsze zwiększa przewodnictwo białek i kwasów nukleinowych i zapewne struktur lipidowo-białkowych, po drugie traktuje się ją jako półprzewodnik protonowy, jest więc dostawcą cząstek dodatnich. W obu wypadkach byłaby czynnikiem plazmotwórczym w kompleksie z organicznymi półprzewodnikami.

Struktury molekularne półprzewodzących piezoelektryków z racji ruchliwych elementów elektrycznych, jak i w wyniku piezoeffektu wydają się być ewolucyjnie wyselekcjonowane dla zapewnienia procesów plazmotwórczych (34).

Po takiej samej linii poszedł rozwój reakcji biochemicznych. Katalityczne rozbitcie na fragmentaryczne procesy enzymatyczne, wahania oksydo-redukcyjne i anaboliczno-kataboliczne dostarczają elektronów metabolicznych oraz protonów, jonów i jonorodników. Kompleks ów rozpatrywany niejako na przekroju życia można w pierwszym przybliżeniu uważać za plazmę biologiczną. Przyjęto dla niej termin bioplazma.



Rys. 3. Strumień biochemicznie uruchomionych cząstek z ładunkiem jest zasilany elektronami struktur molekularnych i piezoelektronami. Plazmotwórcze procesy dokonują się w układzie biologicznym chemicznie, elektronicznie i mechanicznie.

Strona korpuskularna bioplazmy jest wcale urozmaicona, a nade wszystko zapewniona w samej naturze związków organicznych i biochemicznych reakcji. Plazma odznacza się jednak również procesami radiacyjnymi. W skali widma widzialnego byłyby to fotony rekombinacyjne (przy przechodzeniu ze stanu zjonizowania do obojętnego), promieniowanie cyklotronowe (przy ruchu elektronu w polu magnetycznym) oraz promieniowanie hamowania podczas przyspieszania, bądź zwalniania ruchu elektronu. Prócz tego plazma jako całość podlega drganiom na skutek nieciągłości wywołanych czynnikami wewnętrznymi lub zewnętrznymi. Występuje wtedy promieniowanie zwane elektrycznym, a w szczególnych okolicznościach magnetycznych powstają fale magneto hydrodynamiczne. Plazma bowiem w całości może być traktowana jako ciecz elektryczna podlegająca prawom hydrodynamiki i elektrodynamiki.

Procesy radiacyjne rozprzestrzeniają się w piezoelektrycznym półprzewodniku organicznym. Molekularna siatka strukturalna podlega ustawicznemu drganiu w następstwie procesów strykcyjnych, a jednocześnie stanowi ona generator kwantowej fali akustycznej. Drgania akustyczne, elektryczne i magnetyczne stanowią podstawowy czynnik integrujący układ w funkcjonalną ściśle sprzężoną całość.

Ten ogólny stan wzbudzenia masy organicznej w akcji chemicznej, elektrycznej i mechanicznej, ten stan wysokiego uenergetyzowania nazywamy bioplazmą. Nazwa oddaje sytuację nagromadzenia energii z ustawiczną jej transformacją, pulsującą pomiędzy jakimś maksimum i minimum energetycznym, określanym jako przeciwstawne zjawiska generowania i degradacji plazmy. W biochemicznym języku odpowiadałoby to stanom anabolizmu i katabolizmu.

Bioplazma wykazuje duże podobieństwo, choć jedynie analogiczne do plazmy ciała stałego, różni się od niej specyficznością zasilania metabolicznego. Po prostu bioplazma żyje, albo przynajmniej wyraża stan życia w białkowej masie półprzewodnika. Życie to zdolność — najprawdopodobniej — utrzymywania stanu bioplazmowego, czyli ustawicznego niepokoju ogólnego wzbudzenia. Na tym podstawowym tle rozgrywają się dopiero pojedyncze akty biologiczne, jak synteza i katabolizm, enzymatyczne stany pośredniej katalizy, zjawiska wymuszonego promieniowania (biolaserowe), kwantowoakustyczne, tworzenie wolnych rodników, formowanie białek z odpowiednią sekwencją aminokwasów, wymiana elementów strukturalnych poprzez podstawianie „świeżymi” atomami, ogólne sterowanie procesami w całość koordynacyjną układu.

W przybliżeniu można mówić o „przelewającej” się plazmie w molekularnych strukturach półprzewodzących białek. Plazma jest posłuszna prawom elektrodynamiki i hydrodynamiki, posiada swoje mikro- i makroprocesy, jest stanem kwantowym cząstek obdarzonych ładunkiem

i obojętnych, jednocześnie reaguje jako całość w sposób charakterystyczny dla cieczy elektrycznej. plazma „żyjąc” manifestuje swój stan elektrycznie, magnetycznie, termicznie, chemicznie i grawitacyjnie. W tych wszystkich punktach jest reaktywna. Jest stanem materii wyczulonym na wymienione rodzaje informacji modyfikując odpowiednio swój elektryczny profil. Daje znać o swej reakcji zawsze w ten sam sposób — elektromagnetycznie. Tym się jeszcze dodatkowo charakteryzuje, że procesy akustyczne bioplazmy dokonują się między molekularnymi strukturami wchodząc w interakcję z nimi typu drgań sieci. Oba rodzaje energii: elektromagnetyczna i akustyczna winny powodować falę stanów wzbudzonych poprzedzającą reakcje chemiczne.

### 3. SYTUACJA W UKŁADZIE PIEZOELEKTRYK — PÓŁPRZEWODNIK

Składowe żywego ustroju należą jednocześnie do półprzewodników i piezoelektryków. Rozpatrywanie pierwszej charakterystyki dało bioelektronikę z jej daleko idącymi wnioskami w odniesieniu do natury życia. Piezoelektryczne własności prowadzą do zjawisk kwantowoakustycznych w żywym układzie. Jak ten problem będzie się łącznie rozwiązywał w zespole określanym jako żywy? Wstępnie można przypuszczać, że nie został on pominięty przez naturę i stanowi jeden z elementów konstrukcyjnych bioenergetyki.

