

MACIEJ WASZCZYK

Gdynia

(Cyfry w klamrach { } wskazują oryginalną paginację w Rocznikach)

WYJAŚNIANIE I PRZEWIDYWANIE W BIOELEKTRONICE

Pośród prac mieszczących się w nurcie poszukiwań odpowiedzi na pytanie o status naukowy bioelektroniki, niewiele napisano na temat ogólnych celów nauk przyrodniczych, jakimi są wyjaśnianie i przewidywanie¹. Co prawda S. Kajta poświęca rozdział wyjaśnianiu, skupia się jednak tylko na bioelektronice Sedlaka i analizuje ją jedynie z punktu widzenia wyjaśniania modelowego. Jak okaże się jest to tylko fragment struktury bioelektronicznych wyjaśnień. S. Zięba z kolei podważa kompetencje bioelektroniki w wyjaśnianiu natury życia i jest to jeden z powodów, dla którego napisano poniższy artykuł.

I. WYJAŚNIANIE JAKO FUNKCJA NAUKI

Przypisywanie pierwszeństwa wśród innych przedmiotowych celów nauki wyjaśnianiu, bywa związane z rozumieniem eksplanacji jako udzielaniu odpowiedzi na pytanie "dlaczego?". Taki nurt eksplikacji tego pojęcia nazywany jest klasycznym i związany jest z poglądem, zgodnie z którym w nauce mamy do {146} czynienia z prawdą, lub jej aproksymacją

¹Głównie chodzi o prace: Zon J., *Bioelectronics: a background area for biomicroelectronics in the science of bioelectricity*, "Roczniki Filozoficzne", 34(1986), z. 3, s. 183 -201; Zon J., "Topografia" badań w dziedzinie bioelektroniki, [W:] Sedlak W., J. Zon, M. Wnuk (red.), Bioelektronika. Materiały VI Krajowego Sympozjum, KUL Lublin, 20-21 listopada 1987, RW KUL, Lublin 1990, s. 11-34; Zon J., *Biomikroelektronika: Wstępna charakterystyka jej przedmiotu metod i zadań*, "Roczniki Filozoficzne", 39-40(1991-1992), z. 3, s. 119-129; Biedulski Cz., *Rys historyczny bioelektroniki*, [W:] Sedlak W. (red.), Bioelektronika: Materiały I Krajowego Sympozjum, KUL Lublin, 14-15 maja 1975, TN KUL, Lublin 1979, s. 9-14; Woźniak Z., *Metodologiczna charakterystyka bioelektroniki*, [W:] Sedlak, Bioelektronika: Materiały I..., s. 55-68; Kajta S., *Włodzimierza Sedlaka kwantowa teoria życia*, [W:] M. Lubański, S. Ślaga (red.), *Z zagadnień filozofii przyrodoznawstwa i filozofii przyrody*, t. XII, ATK, Warszawa 1991; Zięba S., *Analiza filozoficzna bioelektronicznej koncepcji życia*, "Roczniki Filozoficzne", 30(1982), z. 3, s. 81-95.

(realizm eksplanacyjny)². Istnieje także nurt relatywistycznej wizji nauki (Feyerabend, Toulmin, Hanson, pośrednio Kuhn), gdzie eliminuje się problematykę wyjaśniania spośród istotnych działań naukowych³.

Jest rzeczą zrozumiałą, na co zwraca uwagę E. Nikitin, że niewłaściwe jest mówienie o wyjaśnianiu i jego rodzajach wyłącznie w oparciu o analizę rodzaju zdań zaczynających się od pytajnika "dlaczego?". O eksplanacji mówimy także w wypadku innych pytań ("w jakim celu?", "kto?", "jak?", "co?", "gdzie?", skąd?", "czy zdarzenie zaszło z konieczności?"). Z drugiej strony Nikitin wskazuje na błąd przeniesienia z języka potocznego wieloznaczności pytania "dlaczego?", co prowadzi do pomieszania jego znaczeń ze znaczeniami pytania "jak?". Na takim gruncie łatwo uzasadnić tezę fenomenalizmu o braku różnicy między opisem a wyjaśnianiem⁴. Nie oznacza to, że analiza pytajnika "dlaczego?" jest całkowicie bezzasadna. K. Ajdukiewicz rozróżnia dwa znaczenia pytania "dlaczego jest tak a tak?", gdzie jedno z nich odnosi się do dowodu, a drugie do wyjaśniania. Pytającemu może bowiem nie być wiadome, czy jest tak a tak, i pytanie wtedy oznacza potrzebę uzasadnienia (dowodu), gdy zaś pytający wie, że jest tak a tak, żąda wyjaśnienia. W przypadku dowodzenia to, czego należy dowieść nie jest jeszcze znane, zdanie uzasadniane nazywa się wtedy *demonstrandum*; w przypadku wyjaśniania to, co ma być wytłumaczone jest zdaniem stwierdzającym stan rzeczy i nazywane jest *eksplanandum*⁵. W dyskusji nad naturą wyjaśniania jest to bardzo ważny moment, wskazujący na podstawową właściwość eksplanacji: to, co ma być wyjaśnione, jest czymś znanym, i tym, co mamy wytłumaczyć poprzez zbudowanie systemu zdań tłumaczących, {147} zwanych *eksplananssem*. Wyjątkiem od tej zasady jest pozbawione z reguły odpowiedniego aparatu logicznego, dopuszczające tłumaczenia metaforyczne i odwołujące się do czysto subiektywnych kryteriów tego, co wyjaśnione i niewyjaśnione wyjaśnianie potoczne⁶, oraz mające charakter nieodkrywczy wyjaśnianie dydaktyczne.

²Kamiński S., *Nauka i metoda. Pojęcie nauki i klasyfikacja nauk*, TN KUL, Lublin 1992, s. 198, 224-225; Bronk A., *Wielość nauk i jedność nauki. Stanisława Kamińskiego opcje metodologiczne*, [W:] Kamiński, Nauka..., s. 366. Kwestia korespondencyjnej koncepcji aproksymacji prawdy Poppera, prawdopodobności (truthlikeness), prawdopodobnienia (verisimilitude), to znaczy postępu nauki od błędów większej do mniejszej skali, czy też zbliżania się do prawdy, szeroko eksplikuje Hajduk w: Hajduk Z., *Uwarunkowania postępu poznawczego w teoriach rozwoju nauki, część II*, "Roczniki Filozoficzne", 39-40(1991-1992), z. 3, s. 41-45.

³Por. Motycka A., *Relatywistyczna wizja nauki. Wprowadzenie: Filozoficzny spór o naukę*, Ossolineum, Wrocław 1984, s. 100-106; Feyerabend P. K., *Wyjaśnianie, redukcja i empiryzm*, [W:] P. K. Feyerabend, *Jak być dobrym empirystą*, (tłum. z angielskiego), PWN, Warszawa 1979, s. 62-152.

⁴Nikitin E., *Wyjaśnianie jako funkcja nauki*, (tłum. z rosyjskiego), PWN, Warszawa 1975, s. 10-13; Hajduk Z., *Niektóre aspekty wyjaśniania*, "Roczniki Filozoficzne", 17(1969), z. 3, s. 112; Nagel, *Struktura Nauki. Zagadnienia logiki wyjaśnień naukowych*, (tłum. z angielskiego), PWN, Warszawa 1985, s. 30, 144; Wołk T., *Ewolucja poglądów Ernesta Nagla na wyjaśnianie*, "Roczniki Filozoficzne", 37-38(1989-1990), z. 3, s. 188.

⁵Ajdukiewicz K., *Dowód i wyjaśnianie*, [W:] *Język i poznanie*, tom II, PWN, Warszawa 1985, s. 402n.

⁶Hajduk, *Niektóre...*, ss. 91-92; Hempel C. G., *Podstawy nauk przyrodniczych*, (tłum. z angielskiego), WN-T, Warszawa 1968, s. 122-124; Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 8-10.

Klasyczny model wyjaśniania w naukach przyrodniczych został zaproponowany przed blisko czterdziestu laty przez C. G. Hempela i P. Oppenheima⁷ i do dzisiaj jest krytycznie rozwijany. Model ten, zawierając schemat wyjaśniania dedukcyjno-nomologicznego (D-N) i probabilistycznego w pierwotnej wersji, został następnie ubogacony o schemat wyjaśniania hipotetyczno-dedukcyjnego (H-D). Eksplanandum w klasycznym modelu wyjaśniania jest zdaniem (układem zdań) opisującym wyjaśniany fakt (obiekt, układ, zjawisko, proces), może być też generalizacją empiryczną, prawem, czy teorią naukową. Eksplanans składa się ze zbioru zdań wyjaśniających, które zawierają przynajmniej jedno prawo nauki (ich zbiór) i ze zdań, które stwierdzają pewne fakty szczegółowe, zwane warunkami brzegowymi. W wyjaśnianiu typu (D-N) podstawę wyjaśniania stanowią prawa i zasady przyrodnicze, zaś przejście między eksplanansem a eksplanandum ma postać dedukcyjną. Podkreślenie dedukcyjności tego przejścia nie przeczy temu, że proces konstruowania wyjaśnienia odbywa się w drodze indukcji. Podkreśla jedynie warunek logicznej spójności stosowanych wyjaśnień. Jeżeli eksplanans zawiera przynajmniej jedno prawo probabilistyczne, mówimy wtedy o wyjaśnianiu probabilistycznym. Jest to takie wyjaśnianie, w którym eksplanans czyni wysoce prawdopodobnym eksplanandum. Model D-H musi zawierać w eksplanansie oprócz praw i warunków szczegółowych przynajmniej jedną hipotezę, czyli zdanie o przypuszczalnym stanie rzeczy⁸

Hempel i Oppenheim podali warunki, które należy nałożyć na wyjaśnianie aby było naukowe. Eksplanandum musi być według nich konsekwencją logiczną eksplanansa, eksplanans z kolei musi zawierać przynajmniej jedno prawo ogólne, ponadto musi mieć treść empiryczną, oraz zdania tworzące eksplanans muszą być prawdziwe⁹. Mazierski wskazuje na konieczność dołączenia do tego zestawu jeszcze jednego warunku: eksplanans musi zawierać warunki brzegowe, dzięki którym prawo funkcjonuje¹⁰.

{148}

II. TYPY WYJAŚNIEŃ

U różnych autorów znaleźć można różnie ujęte typologie i klasyfikacje typów wyjaśniania w naukach w ogóle, lub w jakiejś podklase nauk¹¹. Próbuąc znaleźć kompromis pomiędzy różnymi poglądami na uporządkowanie wyjaśnień stosowanych w naukach przyrodniczych można powiedzieć, że ze względu na charakter stosowanych w eksplanansie praw

⁷Hempel C. G., Oppenheim P., *Studies in the Logic of Explanation*, "Philosophy of Science", 15(1948), s. 135-175.

⁸Wysocki J., *Problem wyjaśniania teleologicznego w biologii*, [W:] Lubański, Ślaga, *Z zagadnień...*, t. XIII, Warszawa 1991, s. 40-43, Hempel, *Podstawy...*, s. 78, 88-90.

⁹Wysocki, *Problem...*, s. 40 n.

¹⁰Mazierski S., *Problem prawomocności i różnorodności prognoz przyrodniczych*, "Studia Philosophiae Christianae", 9(1973), z. 1, s. 93n. Nieco inaczej formuluje te warunki Nikitin w: Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 35-46.

¹¹Wołk, *Ewolucja...*, s. 192; Wysocki, *Problem...*, s. 53n; Hajduk, *Niektóre...*, s. 93-122; Nikitin, *Wyjaśnianie*, s. 47-136; Bunge, *O przyczynowości. Miejsce zasady przyczynowej we współczesnej nauce*, (tłum. z angielskiego), PWN, Warszawa 1968.

wyróżniamy wyjaśnienia przyczynowe (w tym genetyczne), koegzystencjalne (strukturalne, substancjalno-atrybutywne, systemowe, taksonomiczne, odwołujące się do innego poziomu zdarzeń, oraz funkcjonalne), teleologiczne, oraz probabilistyczne. Ze względu na charakter eksplanandum wyróżniamy wyjaśnienia faktologiczne, nomologiczne i teoriologiczne. Ze względu na rodzaj relacji eksplanans-eksplanandum modelowe i przez prawo własne. Wyjaśnianie kauzalne (przyczynowe) odwołuje się do takich praw, które w ogólnym sformułowaniu mogą być podciągnięte pod zasadę: "Takie same przyczyny w takich samych warunkach wywołują takie same skutki". Odmianą wyjaśniania kauzalnego jest, stosowane w naukach historycznych (kulturowych), ale i przyrodniczych, wyjaśnianie genetyczne. W wyjaśnianiu tym określa się cały szereg etapów pośrednich, przez który przeszedł układ zanim osiągnął stan, który wyjaśniamy¹². Wyjaśnianie koegzystencjalne dokonuje się poprzez odwołanie do prawa wskazującego stałe związki między cechami wyjaśnianego obiektu według formuły: Dla każdego x, jeśli x ma cechę W, to x ma cechę Z.. Wyjaśnianie odwołujące się do praw konkomitujących różne cechy danych obiektów jest szeroko dyskutowane. W tym kontekście mówi się o wyjaśnianiu strukturalnym, czyli wskazującym w eksplanansie na "ukryty mechanizm", czy też "istotę" wyjaśnianego obiektu; substancjalno-atrybutywnym, czyli wskazującym na powiązania istotnych własności, a także jego cech niekoniecznie mu przysługujących, z danym obiektem; systemowym, czyli wyjaśnianiu poprzez wskazanie szerszego kontekstu (układu zdań wyjaśniających) dla wyjaśnianego obiektu. Można przyjąć, z pewnym uproszczeniem, że wszystkie te rodzaje wyjaśniania, a także wyjaśnianie poprzez: zaklasyfikowanie (taksonomiczne) i odwołanie się do innego poziomu {149} zjawisk¹³, korzystają z praw koegzystencjalnych i dlatego są to wyjaśnienia koegzystencjalne.

Wyjaśnianie teleologiczne polega na odwołaniu się do zasady teleologicznej, według której finalny stan układu wpływa w istotny sposób na stan wyjaśniany. Pittendrigh wprowadził odróżnienie finalizmu intencjonalnego (teleologicznego) od nieintencjonalnego (wewnętrznego, związanego z informacją - teleonomicznego)¹⁴. Pomijając w tym miejscu dyskusję z płaszczyzny witalizm-mechanicyzm przyjmuje się stanowisko, że dla rozważanego zagadnienia nie jest istotnym rozwiązaniem kwestii, czy organizmy nieświadome działają w ukierunkowaniu na cel, lub działają według zakodowanego programu. Istotne jest to, że w wyjaśnianiu stosuje się wskazanie celu jako podstawę eksplanacji danego zjawiska. Jest to postawa pragmatyczna, kierująca się metodologicznym kryterium uznawania obiektów i procesów biologicznych za celowe, powstrzymująca się tym samym od dyskusji na temat realności zasady celowościowej w przyrodzie¹⁵.

¹²Nagel, *Struktura...*, s. 27, 31n; Hajduk, *Niektóre...*, s. 88, 90n.

¹³Bunge, *O przyczynowości...*, s. 362-366; Hajduk, *Niektóre...*, s. 94-111; Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 84-89.

¹⁴Por. Küppers, *Geneza informacji biologicznej. Filozoficzne problemy powstania życia*, (tłum. z niemieckiego), PWN, Warszawa 1991, s. 23; Zięba S., *Za i przeciw teleonomicznej interpretacji życia*, "Roczniki Filozoficzne", 41(1993), z. 3, s. 111-126.

¹⁵Por. Wysocki w: Wysocki J., *Zagadnienie celowości procesów biologicznych*, [W:] Lubański, Ślaga, *Z zagadnień...*, t. X, Warszawa 1988, s. 209-220.

W kontekście wyjaśniania celowościowego mówi się także o wyjaśnianiu funkcjonalnym. Można pominąć tutaj dyskusję o to, czy wyjaśnianie funkcjonalne jest wyjaśnianiem, czy opisem, lecz przyjąć, że wyjaśnianie funkcjonalne jest wyjaśnianiem zgodnym z klasycznym modelem wyjaśniania. Tłumaczenie budowy opornika, czy serca funkcją jaką pełni w układzie jest powołaniem się na prawo funkcjonalne stwierdzające określoną zależność elementu i układu. Prawa funkcjonalne należy jednak klasyfikować jako rodzaj praw koegzystencjalnych, a wyjaśnienia funkcjonalne interpretować jako wyjaśnienia substancjalno-atrybutywne, bądź systemowe. Zależność funkcjonalna $y = 2x^2$ jest w zasadzie stwierdzeniem pewnej prawidłowości dla koegzystencji x i y ¹⁶.

Eksplanandum wyjaśniania probabilistycznego jest tłumaczone przez odwołanie się do prawa statystycznego. Prawo statystyczne jest to takie prawo, które z posiadania przez próbkę statystyczną pewnego rozkładu zmiennych, ekstrapoluje ten rozkład na całą populację. Można z całą odpowiedzialnością powiedzieć, że mimo lekceważącego stosunku niektórych teoretyków do tego typu wnioskowania, jest to w tej chwili najbardziej rozpowszechniony w naukach {150} społecznych i przyrodniczych typ wyjaśniania. W zasadzie wszystkie prawa można uważać za przypadki graniczne prawa statystycznego, mianowicie takiego, gdzie dany rozkład cech przysługuje populacji w 100%¹⁷. Z drugiej jednak strony, jeśli przyjąć ścisły determinizm, prawa statystyczne są formułowane tylko z tego powodu, że nie można poznać wszystkich czynników zajścia danego zdarzenia. Jest to kwestia, która sięga dyskusji o podłoże (stochastyczne czy niestochastyczne) wszystkich zjawisk na poziomie mikroświata. Na obecnym poziomie wiedzy należy, jak się zdaje, przyjąć maksymę zaczerpniętą od M. Bunge'go: "Odrzucać wyjaśnianie statystyczne byłoby rzeczą równie niemądrą, jak uznawać je ostatecznie"¹⁸.

Niektóre z wyjaśnień mogą być tak przeformułowywane, iż przybierają postać bądź kauzalną, bądź koegzystencjalną, bądź teleologiczną, bądź probabilistyczną. Związane jest to z możliwością translacji formuły praw jednego rodzaju na drugi rodzaj. Prawdopodobnie jednak bliższa analiza wykazałaby dla każdego prawa taką formułę, która jest dla niego pierwotna. Na przykład prawa funkcjonalne, mimo, że można je ująć kauzalnie, to w swojej istocie nie są kauzalne, gdyż nie spełniają warunku asymetryczności. Większość zależności funkcjonalnych ma charakter symetryczny i nie ulega zmianie, kiedy przyczynę i skutek "zamieni się miejscami"¹⁹.

W wyjaśnianiu faktologicznym eksplanandum stanowi tak zwany "fakt", czy też "zdanie bazowe". Nie ma oczywiście "faktów czystych", są one zawsze zinterpretowane. Posiadają oprócz charakterystyki czaso-przestrzennej, co stanowi o warunkach brzegowych dla danego faktu, kontekst w postaci "wiedzy milczącej". Można mówić, iż faktem jest zdarzenie in-

¹⁶Por. Wysocki, *Problem...*, s. 69n.

¹⁷Por. Bocheński, *Współczesne metody myślenia*, (tłum. z niemieckiego), "W drodze", Poznań 1992, s. 117.

¹⁸Bunge, *O przyczynowości...*, s. 366.

¹⁹Bunge, *O przyczynowości...*, s. 375 n.

dywidualne (jednostkowe), albo uogólnienie zdarzeń jednostkowych otrzymane poprzez indukcję enumeracyjną. W tym drugim przypadku uogólnienie to zawiera szereg faktów szczegółowych, z których każdy może stanowić osobne eksplanandum, ale wyjaśnialne przez ten sam eksplanans. Fakty można też rozróżniać ze względu na obecność funktora negacji w zdaniach je rejestrujących (twierdzące lub przeczące)²⁰. Wyjaśnianie faktologiczne w sposób bezpośredni tłumaczy empirycznie skontastowane zdarzenia i ich własności, a także procesy i własności tych procesów.

Prawa, których używamy do tłumaczenia faktów, same mogą być przedmiotem eksplanacji. Wyjaśnianie nomologiczne odsłania istotę prawa realnego i umiejscawia je w "układzie odniesienia", którym jest hierarchia innych praw {151} realnych. Wyjaśnianie nomologiczne ustala miejsce i zakres prawa wyjaśnianego, podciąga je pod inne prawa nauki²¹. W wyjaśnianiu teoriologicznym eksplanandum stanowi teoria, jako strukturalnie zorganizowany system praw. Tak jak w wypadku innych typów wyjaśnień w eksplanansie wiodącym było konkretne prawo (zbiór praw), a teoria była zakładana często w sposób ukryty, tak wyjaśnianie teoriologiczne w eksplanansie musi zawierać inną teorię wyjaśniającą eksplanandum, tym razem wyraźnie wskazaną²². Wyjaśnianie teoriologiczne jest często uważane za wyjaśnianie interteoretyczne (redukcję). Faktycznie wyjaśnianie interteoretyczne nie jest tożsame z wyjaśnianiem teoriologicznym. Wyjaśnianie interteoretyczne, redukcja, w intencji programu unifikacji nauk (Koło Wiedeńskie), ma zapewnić jedność nauk poprzez sprowadzenie dyscyplin naukowych, ich terminów, obiektów (w zmodernizowanym redukcjonizmie - teorii), mniej rozwiniętych teoretycznie nauk, do terminów obiektów (teorii) fizyki, jako najlepiej rozwiniętej pod każdym względem nauki. W eksplanacji teoriologicznej teoria-eksplanandum jest podciągana pod inną, znaną teorię, ale przy zmianie warunków brzegowych, co sprawia, że sprowadza się coś mniej znanego do bardziej znanego. Wypadki kiedy procedura wyjaśniania nie zmienia uprzednio znanego eksplanasa są prozaiczne, potoczne lub demonstratywne. Prawdziwe wyjaśnianie jest twórcze.

Wyjaśnianie przez prawo własne (teorię, hipotezę) jest takim typem wyjaśniania, gdzie eksplanans wchodzi z eksplanandum w relację bezpośrednią. Nie korzysta się tutaj z analogii, ale stwierdza wprost, że "dzieje się tak a tak ponieważ, w danych warunkach, zawsze (lub zwykle - statystycznie) dzieje się tak a tak". Mówi się tutaj o "prawie własnym", ponieważ dany obiekt wyjaśnia się poprzez prawo aproksymujące obiektywne prawo danej dziedziny przedmiotowej. Dlatego z pewnym przybliżeniem można powiedzieć, że wyjaśnia się "prawami własnymi dziedziny przedmiotowej", lub krótko mówiąc - "prawami własnymi"²³. Prawo (hipoteza) użyte do wyjaśnienia charakteryzuje się odpowiednią *zdolnością wyjaśniającą*, czyli zakresem orzekania o rzeczywistości. Zakres ten wskazuje dziedzinę przedmiotową,

²⁰Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 120-126.

²¹Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 126-131.

²²Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 132.

²³Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s.48.

gdzie dane prawo ma zdolność wyjaśniać. Porównywać pod względem zdolności wyjaśniającej można jedynie takie prawa, których zdolności wyjaśniające, są albo identyczne, pokrywają się, albo jeden zakres orzekania zawiera drugi (np. prawa rozchodzenia się światła i prawa teorii elektromagnetycznej przestrzeni). Nieporównywalne są w tym względzie prawa odległych dziedzin przedmiotowych (np. optyki i socjologii). Mówi się także o *mocy wyjaśniania* {152} praw użytych w eksplanacji. W literaturze na ten temat oznacza się tym terminem różne rzeczy: wielkość proporcjonalną do stopnia falsyfikowalności teorii (Popper), iloczyn zakresu, głębokości i dokładności teorii (Bunge), możliwość wyjaśniania przez teorię czegokolwiek "w ogóle" (Hempel, Salmon). Za Nikitinem można przyjąć, iż moc wyjaśniania odzwierciedla stopień i głębię wniknięcia w istotę, strukturę wyjaśnianego obiektu. I tak, prawa chemii kwantowej mają większą moc wyjaśniania niż "empiryczne formuły" reakcji chemicznych²⁴.

W nauce współczesnej stosuje się powszechnie wyjaśnianie modelowe. Jest to spowodowane tym, że obiekty rzeczywiste bywają niedostępne, najczęściej ze względu na ich złożoność, poznaniu bezpośredniemu. Model pełni wtedy rodzaj pośrednika odwzorowującego rzeczywistość, a prawa własne modelu są użyte w eksplanansie jako prawa wyjaśniające. Aby procedura taka była prawomocna, model musi spełniać określone warunki. Dwa najważniejsze to: izomorfizm - model musi być podobny do oryginału, i homomorfizm - musi być różny, inaczej modelowanie nie miałoby sensu²⁵.

Za Hajdukiem można wyróżnić pięć typów modeli. 1) *Modele analogiczne*. Model stanowi wtedy analogon badanego obiektu, czy procesu. 2) *Modele myślowe*. Z zasady są stosowane w konstruowaniu tzw. eksperymentów myślowych. Ich specyfika zasadza się na niemożliwości (nie tylko technicznej) laboratoryjnej realizacji, jednak etapy ich konstruowania muszą być zgodne z prawami nauki i posiadaną wiedzą empiryczną. W przeciwnym wypadku mówi się o modelach kontryfaktycznych, albo fikcjach naukowych. 3) *Modele mechaniczne*. Są to przedmioty materialne zastane w przyrodzie (modele naturalne), bądź skonstruowane (modele sztuczne). Ze względu na naoczność nazywane są często modelami ikonicznymi (obrazowymi). 4) *Modele opisowe*. Schematycznie przedstawiają złożoność badanego pola zjawisk fizycznych w celach fenomenistycznego opisu. 5) *Modele teoretyczne*. Są to modele teorii. Modele takie stanowią układ symboli oraz związków między nimi w sformalizowanej postaci. Model teoretyczny jest w relacji jedno-jednoznacznej do teorii, którą odwzorowuje. Modele dzielą się na także na: materialne i idealne, strukturalne i funkcjonalne, analogiczne, homomorficzne i izomorficzne, teoretyczne i techniczne, prawdziwe i adekwatne, teoretyczne i interteoretyczne. Ewolucja użycia różnych rodzajów modeli w wyjaśnianiu, przebiega od ikonicznych, obrazowych do teoretycznych, coraz bardziej abstrakcyjnych, a jej kresem jest teoria jako model wyjaśniający. Każde wyjaśnianie modelowe musi zawierać modele opisowe {153} (schematyzujące), a bardziej zaawansowane także modele teoretyczne, które formalnie porządkują prawidłowości empiryczne w postaci generalizacji i wprowadzenia aksjomatyki. Wyjaśnianie modelowe bywa przeciwstawiane klasycznemu modelowi wyjaśniania ze względu na to, iż w wyjaśnianiu modelowym występuje analogia, a w modelu klasycznym dedukcja. Tłumaczenie modelowe cechuje się tym, że jest: 1° niejednoznaczne, bo nie wyklucza innych typów wyjaśniania opartych o analogię; 2° hipotetyczne, ze względu na występu-

²⁴Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 49-51.

²⁵Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 60 nn.

jące w nim hipotezy; 3° nie wprost, bo prawa eksplanansa transponuje się po modyfikacjach na dziedzinę z modelem izomorficzną, z której pochodzi eksplanandum. To, że model wyjaśniający zawiera w sobie zarówno obiekt, jak i teorię tego obiektu, suponuje, iż należy znać prawa własne dziedziny przedmiotowej modelu, aby można było wyjaśnić imitator (sam model), zanim użyje się go do tłumaczenia eksplanandum wyjaśniania modelowego²⁶.

Typy tłumaczeń mogą się wzajemnie przenikać i dlatego należy charakteryzować je trojako. Na przykład wyjaśnienia mogą być: przyczynowo-nomologiczne-przez prawo własne, albo statystyczno-faktologiczno-modelowe. Oczywiście wyjaśnienia teoriologiczne, ze względu na mnogość zaangażowanych w tłumaczenie praw mają strukturę bardziej skomplikowaną.

III. SYSTEMY WYJAŚNIEŃ

Wystarczająco rozwinięte nauki nie budują zazwyczaj eksplanacji okazjonalnych, ale umieszczają je w układzie wyjaśnień. Pojedyncze wyjaśnienia są wtedy elementami pewnej hierarchii. Każde twierdzenie nauki, po włączeniu w wyjaśnianie stanowi eksplanans lub eksplanandum. Potencjalnie każde z nich powinno stanowić dla jednego wyjaśnienia eksplanans, a dla innego eksplanandum²⁷. Schemat pojedynczego wyjaśnienia można zapisać następująco:

$$\frac{G(C)}{E}, \quad [W1]$$

gdzie $G(C)$ jest zbiorem twierdzeń stanowiących eksplanans (C_1, C_2, \dots, C_n), E zaś jest eksplanandum. Niech będzie dane inne wyjaśnienie: {154}

$$\frac{G(R)}{C_i}, \quad [W2]$$

w którym $G(R)$ jest eksplanansem (R_1, R_2, \dots, R_n), zaś C_i jest eksplanandum. Wyjaśnienia pierwotne [W1] i wtórne [W2] wzięte łącznie stanowią najprostszy system wyjaśnień. Bardziej skomplikowany system wyjaśnień będzie zawierać [W3], w którym eksplanansem byłoby jakieś twierdzenie R_i itd.

Wszystkie eksplanacje systemu wyjaśnień $G[W]$ związane są w jedną strukturę logiczną tak, że od każdego z nich można przejść do dowolnego innego za pośrednictwem określonego szeregu operacji logicznych. Układy wyjaśnień mogą być typu liniowego (faktologicznego lub nomologicznego), bądź poziomego. Wszystkie eksplananda systemu liniowego są twierdzeniami tego samego rzędu logiczno-epistemologicznego. K. Darwin np. wyjaśnia spadek urodzaju nasion koniczyny za pomocą twierdzenia o warunkach brzegowych - zmniejszyła się

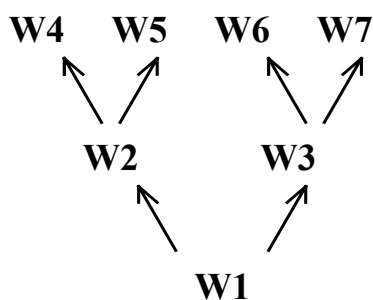
²⁶Hajduk Z., *Pojęcie i funkcja modelu*, "Roczniki Filozoficzne", 20(1972), z. 3, s. 77-109, 110-113, 123n; Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 64-68.

²⁷Realnie nie dzieje się tak, ponieważ zawsze w teorii znajdują się twierdzenia nie posiadające statusu eksplanandum (twierdzenia faktualne o niedawno odkrytych obiektach i zasady najwyższego stopnia). Sponuje to problem skończoności i nieskończoności wyjaśnień. Systemy wyjaśnień omawiają: Lubański M., *Wyjaśnianie a testowanie*, "Roczniki Filozoficzne", 20(1972), z. 3, s. 54 n. Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 259-277.

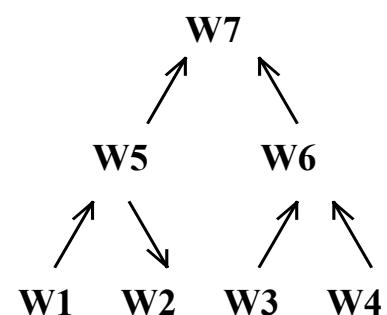
liczba trzmieli. To ostatnie tłumaczy z kolei zwiększeniem ilości ptaków. Eksplanans trzeciego wyjaśnienia zawiera twierdzenie o zmniejszeniu liczby myszy polnych itd. Schemat tego systemu wyjaśnień ma wygląd łańcucha lub drzewa.

Mimo powszechności użycia systemów liniowych, dla nauki najbardziej charakterystyczne są układy poziome wyjaśnień. Eksplananda wyjaśnień pierwotnego i wtórnego należą wtedy do różnych poziomów logiczno-epistemologicznych. Systemy liniowe i poziome są względem siebie odwrotne. W systemie liniowym na podstawie jednego wyjaśnienia buduje się jedno lub kilka wyjaśnień wtórnych. W systemie poziomowym jedno wyjaśnienie wtórne obejmuje wiele pierwotnych, wnika coraz głębiej w istotę badanego obiektu poprzez odkrywanie praw coraz głębszych (Ryc. 1).

liniowy system wyjaśnień



poziomowy system wyjaśnień



Schemat. Graficzny obraz porównujący liniowy (dendrytowy) i poziomowy system wyjaśnień. W liniowym systemie wyjaśnień [W1] jest wyjaśnieniem pierwotnym, a [W2] i [W3] są wyjaśnieniami wtórnymi. W poziomowym systemie wyjaśnień [W1], [W2], [W3] i [W4] są wyjaśnieniami pierwotnymi, a [W5] i [W6] wyjaśnieniami wtórnymi itd. (za: Nikitin, *Wyjaśnianie...*)

{155}

IV. PRZEWIDYWANIE JAKO FUNKCJA NAUKOWA

Wyjaśnienia naukowe wtedy dopiero stają się rzetelne, kiedy zostaną poddane surowym testom i je przetrzymają. Testowanie jest jednak związane z inną funkcją nauki jaką jest przewidywaniem, czyli przewidywanie. Przewidywaniem zawiera w sobie zarówno prognozowanie (mówienie o zdarzeniach przyszłych), jak i postgnozowanie (retrognozowanie - odnoszenie się do takich faktów, które według naszych prognoz zaszły w przeszłości, ale nie dokonano ich percepcji)²⁸. Wyjaśnianie i przewidywanie są ze sobą jako funkcje i cele przyrodoznawstwa nierozdzielnie związane. Przewidywanie opiera się na wyjaśnianiu, albo inaczej, wyjaśnianie jest podstawą przewidywań, czyli znajomość praw i warunków brzegowych, które tłumaczą zajście danego zjawiska, czy procesu, pozwala w sposób trafny dedukować nowy fakt. W przewidywaniu eksplanans nazywa się *bazą prognozowania (predykatum)*, a *prognoza* jest od-

²⁸Mazierski, *Problem...*, s. 87; Heller M., *Filozofia nauki. Wprowadzenie*, WAM, Kraków 1992, s. 32.

powiednikiem eksplanandum²⁹. Na przewidywanie, podobnie jak na wyjaśnianie, nakłada się określone warunki konieczne do tego by prognoza była prawomocna, adekwatna. Praktycznie rzecz biorąc są to te same warunki, które wcześniej odniesiono do wyjaśniania.

Logiczna struktura przewidywania jest zarazem tożsama i "odwrotna" do struktury logicznej wyjaśniania³⁰. W przewidywaniu wyprowadza się prognozy oparte na eksplanansie skonstruowanym w procesie wyjaśniania. Nie znaczy to jednak, iż epistemologiczna rola tych dwóch procedur badawczych jest tożsama. Można powiedzieć, że przewidywanie i wyjaśnianie są funkcjami nauki komplementarnymi względem siebie, ale teoriopoznawczo niezastępowalnymi. (podobnie nie analizowany opis naukowy). Podobieństwo schematu logicznego eksplanacji i prognozowania nie suponuje bynajmniej podobieństwa ich roli w budowaniu teorii naukowej.

Prognoza ma szczególnie duże znaczenie, gdy prawa użyte do jej wyprowadzenia są hipotezami. Pozwala ona wtedy potwierdzić, bądź obalić w konfrontacji z eksperymentem eksplanans, czyli przyjęte wyjaśnienie³¹. Mówi się {156} wtedy o testowaniu wyjaśnienia zawierającego hipotezy³². Dzięki testowaniu wyjaśnienia, czy zespoły wyjaśnień w postaci teorii, mogą być intersubiektywnie kontrolowane (potencjalnie każdy może z dowolnego wyjaśnienia wysnuć testowalne konsekwencje i skonfrontować ją z doświadczeniem). Kontakt z empirią, jak widać leży zarówno u początku, jak i końcu procedury budowania teorii naukowej³³

Rozumienie teorii empirycznej jako powiązania między wyjaśnianiem a przewidywaniem (testowaniem), zawiera w sobie problem stopnia potwierdzenia - korroboracji - teorii empirycznej, czyli "hartu" teorii wobec konfrontacji z doświadczeniem³⁴. Termin "korroboracja" jest pokrewny wprowadzonemu przez R. Carnapa terminowi "konfirmacja" (uprawdopodobnienie przez potwierdzenie). Konfirmacja, dyskonfirmacja, a także pojęcie mocy predyktywnej hipotez, są dorzecznymi (odnoszącymi się do empirii) kryteriami ich naukowości, wyboru oraz akceptowalności³⁵. W nauce maksymalny walor poznawczy mają świadectwa empiryczne popierające hipotezę nowoodkrytą, rywalizującą, lub nie, z poprzedniczkami.

²⁹Por. Mazierski, *Problem...*, s. 89.

³⁰Dyskusję kwestionującą "odwrotność" struktury logicznej wyjaśniania i prognozowania, w oparciu o analizę użycia generalizacji statystycznej w wyjaśnianiu, a także "absurdu" użycia eksplanansa jako bazy przewidywania, można znaleźć w: Motycka, *Relatywistyczna...*, s. 96-98.

³¹Empiryczne świadectwo obala co prawda hipotezę konkluzywnie, trzeba jednak pamiętać, że jednostowe, niepowtarzalne wydarzenia nie mają dla nauki znaczenia (nauka nie jest o indywidualach - Arystoteles). Z powodu kilku sprzecznych z teorią oderwanych zdań bazowych nie należy odrzucać teorii jako sfalsyfikowanej (Popper K. R., *Logika odkrycia naukowego*, (tłum. z angielskiego), PWN, Warszawa 1977, s.74.

³²Lubański, *Wyjaśnianie...*, s. 51.

³³Bocheński, *Współczesne...*, s. 110.

³⁴Popper, *Logika...*, s.34.

³⁵Hajduk, *Uwarunkowania..., część II*, s. 37-42.

Przyjmując stanowisko syntetyczne, prezentowane przez Hajduka, nie preferuje się tutaj ani konfirmacjonizmu, jako pewnej formy indukcjonizmu, ani refutacjonizmu (dyskonfirmacjonizmu), jako formy dedukcjonizmu, ale stanowisko pośrednie, które odzwierciedlają następujące twierdzenia: 1) Konfirmacja i refutacja są stopniowalne, aczkolwiek nie liczbowo. 2) Teorie są nieskończonymi, co za tym nie w pełni sprawdzalnymi zbiorami zdań, obowiązują więc zasada preferowania lepiej potwierdzonych systemów wyjaśnień (o większej zawartości empirycznej). 3) Łatwiej testować hipotezy ogólniej sformułowane, a szczególnie jeśli są zaprzeczeniami twierdzeń precyzyjnych (np. $x \neq y$). 4) Nie będzie doniosłym nieobalenie hipotezy. 5) Konfirmacjonizm jest warunkiem koniecznym, aczkolwiek niewystarczającym do orzekania prawdziwości zdań. 6) Krytyka hipotez nie powinna być ani destruktywna (niwecząca sukcesy - gdyby jedynie falsyfikacja tłumaczyła postęp nauki, wtedy naukowe byłyby tylko teorie jeszcze nie sprawdzone i już zdyskonfirmowane), ani protekcyjna (chroniąca błędy). 7) Wartość konfirmacji i refutacji zależy od jakościowego zaawansowania wiedzy, którą się dysponuje. 8) W praktyce badawczej hipotezy i teorie są wartościowane także według kryteriów pozaempirycznych.³⁶

{157} Przed testowaniem preferuje się teorie o większej zawartości empirycznej (bardziej podatne na falsyfikację), po testowaniu należy preferować teorie, które przetrwały surowe testy - są w wysokim stopniu skoroborowane. Test powinien być surowy w tych dziedzinach doświadczenia, w których testowana teoria nie jest zgodna z wiedzą tła, to znaczy, że fakty empiryczne są implikowane przez tę teorię a nie przez wiedzę tła. Stopniowalność koroboracji łączy się z aproksymacyjnością prawdy w naukach faktualnych. Zasady preferowania teorii nie dopuszczają możliwości, jakoby w nauce było możliwe osiągnięcie prawdy, można się do niej jedynie zbliżyć. Dobra teoria naukowa (postępowa) winna wyjaśniać to, co wyjaśniały poprzedniczki, a jednocześnie pozwalać przewidywać więcej niż one. Przewidywać więcej faktów - mieć, w sensie popperowskim, większą zawartość empiryczną.

Z powodzeniem można przyjąć, że "odwrotność" wyjaśniania i prognozowania pod względem struktury logicznej suponuje podobne kryteria podziału prognoz, co eksplanacji³⁷. Mimo dyskusji zapoczątkowanej przez Hempła o to, czy możliwe są prognozy oparte na eksplanansie wyjaśniania nomologicznego, można w tym miejscu przyjąć za Nikitinem realność istnienia prognoz nomologicznych i teoriologicznych. Przewidując własności nieodkrytych pierwiastków, Mendelejew przewidział faktycznie prawa koegzystencjalne konkomitujące własności tych pierwiastków³⁸; podobnie budowanie hipotetyczne teorii obiektów nieobserwowalnych (atomistyki przez Demokryta, ale i współczesnych teorii, na przykład kwarków, przez M. Gell-Manna i H. Zweiga) jest faktycznie prognozowaniem teoriologicznym. Ciekawą sugestię wysunął Bunge, wskazując na większą moc prognoz opartych na predykatum

³⁶Hajduk, *Uwarunkowania..., część II*, s. 40-41.

³⁷W prognozowaniu dochodzi jeszcze kryterium czasu (prognozy długo- i krótkoterminowe), o czym pisze Mazierski (Mazierski, *Problem...*, s. 89n.)

³⁸Nikitin, *Wyjaśnianie...*, s. 239 n, 254 n.

teleologicznym, funkcjonalnym, czy statystycznym. Niepewność praw przyczynowych przeciwstawia tutaj prawie pewności praw statystycznych³⁹.

Dyskutowana przez filozofów nauki jest asymetryczność eksplanacji i prognozowania ze względu na to, iż prognozy, odnosząc się do przyszłości, są jedynie uprawdopodobniane przez predykatum. W pracy tej przyjmuje się stanowisko, że prawdopodobność prognoz wynika raczej z braku znajomości (niemożliwości znajomości) obiektywnych praw przyrody, a także warunków brzegowych, niż z faktu odnoszenia ich do przyszłości. To, że w praktyce badawczej napotyka się tylko prawa jako pojęciowe rekonstrukcje obiektywnych praw przyrody i prawa praktyczne, nie oznacza, że w przyrodzie nie istnieją obiektywne prawidłowości⁴⁰. Nie jest to argument za ścisłym determinizmem, ponieważ być może właśnie indeterminizm jest obiektywną zasadą rzeczywistości, ale determinizm jest tutaj sugerowany⁴¹.

V. MIEJSCE BIOELEKTRONIKI WŚRÓD INNYCH NAUK PRZYRODNICZYCH

Pomijając w tym miejscu historię różnych konotacji terminu "bioelektronika"⁴², a także charakterystykę badań, które choć nie zawsze nominalnie, to jednak treściowo wchodzą w przedpole badań bioelektronicznych⁴³, należy stwierdzić, że bioelektronika jest dziedziną nauki rozwijaną w wielu krajach. Badania nawiązujące pośrednio do niej są prowadzone niemal

³⁹W granicznych przypadkach prawdopodobieństwa równego zeru i jedności, prawa statystyczne dają takie wyniki, jak przyczynowe tylko w sytuacjach wyjątkowych. Pozwalają nadto przewidywać zachowanie zjawisk zbiorowych, o co trudno w wypadku eskplanansów przyczynowych, czy strukturalnych (Bunge, *O przyczynowości...*, s. 387-391).

⁴⁰Bunge, *O przyczynowości...*, s. 374-377, 393-396.

⁴¹"Czasami słyszy się, że ruchami planet rządzi ściśle prawa, natomiast upadaniem kostki rządzi traf [...]. Moim zdaniem różnica polega na tym, że udało nam się skutecznie przewidzieć ruch planet, natomiast nie potrafimy przewidzieć jednostkowego rzutu kostką." (Popper, *Logika...*, s. 166). Zagadnienie to związane jest z "demonem Laplace'a": demon znający położenie oraz prędkość cząstek we wszechświecie, mógłby absolutnie dokładnie przewidywać. Zasada nieoznaczoności Heisenberga przeczy jakoby to mogło być możliwe (Lubański M., *Informacja - system*, [W:] M. Heller, M. Lubański, S. Ślaga, Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do filozofii przyrody, ATK, Warszawa 1982, s. 112), jednak zasada ta odnosi się, o czym trzeba pamiętać, do poznawania mikrokosmosu przez ludzi, a nie przez "demony". To, co dla nauki nie jest możliwe teoriopoznawczo nie jest niemożliwe ontologicznie. To, że poznajemy tak a tak, nie znaczy, że tak a tak się dzieje. "Nie jest rzeczą szlachetną zrzucić na przyrodę odpowiedzialność za nasze własne ułomności. Dlatego też ontologiczny determinizm nie jest sprzeczny z epistemologicznym probabilizmem." (Bunge, *O przyczynowości...*, s. 401).

⁴²Biedulski, *Rys historyczny...*, s. 10-13; Wnuk M., Zon J., *Wkład Włodzimierza Sedlaka w powstawanie bioelektroniki*, "Biuletyn Kwartalny Radomskiego Towarzystwa Naukowego", 23(1986), z. 3-4, s.88-103; Moskwa W., *Hipotezy alternatywne wobec koncepcji bioplazmy*, [W:] W. Sedlak, J. Zon, M. Wnuk (red.), *Bioplazma: Materiały II Krajowej Konferencji*, KUL Lublin, 18 grudnia 1985, RW KUL, Lublin 1988, s. 139-157; Zon J., [recenzja:] *Stephen Bone, Bogumil Zaba. Bioelectronics. John Wiley & Sons. Chichester-New York 1992 ss. 152*, "Roczniki Filozoficzne", 41(1993), z. 3, s. 155-157; Sedlak, *Bioelektronika - system nowego pojmowania życia*, "Roczniki Filozoficzne", 32(1984), z. 3, s. 200-202; Zon, *"Topografia"...*, s. 31; Wnuk M., [recenzja:] *Franco Bistolfi. Biostructures and Radiation: Order Disorder. Edizioni Minerwa Medica. Torino 1991 ss. XVIII + 302.*, "Roczniki Filozoficzne", 41(1993), z. 3, s. 152-154; Zon J., *Nadzieje i trudności polskiej bioelektroniki*, "Więź", 238(1978), s. 137-140; Lubański M., *Życie w ujęciu bioelektroniki i teorii regulonów*, [W:] Lubański, Ślaga, *Z zagadnień...*, t. XIII, s. 91-108; Pankowska T., *Bioelektronika w Polsce*, [W:] Sedlak, *Bioelektronika: Materiały I...*, s. 15-19; Sedlak, *Wprowadzenie w bioelektronikę*, Ossolineum, Wrocław 1988.

⁴³Zon, *Bioelectronics...*, s. 185-187.

wszędzie, gdzie istnieje odpowiednie zaplecze laboratoryjno-ideowe. S. Bone i B. Zaba, jako autorzy książki o bioelektronice, uznali co prawda trzon myśli bioelektronicznej {159} jako wyzwanie w stronę technologii i wyzwania intelektualne, na razie trudne do zrealizowania⁴⁴, istnieje wszakże nurt, który już teraz podejmuje dociekania elektronicznych własności biosu, dla eksplanacji większej ilości obserwowalnych danych i predykcji większej ilości faktualnych prognoz. Jest to bioelektronika w rozumieniu właściwym dla tej pracy. Przyjęta definicja bioelektroniki została zaczerpnięta od J. Zona i brzmi:

"Bioelektronika (biologiczna elektronika = elektronika i elektrodynamika biologicznych systemów i procesów) może być zdefiniowana jako obszar aplikacji metod i koncepcji teoretycznej i stosowanej elektroniki do żywych systemów i ich części składowych w celu: 1) identyfikacji elektronicznych własności i elektronicznych procesów w tych systemach, 2) wskazania ważnej roli jaką mogą odgrywać w zjawiskach życiowych"⁴⁵.

Bioelektronika należy ze względu na ogólnie pojętą metodę (dedukcyjno-indukcyjno-abdukcyjną)⁴⁶ do nauk przyrodniczych, ze względu na przedmiot materialny⁴⁷ należy do nauk biologicznych, zaś ze względu na metodykę badań, oraz przedmiot formalny (poziom strukturalny i funkcjonalny, pod którego kątem bada bios) należy do nauk biofizycznych, a wśród nich do nauk o bioelektryczności⁴⁸. Nauki biofizyczne są to nauki graniczne (podobnie jak biochemiczne), czyli aplikujące metodykę jednej nauki (grupy nauk) do przedmiotu tradycyjnie przynależącego drugiej nauce (grupie nauk). O tym, że taka procedura jest płodna poznawczo przekonano się już na początku XIX wieku. {160}

Przedmiot bioelektroniki jest determinowany przez trzy czynniki. Po pierwsze, aspektem strukturalnym, pod którego kątem bioelektronika bada biosferę jest poziom submolekularny w tym znaczeniu, że nawet odnosząc się do populacji, czy ekosystemów ma zawsze na uwadze ten istotny poziom egzystencji biologicznej. Po drugie, aspektem funkcjonalnym są procesy przenoszenia zdelokalizowanych ładunków elektrycznych (elektronów, dziur, proto-

⁴⁴Bone S., Zaba B., *Bioelectronics*, John Wiley & Sons, Chichester-New York 1922, s. 5-7. Autorzy ci podjęli problemy: opisu i zrozumienia reakcji przenoszenia elektronów w bioukładach, zrozumienia układów elektrochemicznych, a także właściwości dielektrycznych biomateriałów, oraz znaczenia uwodnienia organizmów. Jako nierealistyczne uznali zagadnienia: przetwarzanie i przechowywanie informacji w bioukładach elektronicznych, funkcjonowanie w organizmach mikrostruktur elektronicznych, a także biosensorów, potencjalnie większej użyteczności opisu i wyjaśniania życia na tak odległym od form finalnych poziomie egzystencji.

⁴⁵Zon, *Bioelectronics...*, s. 183 n.

⁴⁶Dedukcja jest właściwa modelowi wyjaśniania (budowania wiedzy) D-H, indukcja modelowi D-N, natomiast abdukcja nie wpominanemu R-D (modelowi retrodukcyjnemu). Różnica między tym ostatnim modelem a H-D polega na tym, że w R-D wychodzi się w procesie wnioskowania od anomalii, niezgodnych z obowiązującym paradygmatem. Por. Pieczętkowski W., *Norwooda R. Hansona koncepcja dynamiki teorii empirycznej*, "Roczniki Filozoficzne", 35-36(1987-1988), z. 3, s. 67-71; Hajduk Z., *Metanaukowe tendencje badawcze w problematyce odkrycia naukowego*, "Roczniki Filozoficzne", 33(1985), z. 3, s. 53

⁴⁷Rozróżnienie w tradycyjnej opcji epistemologicznej przedmiotu materialnego (ogólnie wziętej dziedziny poznawczej) od formalnego (aspektu poznawanej rzeczywistości) można znaleźć w: Kamiński, *Nauka...*, s. 187.

⁴⁸Zon J., *Ogólna charakterystyka nauki o bioelektryczności*, "Summarium TN KUL", 28(1979), ss. 75-78.

nów), a także kwantów elektromagnetycznych (fotonów) i mechanicznych (fononów) ze szczególnym uwzględnieniem informacyjnej i energetycznej funkcji tego transferu zarówno na wszystkich poziomach organizacji biosfery. Po trzecie, stosowaną metodyką, są techniki zaczerpnięte z elektroniki fizycznej i stosowanej ciała stałego, oraz statystyki. Przedmiot bioelektroniki można ostatecznie określić jako: 1) normalnie funkcjonujące układy żywe wszystkich szczebli organizacji ze szczególnym uwzględnieniem ich poziomu submolekularnego, 2) informacyjne i energetyczne znaczenie dla życia procesów i zjawisk mających naturę kwantową, szczególnie zaś elektromagnetyczną, w tym dokonujące się w pasmach energetycznych (niejonowe) przewodnictwo elektryczne, emisja laserowa mikrostruktur biologicznych, holograficzna natura pamięci i inne, oraz 3) badanie elektronicznych własności materiałów biologicznych *in vitro*, a także *in vivo*, ze szczególnym zwróceniem uwagi na ich własności półprzewodzące, piezo-, piro-, ferroelektryczne, nadprzewodzące, fotoelektryczne, ciekłokrystaliczne, magnetyczne i inne. Badania te są dokonywane na: a) składnikach poszczególnych biostruktur (ekstrahowanych, izolowanych w obrębie struktur wyższego rzędu), b) substancjach biomimetycznych, czyli naśladujących te składniki, c) jednostkach rekonstruowanych, czyli rekonstruowanych z uprzednio rozłożonych elementów, d) układach hybrydowych elektroniczno-biologicznych.

Metodyka badań obejmuje: 1) prace laboratoryjne z zakresu biomikroelektroniki, 2) prace w warunkach doświadczalnych pozalaboratoryjne, odnoszące się do statystycznej korelacji wpływu czynników fizycznych na organizmy i populacje i reakcji tychże, 3) rachunki matematyczne w oparciu o wzory fizyki i elektroniki, 4) prace syntetyczne, teoretyczne polegające na zbieraniu wyników badań empirycznych w celu ich koncepcyjnego opracowywania w oparciu o badania prowadzone z myślą o opracowaniu ich w ramach bioelektroniki, a także w oparciu o badania prowadzone z myślą o opracowaniu biochemicznym, przez farmaceutów, wojskowość, laboratoria medyczne i inne.

Nauki graniczne ze swojej istoty łączą świat ożywiony ze światem nieożywionym. Dzieje się tak poprzez wskazanie, iż przedmiot ożywiony i nieożywiony można badać przy użyciu tego samego aparatu analitycznego i syntetycznego, czyli przy pomocy wspólnej metodyki i wspólnej metody ogólnie pojętej.⁴⁹ {161} Można przyjąć optymistyczny pogląd, iż teraźniejszość i przyszłość nauki należy w do nauk granicznych i, że nie można poznawać przyrody w oparciu jedynie o jedną, bądź kilka nauk.

W samej bioelektronice można wyodrębnić subdyscypliny ze względu na przedmiot formalny, czy metodykę. Część z tak wyodrębnionych subdyscyplin bioelektroniki "granicznych" z innymi działami biofizyki, czy biochemii. Świadczy to pośrednio, że paradygmat bioelektroniczny (biofizyczny) dzięki naukom granicznym zbliża się z paradygmatem bioche-

⁴⁹Takie podejście ma niewątpliwie implikacje redukcjonistyczne. Redukcjonizm i autonomizm są w gruncie rzeczy doktrynami światopoglądowymi, skrywającymi za fasadą naukowości tendencje ideologiczne. Pomijając tu rozwiązania ontologiczne i epistemologiczne, należy z punktu widzenia metodologicznego przyjąć stanowisko realistyczne: dopuszcza się pluralizm technik badawczych, co suponuje niepomijalną wartość dla poznania i dydaktyki wszystkich nauk przyrodniczych.

micznym. Za subdyscypliny bioelektroniki można uważać biochemię kwantową, fizykę ciała stałego biologicznego, elektroniczną fizjologię, ekologię elektromagnetyczną, biomikroelektronikę, bioelektronikę statystyczną, czy bioelektronikę relatywistyczną. Można także wyróżniać subdyscypliny bioelektroniki ze względu na rzeczywistość biologiczną i powiązane z nią teorie, na przykład: optoelektronikę biologiczną, antropologię kwantową⁵⁰.

VI. EKSPLANANDA BIOELEKTRONICZNYCH WYJAŚNIEŃ

Tym, co sprowokowało narodziny badawczej perspektywy bioelektroniki jest zestaw faktów empirycznych, powtarzalnych i w miarę postępu badań możliwych do ekonomicznego opisu. Tworzą one faktologiczne eksplananda wyjaśnień bioelektronicznych.

I. Obserwowalne własności elektroniczne materiałów biologicznych *in vitro*, czyli: 1) półprzewodnictwo aminokwasów, białek, karotenoidów, porfiryn, błon biologicznych, melaniny, włókien mięśniowych i innych (Cope, Tien, Bulanda, Pethig, Simionescu i wsp.); 2) piezoelektryczność aminokwasów, białek, kości, mięśni, ścięgien, naczyń krwionośnych, tkanek roślinnych, DNA, kolagenu i innych i innych (Fukada, Athenstaed, Marino, Becker); 3) piroelektryczność kolagenu, tkanki nerwowej, kości i ścięgien i innych (Lang, Athenstaed); 4) nadprzewodnictwo wysokotemperaturowe DNA, lizozymu, cholesterolu i innych (Cope, Goldfein); {162} 5) fotoprzewodnictwo (fotoabsorpcja, fotoemisja) aminokwasów, białek, kwasów nukleinowych, zasad purynowych, pirymidynowych i innych (Steiner, Weinryb)⁵¹.

II. Obserwowalne własności organizmów *in vivo*, niewytłumaczalne (anomalie) z punktu widzenia biochemicznego: 1) ultrasłaba bioluminiscencja, organizmów, świeżo wy-preparowanych tkanek, kultur komórek (Gurwicz, Popp, Rattemeyer, Schreiber, Szczurin, Sławiński); 2) magnetotaktyzm wielu gatunków bakterii, owadów (pszczoł), ptaków (gołębi), ssaków i innych (Keeton, Walcott, Lindauer, Martin, Blakemore, Backer); 3) zależność bio-rytmów od ultrasłabych wpływów środowiska geofizycznego u badanych zwierząt i roślin (Brown, Wever, Presman, Szmigielski); 4) nietermiczny wpływ promieniowania elektromagnetycznego niejonizującego (mikrofalowego, radiowego i innych) na metabolizm badanych zwierząt i roślin (Presman, Hołownia, Mikołajczyk, Cope, Wertheimer); 5) i inne, jak emisja

⁵⁰Zon, *Bioelectronics...*, s. 201; Zon, *Biomikroelektronika...*, s. 152 n; Sedlak, *Wprowadzenie...*, s. 69-109; Sedlak W., *Zarys biologii relatywistycznej*, "Roczniki Filozoficzne", 29(1981), z. 3, s. 43-64; Sedlak W., *Postępy fizyki życia*, IW PAX, Warszawa 1984, s. 236-262; Sedlak W., *Homo electronicus*, PIW, Warszawa 1980, s. 160-171; Sedlak W., *Bioelektronika*, IW PAX, Warszawa 1979, s. 504-526; Popp F. A., *Biologia światła*, (tłum. z niemieckiego), WP, Warszawa 1992.

⁵¹Wnuk M., *Rola układów porfiryńowych w ewolucji życia*, s. 185, [W:] Lubański, Ślaga, *Z zagadnień...*, tom IX, Warszawa 1987; Pethig R., *Electrical Properties of Biological Tissue*, [W:] A. A. Marino (red.), *Modern Bioelectricity*, Marcel Dekker, New York 1988, s. 125-167; Lang S. B., *Bioelectric Pyroelectricity*, [W:] Marino, *Modern...*, s. 257-271; Sedlak, *Wprowadzenie...*, s. 18-22; Sedlak W., *Piezoelektryczność związków organicznych i kwantowoakustyczne podstawy informacji biologicznej*, "Roczniki Filozoficzne", 25(1977), z. 3, s. 149-153; Zon J., *Plazma elektronowa w błonach biologicznych*, RW KUL, Lublin 1986, s. 213-216; Kryszewski M., *Półprzewodniki wielkocząsteczkowe*, PWN, Warszawa 1968, s. 261-279; Bone, Zaba, *Bioelectronics...*, s. 61-88.

pól magnetycznych, elektrycznych i elektromagnetycznych przez organizmy, czy istnienie różnic potencjałów w różnych partiach organizmów⁵².

Fakty te są empirycznie skontastowanymi obserwacjami, domagającymi się tłumaczenia, ale nie poprzez wprowadzanie hipotez *ad hoc* w ramach istniejących teorii, albo pomniejszenie ich znaczenia⁵³. "Biochemia zaczyna nie wystarczać, {163} a magnetycznych własności związków organicznych nie da się wyjaśnić bez mechaniki kwantowej". Za tą propozycją kryje olbrzymi wysiłek rozumiejącego ogarnięcia tego, co nieznanne. Wejście zaś w nieznanne rejony życia jest dziełem bioelektroniki⁵⁴.

Wyjaśnianiu nomologicznemu i teoriologicznemu podlegają takie fragmenty nauki, które w świetle nowych badań nie spełniają już funkcji wyjaśniającej⁵⁵. Bioelektronika z tego powodu powinna poddawać wyjaśnianiu prawa biologii, biochemii, i innych nauk o życiu. Jest rzeczą oczywistą, że jako nauka młoda bardziej jest ukierunkowana na rozwój wyjaśnień faktologicznych, jednak od początku swojego rozwoju ma ambicje teoretyczne i reinterpretuje dokonania innych nauk. Oto przykłady eksplanandów nomologicznych i teoriologicznych.

1) Biochemiczne prawa i teorie odnoszące się do: a) aktywności enzymatycznej, b) zależności funkcji fizjologicznych od otoczenia, c) aktywnego transportu przez błony biolo-

⁵²Popp, *Biologia...*, s. 36-43; Becker R. O., Selden G., *Electropolis*, (tłum. z angielskiego), IW PAX - Fundacja Bioelektroniki, Warszawa 1994, s. 273-288; Wojtusiak R. J., Majlert Z., *Geomagnetobiologia*, PAN, "Nauka dla wszystkich", nr. 445, Kraków 1992, s. 18-76; Wierciński A., *Biorytmy a bioplazma*, [W:] Sedlak, Bioelektronika: Materiały I..., s. 87-99; Brykczyński P., *Rytmy naturalnego otoczenia a socjorytmy*, [W:] Sedlak, Bioelektronika: Materiały I..., s. 103-118; Presman A. S., *Pola elektromagnetyczne a żywa przyroda*, (tłum z rosyjskiego), PWN, Warszawa 1971; Hołownia J., *Promieniowanie elektromagnetyczne w naturze i jego znaczenie dla organizmów żywych*, [W:] Sedlak, Zon, Wnuk, Bioelektronika: Materiały VI..., s. 75-87; Sedlak W., *Ochrona środowiska człowieka w zakresie niejonizującego promieniowania*, "Wiadomości Ekologiczne", 19(1973), z. 3, s. 226-234; Sedlak W., *Problemy planetarnej ochrony elektromagnetycznego środowiska w odniesieniu do populacji ludzkiej*, "Studia i Materiały Monograficzne Instytutu Medycyny Pracy w Łodzi", 8(1981), z. 3, s. 55-63; Janowski T., *Pola elektryczne człowieka i zwierząt oraz ich egzo- i endogenne zależności*, [W:] Sedlak, Zon, Wnuk (red.), Bioelektronika: Materiały VI..., s. 97-106.

⁵³Usiłowanie pomniejszania roli elektronicznych własności materiałów biologicznych poprzez traktowanie ich jako "skutek uboczny", albo "przypadkowe" jest nie słuszne, bowiem zapomina o zasadzie ekonomii w ewolucji. Organizmy obciążone balastem cech zbędnych są w potencjalnie gorszej sytuacji selekcyjnej. To prawda, że takim "balastem" jest także duża część nieużywanego DNA, ale... czy rzeczywiście niepotrzebne? Jest to raczej kolejny fakt do wyjaśnienia, może właśnie poprzez wskazanie olbrzymiej roli DNA w wymrażaniu (magazynowaniu) fotonów, a także emisji biolaserowej (Popp, *Biologia...*, s. 91-95, 119-126) w ramach nowej, bliższej rzeczywistości teorii.

⁵⁴Sedlak, *Postępy...*, s. 33, 36; Sedlak W., *Wejście w nieznanne rejony życia*, "Roczniki Filozoficzne", 37-38(1989-1990), z. 3, s. 207-216.

⁵⁵Z czterech powodów: 1) Prawa i teorie dotychczasowe nie są adekwatne do eksplanacji nowo odkrytych wymiarów i obszarów rzeczywistości dlatego należy na nie nałożyć warunki brzegowe uściślające zakres ich kompetencji, jeśli mają mieć wartość dla nauki (np. na mechanikę Newtona w kontekście mechaniki relatywistycznej). 2) Prawa i teorie dotychczasowe wyjaśniają poprzez odwołanie się do płytszego poziomu zjawisk, dlatego wymagają potwierdzenia poprzez prawa i teorie zdolne do głębszego wniknięcia w naturę rzeczy (np. genetyka mendlowska w genetyce molekularnej). 3) Prawa i teorie dotychczasowe nie wystarczały do konstruowania baz prognozowania zdolnych wysnuwać prognozy i retrognozy odkrywcze z punktu widzenia coraz nowocześniejszych technik badawczych. 4) Prawa i teorie dotychczasowe wymagają reinterpretacji, aby bez wprowadzania hipotez *ad hoc* były zdolne do wyjaśniania nowych danych doświadczalnych (anomali).

giczne, d) regulacji wzrostu, e) kondensacji chromatyny, f) natury rytmów biologicznych, g) fotoaktywności, h) percepcji zmysłowej (mechanoreceptory), i) regeneracji nerwów, j) immunologii, k) bólu i gojenia ran, l) terapii, ł) mechanizmu zapłodnienia, m) znaczenia wody dla życia i innych. {164}

2) Dotychczasowe rozwiązania problemów interdyscyplinarnych, jak: a) abiogenezy, b) natury życia, c) ewolucji, d) akupunktury, e) hipnozy, f) telepatii, g) starzenia się, h) interakcji organizm a środowisko fizyczne i inne.

3) Prawa i teorie innych nauk: a) antropologii, b) psychosomatyki, c) ekologii, d) medycyny i innych⁵⁶.

VII. WYJAŚNIENIA MODELOWE W BIOELEKTRONICE

Kajta sugeruje, że wyjaśnianie w bioelektronice (Sedlaka) dokonuje się w oparciu o trzy modele: elektroniczny, elektromagnetyczny i bioplazmowy⁵⁷. Można się z tym zgodzić, gdyż faktycznie u Sedlaka występuje posługiwanie się *pozytywnymi modelami analogicznymi z cechami modelowania myślowego, a także modelu mechanicznego*. Sprawa ta zostanie przybliżona na przykładzie modelu elektronicznego.

Model elektroniczny polega na tym, że analogonem układu żywego jest urządzenie techniczne. Zwykle wymienia się tu trzy rodzaje analogii: 1) substratu - np. plazma w półprzewodniku a plazma w półprzewodzących elementach budulcowych organizmów; 2) struktury - np. śrubowych kształtów pinchów w plazmie a budowy DNA w postaci skręconej helisy; 3) funkcji - detekcji pól elektromagnetycznych przez urządzenia techniczne a podobnej detekcji przez organizmy. Wnuk wskazuje tutaj też na osobny rodzaj analogii: 4) równowagi dynamicznej - procesów degradacji i stabilizacji w plazmie, donorowo - akceptorowych w półprzewodnikach a katabolizmu i anabolizmu układów żywych⁵⁸. Z modelu elektronicznego (bioelektronicznego) Sedlak wyprowadza szereg wniosków heurystycznych, między innymi: a) życie powinno mieć naturę elektromagnetyczną, b) powinno zachodzić zjawisko biolase-

⁵⁶Por. Wnuk M., *Możliwość udziału plazmy fizycznej w katalizie enzymatycznej*, [W:] Sedlak, Zon, Wnuk (red.), *Bioplazma: Materiały II...*, s. 87-112; Wnuk M., *Bioelectronic Aspect of Enzymatic Catalysis*, "Roczniki Filozoficzne", 35-36(1987-1988), z. 3, s. 119-123; Popp, *Biologia...*, s. 145; Wierciński, *Biorytmy...*, s. 88 n; Dunin M., Pyrcioch T., *Bio-termoelektrodynamiczny model procesów akupunkturowych*, [W:] Sedlak, Zon, Wnuk (red.), *Bioelektronika: Materiały VI...*, s. 127-132; Becker, Selden, *Elektropolis...*, s. 257-272; Adamski A., *Możliwa rola piezoelektryczności w procesie zapłodnienia komórki jajowej*, [W:] Sedlak, Zon, Wnuk, *Bioelektronika: Materiały VI...*, 163-166; Adamski A., *Bioelektroniczny aspekt działania mechanoreceptorów*, [W:] Zon J., Wnuk M., (red.), *Perspektywy bioelektroniki*, RW KUL, Lublin 1984, s. 93-102; Rzepka J., *Elektrofizjologia a elektropsychologia*, [W:] Sedlak, *Bioelektronika: Materiały I...*, s. 37-42; Majchrzyk E., *Bioelektroniczny czynnik w psychosomatyce*, [W:] Sedlak, *Bioelektronika: Materiały I...*, s. 43-45; Persinger M. A., *The Modern Magnetotherapies*, Marino, *Modern...*, s. 589-621; Bone, Zaba, *Bioelectronics...*, s. 89-128; Zon J., *Elektroniczny aspekt procesów gerontalnych*, [W:] Sedlak, *Bioelektronika: Materiały I...*, s. 229-237.

⁵⁷Kajta, *Włodzimierza Sedlaka...*, s. 172-205.

⁵⁸Wnuk, *Rola...*, s. 186.

rowe, c) powinna istnieć plazma w układzie żywym, d) życie powinno polegać na zszyciu metabolizmu {165} z elektroniką, e) poziom kwantowy (elektronowo-fotonowo-fononowy) powinien być najwłaściwszym poziomem opisu życia, f) życie polega na permanentnym wzbudzeniu energetycznym, g) zewnętrznym, przestrzennym ograniczeniem organizmu jest elektrostaza (powierzchniowe zagęszczenie ładunków) i kontynuacja elektromagnetyczna, h) mechanizm pamięci winni mieć naturę holograficzną (lub nadprzewodzącą - Cope), i) ważną rolę winny odgrywać w ustroju żywym kwanty akustyczne - fonony, i inne⁵⁹.

Należy stwierdzić, że heurystyka (odkrycie), nie dopełniona przez eksplanację i prognozowanie, tylko w pewnym stopniu przyczynia się do postępu wiedzy. Same modele pełnią, oprócz funkcji heurystycznej, także opisową, eksplanacyjną, czy prognostyczną a modelowanie nie polega tylko na wyszukiwaniu analogii między analogonem a analogatem, ale przede wszystkim na aplikacji praw własnych analogonu do opisu, wyjaśniania i prognozowania w analogacie. Jeżeli zatem modelowanie ma mieć w bioelektronice wartość naukową, nie powinno się ograniczać do preferowania jego heurystycznej funkcji, ale także eksplanacyjno-predyktywnej. Dużym sukcesem bioelektroniki w zakresie wyjaśniania modelowego może być to, że prawa własne samej elektroniki posiadają bardzo dużą moc i zdolność wyjaśniania w zakresie fizyki ciała stałego, czy fizyki plazmy. Pozwala to na konstruowanie dość precyzyjnych, w sensie zaawansowania aparatu matematycznego, operacji modelowego ujmowania rzeczywistości biologicznej. Modele konstruowane w oparciu o rozwiązania techniczne z zakresu elektroniki pozwalają wyjaśnić podane eksplananda faktologiczne, a więc własności elektroniczne materiałów biologicznych, a także mechanizm odbioru przez organizmy bodźców fizycznych środowiska i inne. Model lasera biologicznego, zaproponowany przez Sedlaka⁶⁰, a rozwinięty przez Poppa i współpracowników, a także model bioplazmy rozwinięty przez Zona i Wnuka, w istocie dzięki zastosowaniu praw własnych modelu, wychodzą naprzeciw nowym faktom, przedtem tylko luźno wiązanim w ogólnie sformułowanych koncepcjach, przeważnie w dużej części nawiązujących do biochemii⁶¹. {166}

Dobrym przykładem w tym względzie jest modelowe wyjaśnienie katalizy enzymatycznej przez Wnuka⁶². Na podstawie praw własnych modelu technicznego, odniesionych poprzez analogię substratu, struktur i funkcji do enzymów, autor wyjaśnia sam sens istnienia analogii (elektroniczne własności biomateriałów, warstwowa strukturę enzymu - sandwiczowa, ciekłokrystaliczność elementów strukturalnych enzymów, rezonansowy wpływ niejonizu-

⁵⁹Sedlak, *Bioelektronika...*, s. 472. Wnioski heurystyczne przybierają u tego autora również postać modeli (np. bioplazma w: Sedlak W., *Bioplazma jako podstawowa metoda sondażu życia*, "Roczniki Filozoficzne", 27(1979), z. 3, s. 103-121), można w związku z tym powiedzieć, że status metodologiczny pewnych pomysłów Sedlaka jest niejednoznaczny. Woźniak np. zalicza teorie bioplazmy, elektromagnetycznej natury życia, elektrostazy i pola biologicznego do hipotez (Woźniak, *Metodologiczna...*, s. 63-66). Oczywiście w tym ujęciu są to hipotezy egzystencjalne.

⁶⁰Sedlak W., *Plazma fizyczna i laserowe efekty w układach biologicznych*, "Kosmos A", 19(1971), z. 2, s. 143-154; Sedlak W., *Laserowe procesy biologiczne*, "Kosmos A", 21(1972), z. 5, ss. 533-545.

⁶¹Na przykład Presmana: Presman, *Pola...*, s. 87 n.

⁶²Wnuk, *Bioelectronic ...*; Wnuk, *Możliwość...*

jącego promieniowania na enzymy, ultrasłabą luminescencję towarzyszącą np. fosforylacji oksydacyjnej. Eksplanandum zatem jest tutaj istnienie takich własności materiałów i struktur biologicznych, które dają podstawę do sformułowania analogii. Eksplanans z kolei zawiera prawa własne modelu, czyli: koegzystencję tworzenia złącz typu p-n z budową sandwichową technicznych urządzeń, prawa detekcji elektromagnetycznej, diod elektro-luminescencyjnych, lasera, ale także prawa dotyczących mikroplazmowego działania złącz typu p-n. Autor wspomina o istnieniu modeli konkurencyjnych, czyli półprzewodnikowym Cope'a, nadprzewodnikowym Achimowicza, piezoelektrycznej teorii Caserty i Cervigni'ego, a następnie skupia się na bioplazmowym modelu katalizy enzymatycznej. Hipotezą najwyższego stopnia jest tutaj istnienie analogii między urządzeniami technicznymi a budową i funkcją enzymu, Hipotezą mniejszej rangi jest twierdzenie o plazmowym mechanizmie działania złącza typu p-n. Zacieśnienie warunków brzegowych następuje poprzez obliczenie warunków granicznych istnienia plazmy w układzie enzymatycznym. Jest to więc *wyjaśnienie modelowe faktologiczne z elementami wyjaśniania teoriologicznego*, czyli takiego, gdzie reinterpretacji ulegają biochemiczne modele katalizy enzymatycznej. Model plazmowy katalizy enzymatycznej jest *pozytywnym modelem analogicznym*. Przykładem *modelu mechanicznego* może być opisywanie przez Zona i Tiena własności elektronicznych sztucznie skonstruowanego systemu podwójnego błon biologicznych w postaci płaskiej (planar bilayer lipid membranes - BLMs), także z wbudowanymi molekułami barwników biologicznych⁶³.

Modele, łącznie z wymienionymi wyżej, są w wyjaśnianiu niejednoznaczne, bo nawet w ramach samej bioelektroniki dopuszczają inne wyjaśnienia (np. przedstawiany model katalizy enzymatycznej dopuszcza inne tłumaczenia - Cope'a i innych); hipotetyczne, gdyż posługują się hipotezą najwyższej rangi o izomorfii i homomorfii analogonu i analogatu; nie wprost, bo odwołują się do innego rodzaju rzeczywistości. Jest to realny powód, aby szukać na terenie {167} bioelektroniki wyjaśnień przez prawa własne. Prawa własne modelu analogicznego powinny, po reinterpretacji, stać się prawami własnymi dziedziny przedmiotowej, którą model wyjaśnia. Czy bioelektronika przybiera kształty coraz bardziej teoretycznie zaawansowane i początkowe spełnianie heurystycznej roli przez budowę modeli bioelektronicznych, a następnie także wyjaśniającej, odchodzi na plan dalszy wobec wyjaśniania przez hipotezy sformułowane w postaci praw i prawa własne bioelektroniki?

VIII. WYJAŚNIANIE PRZEZ PRAWO WŁASNE W BIOELEKTRONICE

W publikacjach metanaukowych o bioelektronice nie ma zbyt wielu prób skonfrontowania koncepcji bioelektroniki z pojęciem prawa naukowego. Zdaniem autora bioelektronika dysponuje dobrze skonstruowanymi opisami własności elektronicznych materiałów biolo-

⁶³Zon J., Tien Ti H., *Electronic properties of natural and modeled bilayer membranes*, [W:] Marino, Modern..., s. 207-221.

gicznych. Jest wysoce prawdopodobne w świetle danych doświadczalnych, że przewodnictwo elektronowe jest przewodnictwem równoległym występującym do przewodnictwa jonowego w błonach biologicznych, jak i w błonach modelowych sztucznie skonstruowanych. Podobnie istnienie efektu fotoelektrycznego w błonach biologicznych czynnych z udziałem światła⁶⁴. Jak się wydaje dokładne doświadczalne określenie parametrów liczbowych tych i innych własności może być podstawą sformułowania praw koegzystencjalnych własnej dziedziny przedmiotowej bioelektroniki. Oznacza to, że prawa takie dotyczyłyby już nie urządzeń skonstruowanych z nieorganicznych i organicznych materiałów o własnościach elektronicznych, ale wprost biosu na każdym szczeblu organizacji, ze szczególnym uwzględnieniem kwantowego. Oto przykłady praw konkomitujących cechy materiałów i tkanek biologicznych, a także poszczególnych mikroukładów.

"Wartość modułów piezoelektrycznych d_{14} wynosi w przybliżeniu 10^{-14}mV^{-1} dla tchawicy i jelita, a 10^{-13}mV^{-1} dla wiązadła"⁶⁵.

"Ekscymerowe lasery DNA pracują na granicy faz $f_0=1$ między strukturą bezwładną ($f_0\{1$) a spójną ($f_0\}1$). Współczynnik q_0 określa rozcieńczenie gazu fotonowego, wysyłanego przez DNA, stanowiącego właściwy aktywny materiał laserowy ($f_0=1$), w środowisku komórek ($f\cong 10^{-22}$) i określony jest zależnością: $q_0 = f_0 / f \leq 10^{22}$ "⁶⁶

Prawo pierwsze początkowo miało postać hipotezy "być może tkanki biologiczne są piezoelektrykami" i miało tłumaczyć odkrycie zaskakującego zjawiska {168} piroelektryczności w tkankach biologicznych w 1941 roku przez Martina. W wyniku intensywnych badań Basseta, Fukady i innych hipoteza ta uzyskała potwierdzenie doświadczalne⁶⁷, a w momencie określenia mierzalnych parametrów zjawiska, miano prawa koegzystencjalnego, mogącego być użytecznym w tłumaczeniu innych zaskakujących zjawisk tego typu. Nie jest to zwykła generalizacja empiryczna ponieważ wartość modułu d_{14} dla tchawicy, jelita i wiązadła obowiązuje dla wszystkich wartości czasu i przestrzeni, czyli jest prawem ściśle ogólnym. Generalizacja ta spełnia także inne warunki nałożone na prawa, jak potwierdzanie kontrfaktycznych okresów warunkowych, pełnienie roli wyjaśniającej, przynależności do systemu i inne⁶⁸ Istotną trudnością jest tutaj duża zmienność osobnicza i gatunkowa warunków fizycznych materiałów biologicznych. Trudnością jest także anizotropowość i niejednorodność ośrodka biologicznego, na co zwraca uwagę Zon przy próbie sformułowania wzoru prawa przyczynowego, które mogłoby być własnym prawem bioelektroniki. Wzór ten odnosi się do własności piroelektrycznych materiałów biologicznych:

"Każda zmiana temperatury o dT w zakresie temperatur (T_2-T_1) lub deformacja mechaniczna typu D_m , zachodząca w części organizmu C_0 , w wieku W , należącego do gatunku

⁶⁴Zon, *Plazma elektronowa...*, s. 195-345.

⁶⁵Adamski, *Bioelektroniczny...*, s. 97.

⁶⁶Popp, *Biologia...*, s. 126.

⁶⁷Adamski, *Bioelektroniczny...*, s. 96.

⁶⁸Mazierski, *Prawa przyrody. Studium metodologiczne*, RW KUL, Lublin 1993, s. 97-121.

G , w porze roku P_r i porze dnia P_d wywołuje zawsze skutek fizjologiczny S_f o natężeniu N , który realizuje się wskutek wywołania zmiany polaryzacji elektrycznej dP ⁶⁹.

Wymienione trudności w sformułowaniu najprostszego (choć bardziej skomplikowanego niż: "kość jest pizoelektrykiem", albo "odkształcając kość wywołujemy jej polaryzację elektryczną") prawa koegzystencjalnego, czy przyczynowego na terenie bioelektroniki nie przeczy bynajmniej, że podjęte próby nie są sformułowaniami praw własnych dziedziny przedmiotowej. W świetle publikacji eksperymentalnych i teoretycznych z zakresu bioelektroniki pewne hipotetyczne do tej pory wyjaśnienia faktologiczne stają się wyjaśnieniami przez prawo własne, które określa realne związki i uwarunkowania zachodzące w układach żywych.

Można wskazać na terenie bioelektroniki przykłady wyjaśnień genetycznych, strukturalnych, substancjalno-atrybutywnych, systemowych, przez zaklasyfikowanie, odwołanie się do innego poziomu zjawisk, czy funkcjonalnych. Podobnie nie można zaprzeczyć istnieniu na terenie bioelektroniki wielu korelacji statystycznych, np. o istnieniu korelacji występowania (oraz natężenia) burz magnetycznych {169} a ataków (i natężenia) choroby u pacjentów szpitali psychiatrycznych i także liczby przyjęć pacjentów do takich szpitali⁷⁰.

Generalizacje tego typu przyjmują formę praw statystycznych, możliwych do użycia w wyjaśnieniach statystycznych faktów o podobnym znaczeniu. Sugeruje to istnienie także statystycznego typu wyjaśniania przez prawo własne w bioelektronice. Istotnie w wielu przypadkach, aby wyjaśnić eksplananda zawierające opisy obserwowanych *in vivo* skutków oddziaływania czynników fizycznych na organizmy konstruuje się eksplanansy zawierające dostatecznie potwierdzone prawa statystyczne. Podobnie ma się rzecz z wyjaśnianiem teleologicznym. Na terenie bioelektroniki sformułowano hipotezy w postaci praw o charakterze teleologicznym, np. o tym, iż organizmy dążą do zachowania warunków na istnienie stanu plazmowego, aby nie nastąpił u nich zanik funkcji życiowych⁷¹. Hipoteza ta jest elementem eksplanansa wyjaśniania nomologicznego przewartościującego teleologiczne prawo dążenia organizmów do zachowania życia poprzez dostosowanie populacji do warunków środowiskowych. Jest także elementem eksplanansa, razem z prawami plazmy fizycznej w strukturach żywych wyjaśniania faktologicznego, którego eksplanandum zasadza się na obserwowanej interakcji organizmów i środowiska elektromagnetycznego, albo innego, gdzie eksplanandum jest obserwowalny spadek konsumpcji tlenu w procesach gerontalnych. Z drugiej strony sama jest eksplanandum wyjaśnienia nomologicznego, którego eksplanans zasadza się na hipotezie wyższego rzędu o plazmowych mechanizmach regulacji i energetyki wewnątrzorganizmalnej. Jest zatem umieszczona w pewnej hierarchii wyjaśnień. O wartości bioelektroniki jako teorii naukowej świadczy więc nie tylko istnienie poszczególnych wyjaśnień model-

⁶⁹Zon, "Topografia"..., s. 19.

⁷⁰Becker, Selden, *Elektropolis*..., s. 274-275.

⁷¹Zon J., *Spadek witalności jako wynik osłabienia warunku istnienia stanu plazmowego w organizmie*, [W:] Zon, Wnuk, *Perspektywy*..., s. 119-125.

wych, czy przez prawo własne, ale ich hierarchia zwana systemem wyjaśnień. Zanim kwestia systemów wyjaśnień w bioelektronice zostanie przybliżona należy zauważyć co następuje.

(1) Trudno ustalić jaki jest ilościowy stosunek praw do hipotez o formule praw w ramach bioelektroniki, niemniej wydaje się, że prawa znajdują większe zastosowanie w wyjaśnieniach faktologicznych oraz modelowych. W wyjaśnieniach o większej doniosłości, to znaczy głębiej wnikających w istotę rzeczywistości biotycznej, mają zastosowanie przeważnie hipotezy.

(2) Dobrze rozwinięte są w bioelektronice wyjaśnienia modelowe, co wskazuje na pokrewieństwo z "młodszyimi" i rozwijającymi się dopiero naukami granicznymi, jak niektóre subdyscypliny biofizyki i nauki pograniczne między biofizyką a biochemią. Na to pokrewieństwo wskazuje także proporcja różnych {170} typów wyjaśnień przez prawo własne (duży stosunkowo udział mają w bioelektronice prawa statystyczne i koegzystencjalne).

(3) Uogólnienia bioelektroniki są zdaniem ściśle ogólnymi, spełniającymi warunki nałożone na prawa. Mazierski sprzeciwia się uznaniu uogólnień biologicznych (prawa ewolucji, prawo biogenetyczne) za prawa przyrodnicze ze względu na ograniczenie czasowo-przestrzenne biosfery (niepotwierdzalność kontrfaktycznych okresów warunkowych i akcydentalność generalizacji biologicznych), niespełnianie przewidywanych funkcji przez uogólnienia biologiczne, spełnianie funkcji wyjaśniającej tylko w zakresie wyjaśniania probabilistycznego i strukturalnego, odmawianie jej zaś w zakresie wyjaśniania przyczynowego⁷². W tym miejscu uznaje się, że ograniczenie czasowo-przestrzenne biosfery jest nieistotne ze względu, iż obiektywne prawa biosu są kontynuacją praw przyrody nieożywionej. Ponadto życie jest funkcją, która może się realizować w materii w obrębie całego wszechświata, niekoniecznie w oparciu o biochemię węgla, a ograniczenie czasowo-przestrzenne biosfery można uważać raczej za warunki graniczne wyjaśnień nauk o życiu, niż powód odmawiania generalizacji tych nauk rangi praw. Nauki o życiu są z jednej strony płodne w wiele prognoz, o czym świadczy postęp medycyny, biotechnologii, biologii molekularnej, z drugiej strony prognozy są "niepewne" ze względu raczej na nieznaną dostateczną warunków brzegowych dla danego prawa, także we wszystkich naukach fizykalnych. Wyjaśnienia koegzystencjalne czy probabilistyczne nie są mniej wartościowe, niż kauzalne. Te ostatnie są zresztą reprezentowane szeroko w biologii przez wyjaśnianie genetyczne. W bioelektronice prawa przyczynowe są może w obecnym stadium jej rozwoju mniej obecne, jednak się je formułuje, przynajmniej jako hipotezy. Stopień skomplikowania warunków brzegowych systemów biologicznych wskazuje właśnie na potrzebę aplikacji metodyki nauk fizycznych do badania biosu. Sformułowanie praw bioelektronicznych, wzorowanych na prawach fizyki i elektroniki, jest krokiem w stronę zrozumienia obiektywnych praw biosu. Prawa te jednak są prawami własnymi bioelektroniki, a nie fizyki czy biologii.

⁷²Por. Mazierski, *Prawa...*, s. 146-160.

IX. HIERARCHIA BIOELEKTRONICZNYCH WYJAŚNIEŃ

W bioelektronice system wyjaśnień przybiera charakter poziomy ze względu na to, iż eksplananda wyjaśnień wtórnych są bardziej ogólne i są twierdzeniami wyższego stopnia epistemologicznego i logicznego. Liczba wyjaśnień pierwotnych [W1] jest większa niż wtórnych kolejnych rzędów i są to przeważnie {171} wyjaśnienia statystyczne i koegzystencjalne przez prawo wasne o charakterze faktologicznym, np. obserwowalna interakcja organizmu i środowiska. Wyjaśnienia wtórne pierwszego rzędu [W2] mają przeważnie charakter wyjaśnień modelowych faktologicznych i nomologicznych. Trudno powiedzieć ile modeli funkcjonuje w bioelektronice, w przybliżeniu ich liczbę można określić na kilkunaście do kilkudziesięciu. Hipoteza o istnieniu analogii urządzeń technicznych do układów biotycznych jest wyższego rzędu epistemologicznego i odzwierciedla głębszy poziom zjawisk zachodzących w przyrodzie ożywionej. Także prawa elektroniki użyte w tych wyjaśnieniach modelowych stwierdzają niejednokrotnie głębsze zależności na bardziej podstawowym poziomie niż można by stwierdzić na podstawie wyjaśnień pierwotnych. Eksplanasy modelowego wyjaśniania w bioelektronice stają się eksplanandum wyjaśnień wtórnych drugiego rzędu [W3], gdzie w eksplanansach dominują typowo bioelektroniczne hipotezy o formule praw, np. strukturalna o plazmowym charakterze mechanizmu recepcji pól elektromagnetycznych. Na czwartym poziomie wyjaśnień [W4] eksplanansy zawierają hipotezy najwyższego rzędu epistemologicznego. Te właśnie hipotezy, mające postać najogólniejszych praw, są istotną podstawą zarówno wyjaśnień modelowych użytych w wyjaśnieniach wtórnych pierwszego rzędu, jak i konstruowania hipotez wyjaśnień wtórnych drugiego rzędu. Wyjaśnienia np. plazmowego charakteru odbioru bodźców energetycznych i informacyjnych środowiska następuje poprzez wskazanie zasady głoszącej, że zdarzenia i procesy w biosie zależą w najistotniejszym stopniu od zdarzeń i procesów z submolekularnego poziomu egzystencji.

Stosunkowo dobrze rozwinięte wyjaśnianie modelowe tworzy obszerny treściowo i zakresowo poziom wyjaśnień wtórnych pierwszego rzędu. Mimo, że [W3] zawiera prawa własne bioelektroniki, to ich hipotetyczność sprawia, że nie stanowią wyjaśnień pewniejszych od eksplanacji z [W2], przynajmniej dopóki nie zostaną solidnie skonfirmowane. Jednak wyjaśnienia modelowe [W2] ustępują wyjaśnieniom przez prawo własne wyższych poziomów [W3] i [W4] pod względem *mocy wyjaśniania*. [W3] i [W4] głębiej odzwierciedlają istotę badanego biosu. Jak dotąd największą pewnością, choć najmniejszą mocą, odznaczają się wyjaśnienia pierwotne [W1]. Fakt ten obok hipotetyczności i znacznego udziału modelowania (typowego dla nauk granicznych) sprawia, że bioelektronika jest podobna do innych nowopowstających nauk przyrodniczych. Sceptycyzm w stosunku do hipotetyczności bioelektroniki w wyjaśnieniach [W3] i [W4], a pośrednio [W2] w tym kontekście nie wydaje się usprawiedliwiony. Moc wyjaśnień bioelektroniki polega na tym, że fakty, prawa i teorie dotychczas funkcjonujące w nauce są wyjaśniane nomologicznie i teoriologicznie poprzez odwołanie się do głębszego poziomu zjawisk. Jest to poziom kwantowy.

X. PROGNOSTYCZNE WNIOSKI BIOELEKTRONIKI

Wartość każdej teorii naukowej jest wyznaczona nie tylko jej walorami eksplanacyjnymi, ale także przewidystycznymi. Jest to szczególnie ważne dla teorii, do których zbioru należy też bioelektronika, gdzie dużą rolę w wyjaśnianiu odgrywa modelowanie i wyjaśnianie hipotetyczne. Przewidywalny aspekt funkcjonowania teorii naukowych odnosi się do testowania, ale także do pogłębiania ogólnie pojętej wiedzy. Bazą prognoz bioelektronicznych są wskazane wyżej eksplanansy. Ich wartość zależy od zdolności do przewidywania faktów, które nie były znane w momencie ich konstruowania. W wypadku potwierdzenia takich prognoz bioelektronika zyskuje dodatkowy stopień confirmacji i jej hipotezy zyskują miano praw naukowych. