

WŁODZIMIERZ SEDLAK

NIELINIOWOŚĆ W BIOLOGII

W latach 1881-1882 rozwijał już H. Poincaré metodę matematyczną teorii drgań. Według tego autora: „Te rozwiązania okresowe są dla nas tak cenne przez to, że są one, by się tak wyrazić, jedyną szczeliną, przez którą możemy próbować przeniknąć w obszary dotąd uznawane za niedostępne”. Zdanie to stanowi motto książki N. Minorskiego *Drgania nieliniowe* (7).

Stosunkowo mało mówi się o nieliniowości jako sposobie zagłądania w rejony biologiczne niedostępne innymi metodami. Z tych też powodów nieliniowość oczekuje na swe szersze uwzględnienie w naukach o życiu.

1. TROCHĘ HISTORII NIELINIOWOŚCI

Procesy nieliniowe nie należały w fizyce do nowości. W mechanice i elektryczności układy nieliniowe znalazły wcześniej opracowanie (2). W matematyce drganiami nieliniowymi zajmował się Poincaré już 100 lat temu w pracach topologicznych, czyli w metodzie jakościowej i ilościowej, czyli analitycznej (7). W tym drugim wypadku chodziło o nieliniowe równania różniczkowe. Poincaré określił matematyczne traktowanie drgań nieliniowych jako szczelinę – i to jedyną – wnikania w nieznanne obszary przyrody.

Nieliniowe układy znalazły miejsce nie tylko w teorii drgań, ale również w termodynamice. W roku 1967 Wolkensztejn nazywa pracę nad nieliniowym obszarem termodynamiki aktualnym zadaniem biologii (14). Nieliniowość znalazła zastosowanie w lampach elektronowych, drgających obwodach elektrycznych, w zjawiskach histerezy, w nieliniowej regulacji, drganiach relaksacyjnych, tworzeniu ułamkowych harmonicznym, ogólnie w drganiach mechanicznych i elektrycznych.

Najstarsza obserwacja mechaniczna odnosi się do nieliniowego zjawiska samosynchronizacji na zasadach mechanicznych. Huygens (1629-1659) zauważył, że dwa zegary wpadły we wspólny rytm wahadłowy. Po dwóch wiekach odkryto nieliniowe zjawisko samosynchronizacji w obwodach elektry-

cznych. Teorię tego zjawiska opracowano dopiero w roku 1922 (7). Na tym tle faktologicznym aż dziwne, że odkrycie nieliniowego związku światła z materią dokonało się dopiero w połowie lat pięćdziesiątych, a otrzymywanie światła działającego nieliniowo startowało w 1960 r. odkryciem laserów. Nieliniowość otwarła zupełnie nowe przestrzenie rzeczywistości. Na tym tle jakże zaskakujące wydaje się stwierdzenie przekonanych fizyków: „W początkach lat pięćdziesiątych wydawało się, że podstawowe problemy optyki fizycznej zostały już dostrzeżone i rozwiązane, a sama dziedzina stanowi przykład nauki pięknej, zwartej i bliskiej doskonałości” (4).

2. NIECO DANYCH O NIELINIIOWOŚCI

Należałoby określić jednak, czym jest nieliniowość w fizyce. Według Encyklopedii Fizyki (3) – „Układy nieliniowe mają parametry zależne od stanu układu. Zależności między parametrami są nieliniowe i opisują je równania różniczkowe nieliniowe. Prócz tego zjawiska optyczne zależą od natężenia promieniowania i nie zachodzi superpozycja fal”. Minorski określa to zjawisko następująco: „Ustala on różnice z fizycznego punktu widzenia między zjawiskami liniowymi i nieliniowymi. We wszystkich drganiach nieliniowych amplituda i częstość są ze sobą związane, w przypadku zaś liniowym są one od siebie niezależne” (7).

Sposób Minorskiego przedstawienia istoty nieliniowości okazuje się najlepszy. Wobec tego należy ukazać nieliniowość na tle liniowości, a więc potraktować w przybliżeniu obie charakterystyki przeciwstawnie.

Przez nieliniowość rozumie się nieproporcjonalny wzrost polaryzacji materii w stosunku do natężenia fali świetlnej. Może tu chodzić w kwadratową, a nawet wyższego rzędu funkcję tego natężenia. Nowa optyka musiała uwzględnić zjawiska zależne od natężenia promieniowania. Wykluczona jest superpozycja fal. Nieliniowość może się objawiać zarówno w czynniku polowym (elektryczny, magnetyczny, optyczny, mechaniczny, akustyczny), jak i w materii dotkniętej tym działaniem. Można by obrazowo wyrazić to reakcją substratu materialnego na światło. Może się to wyrażać liniowo lub nieliniowo, tym samym w sposób prostszy lub bardziej złożony, „powierzchniowy” powiedzialbym i penetrujący.

Ponieważ kwestia nieliniowości w teorii nie jest tak prosto wykładana, jak w praktyce stosowana, wobec tego przedstawię trochę popularniejsze wyjaśnienie. Nieliniowość i liniowość należą do spraw jasnych matematycznie – opisuje się je równaniem nieliniowym różniczkowym wyższego rzędu i zwykłym równaniem różniczkowym. W praktyce jest to trudniejszy problem. Co jest w pierw – nieliniowe działanie materii wymuszone światłem czy monochromatyczna wiązka światła z uzgodnioną fazą, wreszcie traktowanie materii takim światłem. Odpowiednia intensywność wyzwala nielinową reakcję oś-

rodka. Normalnie stosuje się laser, daje on spójne światło odpowiedniej mocy. Światło to wyzwala w materii nieliniowość.

Droga jest dłuższa, musi istnieć najpierw substancja laserująca, za pomocą której zmusza się światło do nabrania spójności. Materia laserująca jest transformatorem, niejako soczewką skupiającą i wymuszającą wiązkę spójną. Te dwa elementy mogą być przydatne w biologii, zwłaszcza w jej wariacie chemoelektronicznym.

Innymi słowy – materia jest zdolna wymusić pochłaniane światło do wtórnej emisji bardziej spójnej. To spójne światło zaś może znowu wymusić na materii nieliniowy odbiór tego światła. Można to popularnie rozumieć, że światło stało się zdolne wpływać na nieliniowe zachowanie materii. Zamiast dużo opisywać stopień spójności światła i jego mocy, którymi może być uwarunkowana nieliniowa reakcja ośrodka, można krócej to nazwać nieliniowością światła, nie spierając się o trafność rozumowania.

Dopiero w roku 1966 amerykańscy fizycy K. N. Patel, R. E. Slusher, P. A. Fleury zastosowali światło do badania zjawisk nieliniowych w półprzewodnikach nieorganicznych. Do półprzewodników organicznych wiedzie jednak dalsza droga. A przecież półprzewodnictwo organiczne jest ważnym członem w sformułowaniu biologii submolekularnej zwanej pospolicie bioelektroniką. Można więc przypuszczać, że nie tylko światło jest podstawą optyki nieliniowej w fizyce (8), ale również bioelektronika może mieć szczególne znaczenie w poznawaniu nieliniowej charakterystyki życia.

W całym zagadnieniu nie chodzi o to, by w starym stylu uprawiać nieliniowy eksperymentalizm stwierdzający nową zależność materii od światła, lecz o wyprowadzenie ogólniejszego wniosku w odniesieniu do masy i energii. Innymi słowy, chodzi o poszukiwanie nowych zastosowań nieliniowości nie tylko w technice elektronicznej półprzewodników. Może udałoby się na zasadzie nieliniowości rozwiązać problemy podstawowe w biologii, a nie wyłącznie użytkowe. Nie chodzi tutaj o wpływ światła laserowego stosowanego w medycynie.

Jasne jest, że każda dziedzina naukowa powinna zabiegać o rozwiązanie problemów podstawowych. Wiadomo jednak, że nie cieszą się one wzięciem na ogół, a jednak są konieczne. Najmniej chyba rozwiązano podstawową problematykę w biologii. Nauce o życiu brakuje najbardziej ze wszystkich dziedzin rozwiązania fundamentalnych problemów jak natura życia i jego geneza, istota świadomości, czym jest człowiek.

Na ogólnym tle nieliniowości w fizyce, odbija nieliniowość materii ożywionej przy nieliniowości współdziałającego z nią światła. Najpraktyczniej będzie zestawić procesy liniowe i nieliniowe:

Tabela 1.

Zjawiska liniowe

Zjawiska nieliniowe

1. Profil fali powtarza się w nieskończoność.

1. Skonczony profil fali.

2. Superpozycja fal składowych. Poszczególne fale są złożone z szeregu drgań składowych. Składowe są niezależne.
3. Fala liniowa stanowi sumę drgań niezależnych.
4. Liniowość niewiele odsłania naturę światła i materii.
5. Mówi się o promieniu świetlnym.
6. Oddziaływanie zdefiniowanego parametru.
7. Fala periodyczna i symetryczna.
8. Materię rozpatruje się makroskopowo, szczególnie krystalicznie.
9. Materia reagująca liniowo.
10. Dwa układy liniowe są niezależne.
11. Opisywalność matematyczna równaniem różniczkowym liniowym.
12. Najprostsze prawa optyki geometrycznej.
2. Nie ma superpozycji, fale składowe oddziałują wzajemnie na siebie.
3. Drgania charakteryzuje złożoność falowa układu i tworzą funkcjonalną jedność.
4. Daje głęboki wgląd w złożoność fali świetlnej i materii.
5. Mówi się raczej o fali.
6. Wpływa przedział wartości parametru.
7. Fala niesymetryczna i aperiodyczna.
8. Materia rozumiana molekularnie jako powłoki elektronowe.
9. Materia reagująca nieliniowo.
10. Dwa układy nieliniowe oddziałują na siebie (samowzbudność, samosynchronizacja, samoregulacja).
11. Opisywalność matematyczna nieliniowym równaniem różniczkowym.
12. Tworzenie harmoniczných, rezonanse, efekty laserowe, stany wzbudzone, oddziaływania foton-foton, foton-elektron, foton-fonon.

Należałoby się zająć wynikami nieliniowymi, które mogą znaleźć zastosowanie we współczesnej biologii. Nieliniowa polaryzacja dielektryków zachodzi pod wpływem magnetycznym, elektrycznym i optycznym. Wykazano nieliniowe właściwości półprzewodników w dalekiej podczerwieni. Stwierdzono wielofotonowe zjawiska nieliniowe, tworzenie harmoniczných światła drugiego, trzeciego, czwartego i piątego rzędu. Nieliniowość ferroelektryków i piezoelektryków, zwłaszcza jeśli są one jednocześnie półprzewodnikami. Podatność elektryczna koloidów zmienia się nieliniowo. Również nieliniowe są warstwy elektryczne. Zjawiska magnetoptyczne o nieliniowej charakterystyce stwierdzono w półprzewodnikach. Dokonuje się nieliniowa reorientacja drobin w polu elektrycznym. Można wywołać nieliniową aktywność optyczną spowodowaną elektrostrykcją i absorpcją (5). Ogólnie można powiedzieć, że stan kwantowy materii ożywionej półprzewodników organiczných powinien sprzyjać nieliniowości. Stwierdzono również zdolność układu nieliniowo drgającego do samosynchronizacji, samowzbudności i samokanalizacji. Z urządzeń pracujących nieliniowo wymienia się lasery i hologram (8). Autor dołącza plazmę z jej własnościami elektrycznymi, magnetycznymi i optycznymi. Istnieje już nieliniowa termodynamika molekularna układów nieodwracalnych. Nieliniowe są mody światła i światłowody.

Wymieniono niektóre zjawiska nieliniowe wyliczone matematycznie nieliniowymi równaniami różniczkowymi. Pytanie – czy nieliniowość nie mogłaby stanowić istotnej cechy układów ożywionych, zwłaszcza na poziomie kwantowym i przy uwzględnieniu półprzewodników organiczných. Raczej wstępnie można by przypuszczać, że odpowiedź byłaby twierdząca.

Z innych jeszcze powodów wypada zająć się biologią nieliniową, gdyż istnieją już matematyczne modele żywych jednostek; po wtóre, istnieją metody konstruowania modelowanego z zastosowaniem matematyki i fizycznych własności modelowanego obiektu biologicznego.

3. NOWE OBLCZE BIOLOGII

Celem artykułu jest zwrócenie uwagi na nieliniowość materii ożywionej oraz ugruntowanie roli światła w kwantowej konstrukcji życia. Być może trzeba będzie wyodrębnić w nieliniowości kwantowy wyznacznik życia. Problem nieliniowości optycznej w biologii wydaje się terenem badań ledwo zarysowanym u kwantowych podłożu witalizmu.

Nie chodzi w tej chwili o metody badania nieliniowości w układach biologicznych, gdyż będą one mniej więcej takie same, jak w innych przypadkach. Nieliniowość zresztą nie może stanowić wyłącznie ciekawostki, jak się zachowuje materia ożywiona w spotkaniu ze światłem. Temu zagadnieniu jest poświęcony wpływ promieniowania laserowego na układ żywy. Czy można się spodziewać, że wskazana nieliniowość procesów biologicznych stanowi rzeczywiście ową szczelinę, przez którą Poincaré chciałby zajrzeć w niewiadome życia?

Badanie nieliniowości optycznej musi być sondażem natury życia inaczej nieosiągalnej. Eksperymentalnie ważne będzie to, co już zostało stwierdzone w fizyce nieliniowej, a więc nawet bez szczególnego odniesienia do organizmu. Najistotniejsza jest tutaj fizyka oscylatora nieliniowego ze zdolnością samowzbudności, samoregulacji i samokanalizacji. Olbrzymi czas istnienia życia (około 5 miliardów lat) dokonał selekcji ewolucyjnej najkorzystniejszych cech rozwoju z wykluczeniem cech niezdolnych do przystosowania organizmu w zmienionym otoczeniu. Wydaje się, że samowzbudność nie wyjaśnia jeszcze powstania oscylatora nieliniowego, z którego wystartowało życie. Przyjmujemy jako fakt dokonany, że oscylator taki już był. Cechy oscylatora nieliniowego stają się nieodzowne w ogóle w powstaniu życia, jego zsynchronizowania wielorakich czynności, które mimo zróżnicowania wykazują funkcjonalną jedność i wybór sposobów skanalizowania. Skoordynowanie tak złożonej całości jest typowe dla obiektów żywych.

Życie ma już za sobą olbrzymi staż ewolucyjny. Pewne więc cechy obecnej nieliniowości stanowią daleko posuniętą wizję przebytej drogi w przeszłości, a nawet początków życia. Dostatecznie więc ujawniło ono swą nieliniową konstrukcję i funkcjonalność. Stwierdzana nieliniowość w żywym układzie nie tylko „jest”, ale również „coś” oznacza i „czegoś” wreszcie dowodzi. Trzeba to jedynie wydobyć.

Pytanie na razie teoretyczne – czy dokonuje się w elektromagnetycznej naturze życia przejście z nieliniowości do liniowości jako wyraz narastania

stanów kwantowych do rozmiarów makroskopowych? Należy przypuszczać istnienie takich przejść. Sprawa wygląda bardziej na poznawczą niż na faktyczną, gdzie wszelkie uzgodnienia i wyśrodkowania są cechą logiki faktów przyrodniczych (11).

Zanim się zajmujemy danymi, których dostarcza bioelektronika dla zrozumienia życia, dosyć pogładowe będzie zestawienie tradycyjnej biologii z bioelektroniką, przynajmniej w niektórych punktach:

Tabela 2.

Biologia klasyczna	Biologia nowa
1. Makroskopowa granica nauk o życiu.	1. Kwantowy przypadek graniczny życia.
2. Wymiar fenomenologiczny.	2. Wymiar kwantowy.
3. Problemy anatomiczne i fizjologiczne.	3. Problemy rozpatrywane o kilkadziesiąt rzędów niżej.
4. Teoria opisowa behawioru organizmального.	4. Teoria opisująca behawior submolekularny.
5. Materia ożywiona w pierwszym przybliżeniu poznawczym.	5. Rozmiary najniższe opisywalne formalnie, ale niewyobrażalne.
6. Procesy chemiczne związków organicznych.	6. Oprócz reakcji chemicznych, również procesy fizyczne w półprzewodnikach organicznych.
7. Jednostopniowy proces chemiczny katalizowany enzymatycznie.	7. Dwustopniowy proces elektronicznego wzbudzenia i sprzężenia z reakcjami chemicznymi.
8. Stan ożywienia materii.	8. Stan ożywienia energii.
9. Brak podstawowej teorii życia.	9. Pierwsza próba podstawowej teorii życia.
10. Wystarczająca na użytek medycyny, rolnictwa, hodowli.	10. Konieczna dla zrozumienia istoty życia.
11. Istnieje biochemia kwantowa.	11. Konieczna jest kwantowa fizyka życia.
12. Jedność chemiczna życia uwarunkowana katalitycznie.	12. Różnorodność funkcjonalna życia oparta na zjawiskach nieliniowych (laser biologiczny, holografia, mody światła, EM sterowanie, stany wzbudzone, bioplazma).
13. Doświadczenie bezpośrednie.	13. Doświadczenie pośrednie.
14. Nie wymaga żadnych analogii.	14. Analogie procesów życiowych do działania urządzeń techniki półprzewodnikowej.
15. Podstawowy model chemiczny.	15. Podstawowy model chemiczno-elektroniczny.
16. Zajmuje się związkami chemicznymi organicznymi.	16. Zajmuje się cząstkami elementarnymi (elektrony, protony, fotony) na „nośniku” związków organicznych.
17. Życie od strony korpuskularnej (masy) i relacji przestrzennych.	17. Od strony energetycznej i falowej.
18. Informacja wewnątrzukładowa masowa (enzymy, hormony, neurohormony).	18. Informacja falowa szczególnie elektromagnetyczna.
19. Organizmy żyją w separacji energetycznej między sobą.	19. Organizmy oddziałują na siebie energetycznie.
20. Trójwymiarowa geometria.	20. Czwierowymiarowa geometria.
21. Konieczne światło heterogenne.	21. Konieczne światło autogenne.

- | | |
|--|---|
| 22. Adaptacja organizmu do środowiska. | 22. Samosynchronizowanie stanów kwantowych. |
| 23. Elektrodynamiczna na usługach elektrochemii. | 23. Elektrodynamiczna kwantowa (1) na usługach elektroniki półprzewodnikowej. |
| 24. Istota życia chemiczna. | 24. Istota życia elektromagnetyczna. |
| 25. Wystarczająco procesy liniowe życia. | 25. Konieczne procesy nieliniowe życia. |

Wydaje się, że nowa biologia – bioelektronika – jest dobrym wstępem dla zajęcia się nieliniowością materii ożywionej, znacznie bardziej przystosowaną do nieliniowości niż chemiczny model życia (9).

Odkryto nową właściwość światła – może ono przybierać formę oddziaływań nieliniowych, czyli fali o nieregularnym profilu. Oscylator emitujący taką falę jest nieliniowo drgającym układem materialnym. Fala natomiast świetlna może tworzyć harmoniczne, podharmoniczne, dawać mieszanie światła. Zresztą w laserze też istnieje ta frakcja wymuszania nieliniowości światła. Obojętne tutaj czy światło to nazwiemy wprost nieliniowym, czy światłem zdolnym do wywoływania nieliniowości w materii. Nie są istotne spory.

Otwiera się nowe pole badania natury życia. Nieliniowość byłaby więc jednym ze sposobów sięgania w zasadę życia. Rysuje się metoda najbardziej wnikliwa, jeśli weźmie się pod uwagę zarówno nieliniowy obiekt – materię ożywioną, jak i nieliniowy, a więc odpowiedniej mocy bodziec światła.

4. NIELINIOWOŚĆ JAKO SONDAŻ ŻYCIA W BIOELEKTRONICE

Bioelektronika nie powstała z nieliniowości. Autor nie wychodził z nieliniowości, by wreszcie dotrzeć do bioelektroniki, choć nie wykluczone, że po pewnym czasie ten tor musiałby również doprowadzić do odkrycia elektroniczno-półprzewodnikowej treści życia. Autor nie zamierzał też wstępnie przeschepić idei nieliniowości do bioelektroniki. Nieliniowość sama wyszła jako konieczność uwzględniona przez przyrodę w zapoczątkowaniu procesu życiowego na Ziemi. Spotkanie z nieliniowością w bioelektronice było więc rzeczą wtórną. Nieliniowość jawiła się po prostu jako wyznacznik bioelektroniki ujmując sprawę krótko i prosto. Inaczej mówiąc – stopień nieliniowości oddaje stan witalizacji układu. Byłby to zasadniczy wniosek z eksperymentalnych i formalnych, czyli matematycznych, operacji. Zakładamy przy tym, że bioelektronika jako kwantowy stan submolekularny jest najbardziej predystynowana do nieliniowości.

Po prostu dojrzał w nauce czas na wnikliwe wejście w naturę życia. Konieczności tej zadostyc czyni bioelektronika, choć jest to w tej chwili tylko ruszenie problemu. Nieliniowość penetracji światła w układ biologiczny może się stać momentem zwrotnym w badaniu życia.

Prawdopodobnie życie nie tylko mogło się począć w oprawie współdziałających czynników radiacyjnych i substratowych, ale nawet musiało tam zaistnieć. Skoro życie utrzymało swą egzystencję przez niemal pięć miliardów lat, musiało ono powstać. Można by to nazwać zasadą biologiczną przez analogię do zasady antropicznej (2). Przyjmując nieliniową biologię, kwestia życia układa się w zupełnie innej relacji do Wszechświata i logiki przyrody.

Następny wniosek – stan nieliniowości nie jest cechą kończącą stan witalizacji związków organicznych, lecz jego podstawą najniższą. Nieliniowość wykazano na styku światła z materią biotyczną. Dowartościowanie w biologii elektronicznej nieliniowości działania światła być może będzie tworzyło epokę swojego rodzaju w pojmowaniu nieliniowości w nauce o życiu i jego naturze. Z powstaniem bioelektroniki zrehabilitowano rolę światła z czynnika powodującego fotosyntezę oraz bioluminescencję przy udziale enzymów lucyferyny i lucyferazy. Światło w pojęciu bioelektronicznym jest istotne i nieodzowne zarówno w powstaniu życia, jak i jego konserwacji.

Na skutek tej istotnej roli światła nieliniowość nie stanowi według autora wyłącznie przedmiotu eksperymentalnego stwierdzenia, lecz nieliniowość jest wstępem do bardzo wnikliwej analizy energetycznej życia. Nieliniowość biologiczna otwiera jednak nowe pole eksperymentalizmu w kwantowych relacjach życia. Byłaby to jedyna metoda eksperymentalna bezpośredniego wglądu w bioelektroniczne podstawy życia.

Bez wielkiej przesady można zaryzykować twierdzenie, że bioelektronika jest dobrym punktem startowym do badania nieliniowości materii ożywionej. Co więcej, nieliniowość jest cechą, która podkreśla zasadniczą właściwość nowej biologii. Znajomość bioelektroniki wydaje się znowu dobrym przygotowaniem badacza do właściwego potraktowania nieliniowości w analizowaniu życia. Jeśli by była mowa o relacji światła i materii, to na poziomie submolekularnym sprowadza się to do ruchliwych elektronów π i fotonów (10). Nieliniowość mogłaby dowodzić, że zejście do poziomu submolekularnego jest czynnikiem koniecznym ze względu na poznanie podstaw życia i bezpośredniego wyciągania wniosków z tego faktu. Należałoby raczej pytać, co w żywym układzie przebiega liniowo, skoro podstawy życia są nieliniowe? Widocznie wzrost i skomplikowanie organizmu jako wynik integracji i zróżnicowania tworzy dopiero rejony, gdzie manifestują się liniowe zależności biologiczne.

Badania na poziomie kwantowym wykazały niezwykle złożoną i wieloraką funkcję światła w procesie witalizacji. Praca nad książką *Wprowadzenie w bioelektronikę* uświadomiła, że cała bioelektronika oparta jest na nieliniowości oddziaływania światła i akustyki. Sama materia związków organicznych rozpatrywana na poziomie submolekularnym wskazuje na zachowanie nieliniowe, co przy autogennym zapotrzebowaniu światła wydaje się niemal oczywiste (11).

Można zaryzykować ogólny wniosek w odniesieniu do biologii submolekularnej, że posiada ona charakter nieliniowy. Trudniej wydaje się jest wykazać, w czym biologia kwantowa jest liniowa niż uzasadnić jej nieliniowość.

Podobnie jak odkrycie optyki nieliniowej jest nowym światem fizyki, tak bioelektronika jest właściwie otwierającym się światem materii ożywionej funkcjonującej nieliniowo. Biologia nieliniowa daje głębsze spojrzenie w naturę życia w porównaniu z biologią klasyczną opartą na liniowej roli światła.

Dział III wspomnianej książki (11) zatytułowany „Oddziaływanie światła z materią (Optoelektronika biologiczna)” jest faktycznie cały poświęcony nieliniowości. Przypuszczam, że nieliniowa optoelektronika rozwinie się kiedyś w podstawowy i obszerny dział najnowszej biologii.

Jeśli do roku 1960 mówiono o nieliniowości biologicznej, to miano na względzie reakcje chemiczne metabolizmu i nieliniową termodynamikę procesów nieodwracalnych, matematyczne modelowanie żywego organizmu, ewentualnie tworzenie modeli fizycznych z pewną analogią fizyczną do organizmu.

Odkryta nieliniowość doprowadziła do pojęcia nieliniowej optyki molekularnej. Był to już znaczny krok, choć nieliniowa optyka molekularna nie powstała bynajmniej dla potrzeb biologii, jak widać z książki S. Kielicha wydanej w 1977 r. (5). Luźne wiadomości i stwierdzone tam fakty molekularnej optyki nieliniowej można by dopiero odnieść do bioelektroniki.

Impulsy radiacyjne muszą wykazywać nieliniową naturę światła stymulującego w kwantowym sprzężeniu metabolizmu z procesami elektronicznymi. Samosynchronizacja byłaby tutaj nie tylko gwarantem utrzymywania stanu życia, ale jednocześnie uzgodnionej fazy procesów. Stan życia byłby rozpatrywany od strony funkcjonowania elementarnych łączy uzgodnionego w całym organizmie.

Kwantowe spojenie życia jako najistotniejszy element stanu ożywionego musi być najbardziej uwrażliwione na nieliniowość oddziaływania światła. Kwantowy szew życia, czyli owo sprzężenie można nazwać „kwantowym sercem życia”.

W biologii rola światła wydawała się określona, opisana i zrozumiana w fotosyntezie i bioluminescencji. Jeślibyśmy chcieli się orientować w biologii według wskaźnika optycznego, należałoby powiedzieć, że do chwili powstania optyki nieliniowej była niemożliwa inna biologia jak tylko liniowa.

Powstanie życia jako oscylatora nieliniowego, jak to przedstawia się w bioelektronice, a więc na sprzężeniu reakcji chemicznych z procesami elektronicznymi w półprzewodnikach organicznych, było momentem zwrotnym w dotychczasowym świecie mineralnym. Najprościej przedstawia się to w następujący sposób: foton jest sprzężony funkcjonalnie z elektronem, z których jeden jest pochodzenia metabolicznego, drugi elektronem π półprzewodników. Zszyście dwóch elektronów fotonem przesuwa się coraz dalej, tworzy się układ pracujący kwantowo.

Rozpoczęcie takiej akcji to już problem genezy życia. Zapewne zaczęło się od półprzewodników mineralnych jak hematyt, piryt, galena, markazyt, magnetyt (12). Nie wykluczone, że odegrały tu pewną rolę optycznie lewe kryształy kwarcu heksagonalnego oraz heksagonalnej fazy lodu krystalicznego. Analogie krystalochemiczne pomiędzy wodą, krzemionką, białkami i kwasami nukleinowymi są nader zbieżne. Warstwa organiczna monomolekularnej grubości osadziła się z abiogennej syntezy. Nieliniowo działające światło pochodziło z nieekranowanej warstwą ozonu ultrafioletu, albo promieniowania gamma ciał radioaktywnych. Niewielki nawet komponent spójny światła słonecznego rozpoczynał nieliniową odpowiedź w substracie organicznym w sensie porządkującym poziom drobinowy. Synteza białek i kwasów nukleinowych oraz bardzo starego związku porfiryn była widocznie sprzężona w jakiś sposób z nieliniowym oddziaływaniem światła na struktury tych molekuł. Ewolucja molekularna związków podstawowych w biologii nie mogła być oddzielona od nieliniowości kształtującej się w toku ewolucji. Uruchomienie sprzężenia jest równoznaczne z przechodzeniem układu na światło autogenne. Z pomocą tutaj przychodzi oscylator nieliniowy ze swą samowzбудnością. Musiał jednak wpięrow powstać układ, który znalazł się w elektrogenetycznej fluktuacji środowiska, indukując nieliniową odpowiedź na czynniki zaburzające. Zawiązanie akcji dokonywało się w niejednym układzie oscylującym nieliniowo. Wiele takich układów uzgadniało swój rytm w proces samoorganizowania się oraz samokanalizowania. Było to najbardziej pierwotnym samoinformowaniem się zbioru sprzężonego. Na zasadzie nieliniowego zachowania się kwantowych oscylatorów biologicznych (łączy życia) w konsekwencji tworzyły się ustrukturyzowane agregaty molekularne i funkcjonalne jak organele komórkowe, komórki. Wreszcie tajemnicze do dziś powstanie Metazoa z własną koordynacją oraz integracją przy niebywałym zróżnicowaniu.

Wyróżnienie rejonów submolekularnych i odkrycie tam nieliniowości dostarcza nowych orientacji. Reakcja organizmu zaczyna się już w sposób dyskretny w sytuacjach submolekularnych, z którymi spotykamy się w bioelektronicznej wizji życia. Z natury nieliniowości wynika, że jest ona czynnikiem integrującym wielorakie procesy w żywym ustroju, a więc mobilizuje stronę materiałową (metabolizm) jak również energetyczną. Należy się liczyć z wyrównywaniem faz i nabyciem koherencji, jak również z osiągnięciem jednolitości w nieliniowej informacji, zwłaszcza w odniesieniu do pól elektrycznych, magnetycznych i optycznych. Praktycznie nieliniowa informacja elektromagnetyczna jest dodatkowym szczegółem żywego ustroju. Informacja musi być tego samego rodzaju co układ. Jeśli układ biologiczny jest rozważany kwantowo, to informacja jest elektromagnetyczna. Jeśli istotną cech żywej materii jest nieliniowość, to informacja staje się też nieliniowa. Pojęcie informacji ujednolica się w poziomie kwantowym oraz nieliniowej charakterystyce i staje się tym samym, co zjawiska życiowe.

Jeśli w żywej komórce dokonuje się w sekundzie około 10^9 pojedynczych reakcji chemicznych, to trzeba niebywałego skoordynowania całości oraz sterowania elektromagnetycznego, by chemiczny i elektroniczny przebieg nie był chaotyczny.

Terlecki (13) opublikował artykuł na temat synergizmu, a więc jednoczesnego współdziałania różnych czynników środowiskowych. Organizm nie reaguje indywidualną reakcją na jakikolwiek bodziec. Raczej w zbiorczy sposób „bierze je pod uwagę”. Są to stwierdzenia makroskopowe. Synergizm może fizjologicznie uchodzić jako pewnego rodzaju nowość. Zdaje się jednak, że podstaw jego należy szukać zupełnie gdzie indziej. Znany jest już „synergizm molekularny” w postaci nieliniowej reakcji na pola elektryczne, magnetyczne, optyczne, akustyczne. Synergizm posiada głębokie tło nieliniowości. Różnorakie bodźce w środowisku i nieliniowa reakcja podłoża mogą dawać bardzo szeroki zespół współdziałania. Makroskopowe zjawiska fizjologiczne nieliniowości zostały zaobserwowane w ruchach membrany narządu słuchu przez K. Helmholza (1895), w wyrównaniu cyklu miesięcznego w zespole kobiet (6 a) i według G. Martyniuk w rytmach biologicznych przy dyskretnych czynnikach środowiskowych (6).

Biologiczne badanie nieliniowości w rozmiarach molekularnych i submolekularnych oczekuje dopiero na swą kolej zajęcia się nimi. Ochrona środowiska zaczyna schodzić do poziomu istotnego dla żywego układu, mianowicie do nieliniowości podstawowego odbioru.

Nieliniowość biologiczna jest sprawą zbyt młodą, by ją można było dostatecznie rozważać. Wynika to choćby z zestawu dat faktów poprzedzających biologię nieliniową. Plazmę określił i nazwał dopiero Langmuir w 1928 r. Elektronika półprzewodnikowa rozwinęła się od opisania złącza p-n przez Shockley'a w 1949 r. Teoria nieliniowa światła powstała w połowie lat pięćdziesiątych, a uruchomienie lasera w 1960 r. Tym samym optyka nieliniowa weszła na drogę doświadczalną. Bioelektronika powstała w roku 1967. W tym samym roku powstało pojęcie bioplazmy. Nieliniowymi procesami biologicznymi zajął się autor w 1986 r. niniejszą pracą.

BIBLIOGRAFIA

1. Białyński-Birula I., Białyńska-Birula Z.: *Elektrodynamika kwantowa*. Warszawa 1969.
2. Davies P. C.: *Zasada antropiczna*. „Postępy Fizyki” 37:1986 z. 3 s. 213-259.
3. *Encyklopedia Fizyki*. Warszawa 1973.
4. Graja A.: *Optyka nieliniowa*. W: *Encyklopedia fizyki współczesnej*. Warszawa 1983 s. 364-374.
5. Kielich S. *Molekularna optyka nieliniowa*. Warszawa-Poznań 1977.
6. Martyniuk G.: *Nieliniowość procesów biologicznych*. W: Sedlak W. /red. *Bioelektronika*. Materiały I Krajowego Sympozjum, Lublin, 14-15 maja 1975. Lublin 1979 s. 185-194.

- 6a. Mc Clintock M. K.: Menstrual Synchrony and Supression. „Nature” 299:1971 s. 244.
7. Minorsky N.: Drgania nieliniowe. Warszawa 1967.
8. Piekara A. H.: Nowe oblicze optyki. Warszawa 1968.
9. Sedlak W.: Bioelektronika. Warszawa 1979.
10. Sedlak W.: Postępy fizyki życia. Warszawa 1984.
11. Sedlak W.: Wprowadzenie w bioelektronikę /w druku/.
12. Shuey, R. T.: Semiconducting Ore Minerals. Amsterdam-Oxford-New York-Elsevier 1975.
13. Terlecki J.: Wzmacnianie reakcji radiobiologicznych – efekty synergistyczne. „Postępy Fizyki Medycznej” 19:1984 z. 3 s. 159-165.
14. Wolkenstein M. W.: Biologia molekularna. Warszawa 1969.

DIE NICHTLINEARITÄT IN DER BIOLOGIE

Zusammenfassung

Das nichtlineare Aufeinanderwirken von Licht und Materie ist seit Mitte der fünfziger Jahre bekannt. Licht entsprechender Stärke erhielt man durch die 1960 entdeckten Laser. Die Nichtlinearität anorganischer Halbleiter wurde erst 1966 von den amerikanischen Physikern K. N. Patel, R. E. Slusher und P. A. Fleury erforscht. Organische Halbleiter wie Eiweisse, Nukleinsäuren und Porphyrine könnten noch später auf ihre optische Nichtlinearität hin untersucht werden.

Die organischen Halbleiter bildeten für den Autor die Grundlage des Modells der Bioelektronik. Wesentliche Elemente der Bioelektronik, insbesondere die Vernäherung chemischer Reaktionen mit freibeweglichen Elektronen im Eiweiss-Halbleiter, sollten sich durch Nichtlinearität auszeichnen. Das ergibt sich aus der bei anorganischen Halbleitern festgestellten Nichtlinearität, der Polarisation der Dielektrika, den Piezoeigenschaften und überhaupt den Quantenzuständen. Die Bioelektronik kann einen tiefen Einblick in das Wesen des Lebens liefern, wenn sie die Nichtlinearität zur Methode der Sondierung chemoelektronischer Systeme macht. Vorläufig müsste man die Schlussfolgerungen aus den festgestellten Fällen der nichtlinearen Einwirkung des Lichtes auf die anorganische Materie zur Anwendung bringen. Die Nichtlinearität liefert einen unmittelbaren Einblick in das lebendige Objekt und seine Dynamik. Die Nichtlinearität kann eine gute Methode zur Untersuchung der Quantennatur des Lebens bilden.