Korelacji funkcjonalnych między półprzewodnictwem i piezoelektrycznością nie podejmowano dotąd w biologii. Natomiast w fizyce te zagadnienia mają swoje opracowania. Na razie można podjąć próbę przenoszenia na układy biologiczne rezultatów otrzymywanych w akustoelektronice, której poświęcono międzynarodowe sympozjum w Sendai (Japonia) 1968 r. (1,27).

Akustoelektronika bada złożone zależności w ośrodku półprzewodzącym i piezoelektrycznym, wprawdzie nieorganicznym, ale w pewnym sensie wzorcowym dla naszych potrzeb. Początkowo sądzono, że półprzewodnictwo jest związane z krystaliczną naturą ciała i podporządkowane pasmowej teorii półprzewodnictwa, dopokąd nie wykazano, że półprzewodniki bywają też amorficzne, a pasmowa teoria nie daje się tu zastosować bez reszty. Zjawiska kwantowoakustyczne łączono w pierwszej fazie badań również z krystalicznością i drganiami siatki przestrzennej, by w dalszych eksperymentach wykazać, że układy amorficzne — nawet organiczne — są również generatorami fal akustycznych (38). Można więc poprzez analogię wyniki odnieść do żywych układów, które są piezoelektrycznymi półprzewodnikami amorficznymi. W akustoelektronice rozważa się kilka sytuacji określanych jako sprzężenie. Własności elastyczne półprzewodnika, zwłaszcza piezoelektrycznego, są sprzężone z elektromagnetycznymi. Innymi słowy drgania siatki wywołują procesy elektromagne-



tyczne, te zaś na mocy sprzężenia foton-elektron oddziałują na siatkę. Faktycznie w piezoelektrykach nie może istnieć sytuacja mechaniczna bez skutków elektromagnetycznych. Bioelektronika łączy się więc z akustoelektroniką organiczną. Wynika to z analogicznych sytuacji znanych w fizyce (39).

Na tej samej zasadzie wydaje się kilka sytuacji możliwych i godnych bliższego przebadania w układzie biologicznym: a) Powstania prądu akustoelektrycznego o kierunku odwrotnym do prądu dryfowego w białkowym półprzewodniku. W pewnych okolicznościach powstanie prądu akustoelektrycznego jest również możliwe w półprzewodnikach, które nie są piezoelektryczne (19); b) Należy się liczyć z możliwością maserowego wzmocnienia sygnału, nawet dwustopniowego przez fonon i foton (40); c) Zwiększenie sprawności układu może być osiągalne przy bardzo cienkich warstwach piezoelektryka kilkakrotnie powtarzających się lub też oddzielonych cienką warstwą nieaktywną. Techniczne urządzenia tego typu są znane (40). Nie jest wykluczone, że błony białkowo-lipidowe mogą pracować na takiej zasadzie. Byłyby więc akustycznym odpowiednikiem tranzystora; d) Nie powinna być wykluczona możliwość wzmacniania magnetostrykcyjnego, zwłaszcza po odkryciu paramagnetycznych rodników w ustroju oraz związków kompleksowych z ferromagnetycznym żelazem.

Akustyka kwantowa wydaje się otwierać nowy świat życia nie uwzględniany dotychczas w biologii. W połączeniu z bioelektroniką poczyna się zarysowywać właściwa termodynamika układu dotąd ograniczonego do energii wiązań chemicznych. Pełny wykaz energii układu jest sumą energii chemicznej, elastycznej, elektrycznej, magnetycznej i termicznej.

Pewne wnioski wydają się słuszne w odniesieniu do ożywionego piezoelektryka półprzewodzącego. Amorficzny zespół białkowo-lipidowo-polisacharydowy otrzymuje własną siatkę dyfrakcyjną nakładających się fal elektromagnetycznych i akustycznych. Przypadek ten rozpatruje się w fizyce i określa tam jako akustyczną siatkę dyfrakcyjną. Ciągłość układu zostaje energetycznie zróżnicowana inną sytuacją w węzłach i strzałkach interferujących fal, przy jednoczesnym ich odbiciu. Po tym przestrzennym zróżnicowaniu energetycznym w ślad musi pójść inny przebieg procesów biochemicznych w węzłach. Wszystko bowiem w żywym ustroju zmierza ostatecznie do metabolizmu, który dokonuje się nie w próżni, lecz właśnie w oprawie wymienionej siatki energetycznej.

Siatka dyfrakcyjna jest nie tylko energetycznym zróżnicowaniem układu, lecz powoduje też anizotropię drobin. Stwierdzono to przynajmniej dla cieczy. W polu akustycznym zachodzi orientacja cząsteczek w kierunku zgodnym z rozchodzeniem się fali (w miejscach rozrzedzenia),

natomiast w obszarach kompresji układają się one prostopadle do rozchodzenia się fali (18). Mielibyśmy już na tym poziomie pierwsze zróżnicowanie typu interferencyjnego z reperkusjami metabolicznymi.

Podstawowy kierunek ewolucji — zróżnicowanie — znalazłby swe energetyczne i wyjściowe uzasadnienie. Zróżnicowanie obejmuje konsekwentnie potem ewolucję molekularną, biochemiczną, subkomórkową, komórkową, tkankową do gatunkowej włącznie. Nieciągłość energetyczna siatki dyfrakcyjnej wydaje się impulsem nadającym kierunek ewolucyjnemu zróżnicowaniu wszelkich stopni organizacyjnych żywego ustroju. Prawdopodobnie jest to równoznaczne z wytwarzaniem złożonego systemu o innej periodyzacji węzłów i strzałek, dając w następstwie złożoną sieć dyfrakcyjną o skomplikowanym układzie interferencyjnym. Mielibyśmy więc wstępny proces strukturyzacji z wyznacznikiem zagęszczeń i rozrzedzeń energetycznych. W ślad pójść winno wypełnianie masą o własnościach piezoelektrycznego półprzewodnika.

Odbudowa struktur biologicznych z wymianą elementów atomowych jest zapewne rozwiązywana po uprzednim przygotowaniu zmianami fazowymi akustycznej siatki dyfrakcyjnej. Struktury ulegają mechanicznemu rozluźnieniu w węzłach siatki i dopiero wówczas wkraczają enzymy. Zresztą teoria piezoelektrycznego uzależnienia enzymatycznej katalizy sformułowana przez Greena i Ji (14), uzupełniona przez Casserta i Cervigni (6) mogłaby tutaj być w zgodzie. Prawdopodobnie więcej procesów przypisywanych dotychczas enzymom w biochemicznym schemacie odnieść trzeba będzie do kwantowoakustycznej i związanej z tym elektromagnetycznej czynności w piezoelektrycznym ośrodku półprzewodników organicznych (33, 35).

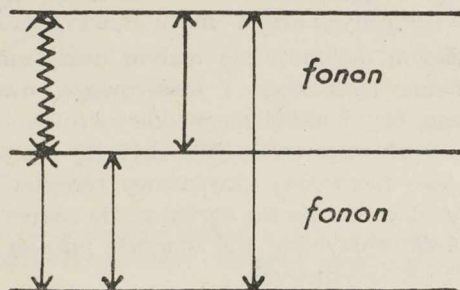
#### 4. ŻYWY USTRÓJ KWANTOWYM WZMACNIACZEM ENERGII

Rysuje się nowy problem, sygnalizowany w 1967 r. jako przewidywane wymuszone emisji, opracowany wreszcie w 1972 r. w laserowych zjawiskach biologicznych (29). Należy jeszcze raz do zagadnienia powrócić w pełniejszej oprawie faktów. W piezoelektrykach trzeba podkreślić silne sprzężenie własności elastycznych z elektromagnetycznymi, stąd rozprzestrzenianiu się fali fononowej towarzyszą zaburzenia elektromagnetyczne. W wypadku piezoelektryka o własnościach półprzewodnika, jak to ma miejsce u białek i kwasów nukleinowych, procesy elektromagnetyczne i kwantowoakustyczne winny występować jeszcze w wyższym stopniu (40). Stanowi to problematykę nie podejmowaną dotychczas w biologii. Ten kompleks bardzo istotny dla energetyki żywego ustroju został uwzględniony natomiast w Polsce (33, 35).

Organizm zabiega wobec tego o energię elektromagnetyczną i akustyczną jako sposób zasilania oraz ogólnego sterowania procesami meta-

bolicznymi. Ten ostatni wzgląd pozwala przewidywać w szerokim zakresie wzmacnianie występujące w bioenergetyce.

Żywy ustrój jest kwantowym wzmacniaczem sygnałów autogennych, jak i otrzymywanych ze środowiska zarówno w biolaserowych efektach, a więc kwantowego wzmacniacza optycznego, jak i akustycznego w piezoelektrykach organicznych. W tym drugim wypadku chodziłoby o maser akustyczny, względnie o wzmacnianie fotonowo-fononowe rozpatrywane w fizyce, a nie wykluczone zapewne w żywym ustroju. Schemat trójstopniowego wzmacniania fotonowo-fononowego został podany (40).



Rys. 4. Maserowe wzmacnianie fononów w kryształach tlenku magnezu zawierającego  $Fe^{+2}$  (wg. 40)

Wypadałoby przeanalizować również możliwość wzmacniania elektroakustycznego (17). Natomiast wykorzystanie wysokich częstotliwości elektrycznych z redukcją nawet stukrotną na falę akustyczną znane z technicznych urządzeń wydaje się być korzystne dla żywego układu, przy wydłużaniu fali, dla koordynacji wyższych rzędów organizacyjnych (20).

Układ biologiczny byłby po prostu niezwykle złożonym i precyzyjnym zespołem wzmacniającym wszelkiego rodzaju sygnały energetyczne środowiska i własne z maksymalną wydajnością. Dotychczasowe pojęcia o sposobie odżywiania się żywego ustroju na drodze wyłącznie chemicznej byłyby niepełnym zrozumieniem bilansu energetycznego. Ustrój „odżywia się”, czyli zasila każdą energię otrzymaną w procesie katabolicznym również elektromagnetyczną i akustyczną. Informacja w najelementarniejszym dla układu odbiorze jest jakąkolwiek zmianą sytuacji energetycznej, gdyż ta warunkuje transformację elektromagnetyczną i elektromechaniczną. Koreluje to z bioplazmą jako ogólnym podłożem uniwersalnego przetwornika i nośnika informacji.

Wzmacnianie sygnałów jest konieczne dla zapewnienia maksymalnej rezerwy zmian energetycznych przy minimalnych stratach własnych.

Zmiany są bowiem stymulatorem wzmacnianym przez ustrój i obracającym na rzecz własnego bilansu energii. W bioenergetyce nie ma nic z biernego odbioru. Ustrój występuje zawsze w stronie czynnej, nie tylko w transporcie poprzez błony biologiczne, ale również w odbiorze informacji. Układ biologiczny wzmacnia i wykorzystuje ją dla napędu metabolicznego.

W nomenklaturze biochemicznej należałoby mówić o premetabolicznych stanach energetycznych. W ujęciu biologicznej akustoelektroniki wydają się one możliwe. Tak wielokrotnie złożony i skwantowany układ obraca w sumie niewielkimi energiami przy niezwykle efektywnych przekładniach akustoelektronicznych. Układ musi więc zabiegać o każdą wariację parametrów energetycznych oraz wzmacnianie sygnału.

Sterowanie układem dokonuje się małym nakładem, co przy możliwościach wzmocnienia laserowego i maserowego, ewentualnie jeszcze magnetostrykcyjnego, czyni układ niezwykle zwrotny i precyzyjnie uzależniony od zmian środowiskowych. Bez zbytniej przesady można by tę zdolność określić jako nieswoisty „kwantowy receptor” żywego ustroju. Na tym poziomie wydaje się nie ma ograniczenia zakresu informacyjnego, który jest tak charakterystyczny dla znacznie później ewolucyjnie wytworzonych receptorów zmysłowych.

Trudno przewidzieć wszystkie następstwa elektronicznego pojmowania układu biologicznego, ale zdaje się, że podstawowe pojęcia ulec będą musiały zdecydowanej zmianie.

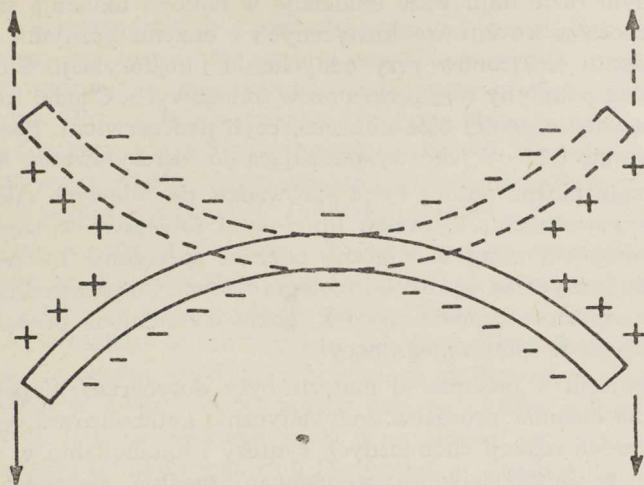
Prawdopodobnie nie istnieje podwójny system enzymatyczny oksydoreduktaz. Zależnie od fazy elektroakustycznej ten sam enzym działałby raz przyłączając elektron, kiedy indziej odłączając, zmienia bowiem znak swej polaryzacji zależnie od sytuacji naprężenia czy rozluźnienia. Procesy fononowe, elektrostrykcyjne i zmienna polaryzacja enzymu mogłaby łącznie pełnić podwójną rolę przy tej samej strukturze.

Biorąc pod uwagę nakładanie monomolekularnych warstw piezoelektryka w urządzeniach technicznych, minimalne warstwy struktur piezoelektrycznych w żywym ustroju mogłyby pełnić zasadniczą rolę odwracania procesów oksydoredukcyjnych, a nawet dwóch przeciwstawnych faz metabolizmu — syntezy i katabolizmu.

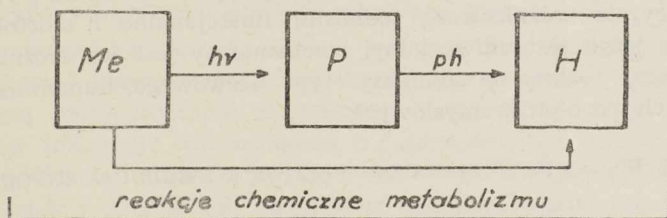
Centra aktywne w enzymach mogą przybrać w wyniku dalszych badań uproszczone mechanizmy zmiennej polaryzacji zależnie od kształtu i krzywizny pulsującego piezoelektryka białkowego.

Mniejsza krzywizna winna być w szybko zmiennych sytuacjach bardziej aktywna od przeciwległej czy w odcinkach prostych.

Zapewne aktywne centra białek odpornościowych będą również warunkowane konformacyjnymi krzywiznami i znalezieniem się piezoelektryka w zmiennych polach elektrycznych i akustycznych.



Rys. 5. Aktywne centra w drobinie piezoelektryka mogą się zmieniać zależnie od promienia krzywizny i kierunku działających sił.



$Me$  - masa organicznego półprzewodnika

$P$  - piezoelektryk

$H$  - hologram

$h\nu$  - foton

$ph$  - fonon

Rys. 6. Reakcje chemiczne tworzą piezoelektryczną masę organicznego półprzewodnika. Molekularny hologram produkowany metabolicznie zapisuje informację fotonami i fononami.

W każdym razie najnowsze tendencje w biologii układają się na linii łączenia procesów kwantowo-akustycznych z enzymatycznymi, zwłaszcza w przeniesieniu elektronów przy oddychaniu i fosforylacji. Błony mitochondrialne pełniłyby rolę generatorów fononowych. Chodzi tu o fonony optyczne, a więc długości 3,24 mikrona, czyli podczerwieni. Fonony winny mieć energię 0,39 eV jako wystarczającą do fosforylowania ADP (37).

Ostatecznie można naturę życia sprowadzić do falowych oddziaływań w organicznym ośrodku. Zjawiska fotonowe i fononowe występują zawsze z cząsteczkową masą biologiczną poprzez sprzężenie foton-elektron-fonon. Rysuje się coraz wyraźniej biologia falowa. Półprzewodnik i piezoelektryk organiczny stanowią ośrodek, gdzie wymienione procesy falowe mogą przebiegać w sposób niegasnący.

Nasze pojęcia o przemianie materii były dotychczas niepełne. Rozdrobniony na bezmiar procesów enzymatycznie katabolizowanych przelewał się strumień reakcji chemicznych syntezy i katabolizmu w nieustannym rytmie w sposób dziwnie uszeregowany według „potrzeb” żyjącego organizmu. Organizm nie ma nadrzędnych potrzeb, gdyż sam jest wymiarem, twórcą, metabolantem, sternikiem otwartym na środowisko energetyczne.

Dzięki temu jakakolwiek ingerencja — mechaniczna, optyczna, chemiczna czy temperaturowa — w jednej okolicy organizmu winna przenosić się falowo poprzez cały układ. Na tym ogólnym dopiero tle wytwarzają się ewolucyjnie zróżnicowane jednostki funkcjonalne i morfologiczne. Kwantowy język jest uniwersalny, biochemiczny jest już zróżnicowany, a fizjologiczny rozbity na „dialekty” typu nerwowego, humoralnego, poszczególnych receptorów zmysłowych.

##### 5. RYTMY BIOLOGICZNE, PROCESY FALOWE I EWOLUCJA INFORMACJI

Wprowadzając plazmowe uogólnienie przyjmują rytmy biologiczne bardziej określone podstawy. Nie są to echa wyłącznie zmiennego środowiska zakodowane w pulsacji procesów życiowych, lecz przede wszystkim własny rytm na poziomie kwantowym wynikający z interakcji składowych bioplazmy oraz jej funkcji jako całości. Przyjęcie terminu: kwantowe zjawisko makroskopowe, byłoby tutaj pożyteczne.

Prawdopodobnie trzeba uwzględnić jeszcze relację bioplazmy do sieci molekularnej związków organicznych oraz jej własnych drgań. Plazma biologiczna istnieje w ciele stałym substratu białkowego. Poprzez układ przenosi się fala elektrycznej polaryzacji, fala akustyczna oraz strykcyjna, a więc mechaniczna, fala magnetohydrodynamiczna i chemiczna (32). Ta ostatnia stanowi zapewne biochemiczną manifestację wszystkich innych procesów falowych nie branych dotychczas pod uwagę.

Układ półprzewodzących i piezoelektrycznych białek jest więc falowo zróżnicowany, jest to równoznaczne z przenoszeniem przez organizm wahań energetycznych o charakterze elektromagnetycznym, akustycznym i chemicznym. Długość fali jest pierwszym czynnikiem różnicującym układ od strony energetycznej w konsekwencji submolekularnej i drobinowej. W ostateczności po ewolucyjnym ustaleniu i zależności od zmian środowiskowych dają wypadkową obecnej rytmiki organizmu.

Periodyzacja procesów wydaje się jedną z podstawowych cech życia w ogóle. Nie wyraża ona wyłącznie sprzężenia z wahaniami parametrów środowiskowych. To jakaś wypadkowa wszystkich nieciągłych sytuacji w bioukładzie sygnalizowanych ruchem falowym. Ostateczne piętno dała ewolucja w tak charakterystycznych rytmach biologicznych. Podstawy ich należy szukać w kwantowych racjach samego układu półprzewodników organicznych. Istnieje zapewne jakaś prawidłowość w rytmice fali chemicznej badanej u mikroorganizmu *Dictyostelium discoideum* (12), a wolną pulsacją biopotencjałów u roślin i mikrowibracją całej muskulatury z częstotliwością około 10 Hz u wszystkich stałocieplnych zwierząt łącznie z człowiekiem.

Rzeczą przyszłości będzie rozłożenie na szeregi Fouriera nieliniowych procesów biologicznych z możliwością odczytania pulsacyjnych charakterystyk właściwych każdemu poziomowi organizacyjnemu żywego układu. Na razie tylko wiemy, że są one jako całość wynikiem ewolucji.

Jak wspomniano, rytmika falowa jest podstawą dezintegracji biologicznej, a więc zasadniczego zróżnicowania energetycznego. Jednocześnie trzeba inną ważną czynność biologiczną wyprowadzić z ruchu falowego, mianowicie integrację równoznaczną z organizowaniem całości. Już biochemicy podkreślali organizację jako cechę życia. Porządkującą rolę pełnić może spójność i długość fali, ta bowiem odmierza punkty węzłowe przy fali stojącej z odpowiednim rozkładem gęstości energii.

Dochodzimy do najprostszych założeń bioinformatyki. Rytmby biologiczne są fenomenologicznym wyrazem informacji falowej wewnątrz układu. Integracja na podstawach falowych wydawała się zawsze najprostszą, natomiast nowością byłoby stwierdzenie, że zróżnicowanie układu wymaga również falowej informacji.

Istnieją więc podstawy do stworzenia biologii falowej sprowadzalnej ostatecznie do pola elektromagnetycznego, łącznie ze zjawiskami kwantowoakustycznymi. Będzie można więc kiedyś całość życia oddać wyłącznie pojęciami falowymi. Na poziomie zresztą kwantowym istnieją dwa komplementarne opisy: cząsteczkowy i falowy. Dotychczas używany w biochemii opis cząsteczkowy (dobry dla celów analitycznych) okazuje się niezbyt odpowiedni w problematyce integracyjnej i zróżnicowaniu tak istot-

nych cech życia w aspekcie jego ewolucji. Biologia falowa wydaje się lepiej ujmować te cechy.

Poza przestrzennymi rozmiarami organizmu istniałby stan życia wyłącznie polowy, jak poza ładunkiem elektrycznym istnieje pole elektryczne, a poza drgającym układem elektrycznym pole elektromagnetyczne (28). Można wtedy mówić o elektromagnetycznej kontynuacji organizmu rozchodzącej się w nieskończoność. Organizmy w układach biocenotycznych stanowiłyby punkty osobliwe elektromagnetycznego pola biologicznego.

Informatyka biologiczna dojrzała — zdaje się — do właściwego potraktowania. Obejmuje ona z jednej strony wewnętrzne stosunki przestrzenno-energetyczne, z drugiej relacje między organizmami w cenzach. Ewolucja informacji to nie tylko wzrost jej pojemności, ale w ogóle powstanie na tle sytuacji spotykanych w układach niebiotycznych.

Ewolucja informacji jest sprawą nie podejmowaną dotychczas w biologii. W jaki sposób z „racemicznej” mieszaniny zmiennych parametrów energetycznych środowiska tworzy się w filogenetycznym czasie zespół informacji wyrażający przestrzenne sytuacje struktur i funkcjonalne zróżnicowanie układu. Przypadkowy rozrzut izotropowych zmiennych środowiska staje się „anizotropowy”, czyli „coś” charakteryzuje.

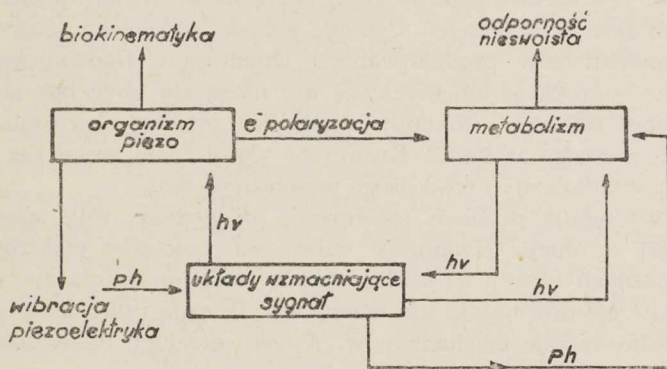
Nie jest wykluczone, że pierwsza organizacja krystalochemiczna i pierwsze funkcje jak optyczna czynność, półprzewodnictwo, piezoelektryczność zostały zaczerpnięte z nieorganicznego podłoża mineralnego jak glinokrzemiany (montmorylonit), kwarc czy matryca organiczna (melanina). Pewne korelacje krystalochemiczne pomiędzy krzemionką, wodą i białkami mogłyby na to wskazywać. Potwierdzenia można by szukać w epitakcjonalnym przekazie półprzewodnictwa i optycznej czynności i usieciowania krystalograficznego.

Odniesienie całej kwestii do kwantowych podstaw wydaje się nieuniknione, a może prowadzić do właściwych rozwiązań. Poznane dotychczas fakty pozwalają z pewnym prawdopodobieństwem odtworzyć ewolucję informacji. Wśród faktów można wymienić: półprzewodnictwo, piezoelektryczność, reakcje fotochemiczne, przekaz życia w czasie miliardów lat, kodowanie genetyczne, synteza białek i mutacje punktowe, zróżnicowanie oraz integracja. Wnioski bezpośrednio wyprowadzone na podstawie tych faktów: procesy elektroniczne z kwantową emisją fotonów, zjawiska kwantowoakustyczne.

Na tych podstawach można zrekonstruować ewolucję informacji w żywym układzie. Należy rozróżnić kilka faz, mianowicie zapis informacji, czynnik nośny oraz odczyt. W fizyce podobny układ nazywa się holograficznym. Ogólna idea holografii polega na fotochemicznym zapisie czoła fali i jej fazy. Zapis taki nazywa się hologramem. Zapis może się dokonać



fałą świetlną, elektromagnetyczną długości mikrofalowej lub fałą akustyczną (5, 11). Warunki te zdają się istnieć w bioukładzie. Możliwa jest bowiem transformacja pola elektrycznego w zespole półprzewodników i piezoelektryków na fałę elektromagnetyczną lub akustyczną (24). Molekularny zapis dokonywałby się na metabolicznie tworzonych drobinach organicznych. Hologram stanowiłyby tu drobinny białka, lub kwasów nukleinowych, barwników organicznych. Procesy zresztą fotochemiczne są rozpowszechnione w żywym ustroju, jak z ostatnich prac wynika, nie tylko w przypadku fotosyntezy. Odczyt natomiast dokonuje się spójną fałą świetlną. Wizualizacja hologramu wymaga koherentnej fali elektromagnetycznej. Warunek ten zdaje się spełniać efekt biolaserowy.



Rys. 7. Schemat bioenergetyki organizmu. Układ pracuje na energii  $e$  emisyjnej procesów metabolicznych stymulowanych impulsami fotonowo-fononowymi ( $h\nu$  — fotony,  $ph$  — fonony).

Następna drobina półprzewodzącego piezoelektryka „widzi” sytuację zapisaną molekularnie w hologramie. Odczyt jest dla niej dopiero informacją, wyraża bowiem sytuację energetyczną, która zaistniała w poprzedniej drobinie. Prawdopodobnie wizualizacja wyższych rzędów organizacyjnych dokonuje się w ten sam sposób. Może być zapisana mikrofalami lub akustycznie, odczyt jednak pozostaje zawsze optyczny (30).

Hologram molekularny podlega odbudowie wobec tego zapis i odczyt trwać musi ustawicznie, jednocześnie sama odbudowa wymaga już uprzedniego zapisu holograficznego poprawnie odczytywanego. Ustać nie może nawet na moment informacyjny bieg taśmy. Życie „wpatruje się” ustawicznie we własny obraz, dlatego jest takie samo oraz istnieje. Zbędne dodawać, że holograficzny proces wchodzi w zakres metabolizmu nie tylko z racji chemicznej produkcji hologramu i reakcji fotochemicznych, ale metabolizm jest po prostu w ten sposób normowany w proces ciągły.

## 6. KWANTOWY WĘZEL ŻYCIA

Biochemia sprowadziła procesy życia do odwracalnych reakcji z uruchomieniem strumienia zwalnianych i wiązanych elektronów. Obok tego powstała biologia molekularna z problematyką uzależnioną od przestrzennych konfiguracji i relacji drobin. Bioelektronika schodzi do poziomu nieróżnicowania w znaczący sposób drobin ani ich chemicznych własności. Ważne są elektrony, stąd wielość związków chemicznych ma tylko jedno zróżnicowanie, czy stanowi donor czy akceptor elektronów. W molekularnym środowisku półprzewodników i piezoelektryków organicznych, interesujące są ponadto sprzężone procesy elektromagnetyczne i akustyczne. Właściwa akcja życia rozgrywałaby się pomiędzy elektronami, fotonami i fononami. Ten submolekularny świat elektronów i kwantów elektromagnetycznych oraz akustycznych wymaga jednak środowiska półprzewodzących piezoelektryków produkowanych chemicznie. Oddziaływanie jest dwustronne — reakcje biochemiczne nie mogą się obyć bez stymulacji energetycznej fotonów i fononów, natomiast procesy elektroniczne wymagają chemicznego zasilania. Kwantowy węzeł życia został raz jeden w historii zapoczątkowany i trwa drogą przekazu do dziś.

Tutaj występuje problem informacji, jej genezy, roli, sposobu jak również jej ewolucji. Kwantowe zależności procesów elektronicznych i biochemicznych reakcji są ogólną zasadą funkcjonowania życia. Na temat podstaw bioinformatyki nie wiemy nic. Istnieją tylko fakty pozwalające na rekonstrukcję mechanizmów. W toku ewolucji molekularnej różnorodność rozwiązań strukturalnych miała nie tylko wyraz w zróżnicowaniu chemicznym, ale jednocześnie w zmianie warunków elektronicznych. Tak życie preferowało związki aromatyczne i heterocykliczne oraz porfiryny.

Wracamy do faktów, które stanowić mogą podstawę rekonstrukcji rozwoju bioinformacji. Aminokwasy są piezoelektryczne, również DNA oraz jego składowe, jak zasady purynowe i pirymidynowe. Kwas dezoksyrybonukleinowy jest półprzewodnikiem o wysokiej przenikalności elektrycznej 140 000. Zasady pirymidynowe są słabymi donorami elektronów (cytozyna, tymina, uracyl), natomiast zasady purynowe — adenina i guanina — są umiarkowanymi donorami. Ze wszystkich zasad azotowych najlepszym donorem jest guanina. Wobec tego pary zasad GC i AT są już układami zróżnicowanymi elektronicznie w obrębie każdej pary, jak i par między sobą. Ze wzrostem par GC winny się poprawiać półprzewodzące własności DNA (26).

Płasko ułożone zasady azotowe o zróżnicowanej charakterystyce elektronicznej tworząc opasującą helikoidalną strukturę winny stanowić organiczne poliukłady tranzystorowe ze wszystkimi konsekwencjami, jak przewodzenie, ruch elektronów, działanie zaporowe, kwantowa emisja foto-

nów, osiowe pole magnetyczne wzmagane atomami ferromagnetycznego żelaza, które występuje w DNA.

Na helikalnej powierzchni utworzonej z zasad azotowych dokonywałyby się synteza białek przez wiązanie aminokwasów w odpowiednią sekwencję. Z doświadczenia wiadomo, że epitaksjalnie przekazują się krystalochemiczne relacje (uporządkowanie), półprzewodnictwo, optyczna czynność, prawdopodobnie też piezoelektryczne własności. Być może formowanie białka dokonuje się epitaksjalnie na DNA, a więc tą drogą przekazywałyby się przestrzenna orientacja wyrażana periodycznością występujących aminokwasów, półprzewodnictwem, optyczną czynnością i piezoeftaktami.

Informacja mogłaby być zakodowana w DNA, w „ tranzystorowym ” układzie zasad purynowych i pirymidynowych, zwłaszcza ich sekwencji elektronicznych profilów, w generowanej fali elektromagnetycznej i akustycznej. Funkcjonalność molekularnej helisy DNA wyrażałaby się stanem elektrodynamicznym i byłaby czytelna w ostateczności poprzez elektroniczne własności syntetyzowanych białek i tworzących je aminokwasów. Nie wiadomo, czy maksimum absorpcyjne fluorescencji charakterystyczne dla każdego aminokwasu odgrywa tu jaką rolę, ale w elektromagnetycznym przekazie informacji wydaje się to możliwe. Do wytworzenia jednego wiązania między aminokwasami potrzebna jest energia koło 4 kkal/mol. Ponieważ  $1 \text{ eV} = 23,02 \text{ kkal/mol}$ , wobec tego jeden kwant fluorescencyjnego wzbudzenia dostarczałby energii dla ponad 20 wiązań.

Na wybranym przykładzie drobiny DNA — w schematycznym choćby nawet traktowaniu — można się dopatrywać mało zbadanego etapu ewolucji. Selekcja musiała pójść po linii elektronicznych własności, co znajdowałoby swe uzasadnienie w niebywale wysokiej przenikalności elektrycznej DNA. Półprzewodnictwo i piezoelektryczność DNA musi posiadać konsekwencje funkcjonalne pełnionej roli przekaźnika informacyjnego. A może drobina DNA jest tylko najdoskonalszym hologramem, jaki wymyśliła przyroda? (15)

Odtworzenie elektromagnetycznego spektrum DNA może stanowić podstawę wyjaśnienia ewolucji informacji w żywym układzie. Obok tego nagranie molekularnej „mowy” kwasu dezoksyrybonukleinowego, a więc kwantowej fali akustycznej, powinno doprowadzić do rozpoznania konstrukcji życia w najniższych wymiarach.

Molekularny hologram DNA ma ograniczoną skalę możliwości, sprawdzają się one do różnych profilów elektronicznych czterech zasad azotowych, dają jednak wielorakie możliwości funkcjonalne tranzystorowego ich układu w helisie, własnym zakresem fotonowych i fononowych możliwości. Wprawdzie o kwantowoakustycznych efektach w DNA nie wiadomo, można jednak wnioskować, że tak swoista właściwość jak

piezoelektryczność nie mogła nie zostać wykorzystana przez przyrodę. Helisa DNA winna więc podlegać sprężynującym drganiom, byłby to więc elastyczny tranzystor o śrubowocylindrycznej budowie z licznymi „skrótkami elektronowymi” w postaci wiązań wodorowych, dla pary GC jest ich trzy, dla AT — dwa wiązania. Dysponując niewieloma środkami układ staje się złożony w budowie z pewną periodyzacją. Gwarantuje to duże możliwości funkcjonalne oraz pojemność informacyjną. Wieloraka operacja dokonywałaby się tylko trzema czynnikami — elektronem, fotonem i fononem (31).

## LITERATURA

1. Adler E. L.: Acoustoelectric effects in thin film semiconductor transducers. W: Symposium on Acoustoelectronics. Sendai. Japan 1968. Sendai 1968 s. 28.
2. Athenstaedt H.: Die ferroelektrischen und piezoelektrischen Eigenschaften der Organismen. „Naturwissenschaften” 47:1960 s. 455.
3. Athenstaedt H.: Ferroelektrische und piezoelektrische Eigenschaften biologisch bedeutsamer Stoffe. „Naturwissenschaften” 48:1961 s. 405.
4. Bielański A., Dereń J.: Relation between Electronic and Catalytic Properties of the Semiconducting Oxide Catalyst. W: Symposium on Electronic Phenomena in Chemisorption and Catalysis on Semiconductors (Moscow 1968). Ed. K. Haufe, Th. Wolkenstein. Berlin 1969 s. 149.
5. Brenden B. B.: Acoustical holography. W: Optical and Acoustical Holography. Ed. E. Camatini. New York—London 1972 s. 347.
6. Caserta G., Cervigni T.: Piezoelectric Theory of Enzymic Catalysis as Inferred from the Electromechanochemical Principles of Bioenergetics. „Proceedings National Academy Science USA” 71:1974 s. 4421.
7. Eckstein S. G.: Acoustoelectric Effect. „Journal Applied Physics” 35:1964 s. 2702.
8. Friedman L.: Electron — Phonon Interaction on Organic Molecular Crystals. „Physical Review” 1965 vol. 140 s. 1649.
9. Fukada E.: Piezoelectric Properties of Organic Polymers. „Annales New York Academy of Science” 1974 vol. 238 s. 7-25.
10. Fukada E.: Piezoelectric Properties of Biological Macromolecules. „Advances in Biophysics” 6:1974 s. 121-155.
11. Gabor D.: Information theory in holography. W: Optical and Acoustical Holography. Ed. E. Camatini. New York — London 1972 s. 23.
12. Gerisch G.: Periodische Signale steuern die Musterbildung in Zellverbänden. „Naturwissenschaften” 58:1971 s. 430.
13. Gjelsvik A.: Bone remodeling and piezoelectricity II. „Journal Biomechanics” 6:1973 s. 187.
14. Green D. E., Ji S.: Transduction and Structural Principles of the Mitochondrial Transducing Unit. „Proceedings National Academy Science USA” 70:1973 s. 904.
15. Greguss P.: Bioholography — a New Model of Information Processing. „Nature” 1968 vol. 219 s. 482.
16. Hanneman R. E., Jorgensen P. J.: On the Existence of Electrome-

- chanical and Photomechanical Effects in Semiconductors. "Journal Applied Physics" 38:1967 s. 4099.
17. Kaliski S.: The Amplification of Electro, magneto-acoustic Waves by Means of External Electron Stream. Proceedings of the Conference of Solid Media. Warsaw 1964. Warsaw 1966 s. 83.
  18. Kuczera F.: Wstęp do akustyki molekularnej cieczy. W: Akustyka molekularna i nieliniowa. Praca zbiorowa PAN. Ośrodek Kształcenia i Doskonalenia Kadr. Wrocław—Warszawa—Kraków 1965 s. 22.
  19. Malecki I.: Podstawy teoretyczne akustyki kwantowej. Warszawa 1972.
  20. Marinesco M.: The "Trans-Verter", a New Transducer for Converting high Frequency Electric Oscillations into Low Frequency Mechanical Vibrations. Proceedings on the Symposium on Electroacoustic Transducers. Krynica 1958. Warszawa 1961 s. 125.
  21. Marino A. A.: Mechanically Induced Free Radicals in Bone. "Nature" 1968 vol. 218 s. 466.
  22. Marino A. A., Backer R. O.: Piezoelectric Effect and Growth Control in Bone. "Nature" 1970 vol. 228 s. 473.
  23. Marino A. A., Becker R. O.: Piezoelectricity in hydrated frozen bone and tendon. "Nature" 1975 vol. 253 s. 627.
  24. Metherell A. F.: Acoustical Holography. "Scientific American" 1969 Nr 10 s. 36.
  25. Nowick A. S.: Piezoelectric properties of bone as functions of moisture content. "Nature" 1975 vol. 253 s. 626.
  26. Pullman A., Pullman B.: Quantum Biochemistry. W: Comprehensive Biochemistry. Vol. 22: Bioenergetics. Ed. M. Florkin. Amsterdam—London—New York 1967.
  27. Pustovoit V. I., Chernozatonsky L. A.: On Generation of Acoustic Waves in Piezosemiconductors. W: Symposium on Acoustoelectronics. Sendai. Japan 1968 s. 101.
  28. Sedlak W.: Pole biologiczne a nowa wizja życia. „Zeszyty Naukowe KUL” 10:1967 nr 1 s. 39.
  29. Sedlak W.: Laserowe procesy biologiczne. „Kosmos A” 1972 z. 5 s. 533.
  30. Sedlak W.: Możliwości holograficznego zapisu pamięci w układach biologicznych. "Summarium" 1972 nr 21 s. 201.
  31. Sedlak W.: The Electromagnetic Nature of Life W: Second International Congress on Psychotronic Research. Monte Carlo 1975 s. 77.
  32. Sedlak W.: Ewolucja bioplazmy. „Roczniki Filozoficzne” 23:1975 z. 3 s. 95.
  33. Sedlak W.: Wprowadzenie w bioakustykę kwantową. „Kosmos A” 1976 z. 3 s. 263.
  34. Sedlak W.: Bioplazma — nowy stan materii. W: Bioplazma. Materiały I Konferencji „Bioplazma” 1973. Red. W. Sedlak. Lublin 1976 s. 13-30.
  35. Sedlak W.: Podstawy bioakustyki kwantowej (w druku).
  36. Shamos M. H., Lavine L. S.: Piezoelectricity as a Fundamental Property of Biological Tissues. „Nature” 1967 vol. 213 s. 267.
  37. Straub K. D.: A Solid State Theory of Oxidative Phosphorylation. "Journal Theoretical Biology" 44:1974 s. 191.
  38. Taylor P. C., Bishop S. G., Mitchell D. L.: One-phonon spectra of amorphous semiconductors. W: Phonons. Proceedings International Conference Rennes. France 1971. Ed. M. A. Nusimovici, Paris 1971 s. 197.

39. Tsu R.: Phonon Radiation by Uniformly Moving Charged Particles in Piezoelectric Solids. "Journal Applied Physics" 35:1964 s. 125.
40. Tucker J. W., Rampton V. W.: Microwave ultrasonics in solid state physics. Amsterdam 1972.
41. Vasilescu D., Cornillon R., Mallet G.: Piezoelectric Resonances in Amino-acids. "Nature" 1970 vol. 225 s. 635.

PIEZOELECTRICITY OF ORGANIC COMPOUNDS  
AND QUANTUM-ACOUSTICAL BASIS OF BIOLOGICAL INFORMATION

Summary

Semiconductivity and piezoelectricity of biological medium throws a new light on some problems of life sciences. In such a medium the quantum-mechanical interaction will reduce to interactions between electrons, photons and phonons. The bioplasma concept, introduced by the author before, gives a well approximation of the electro-dynamical situation in living system. Information is carried there on the electromagnetic and quantum-acoustical waves and optical and acoustical holographic recording are not excluded.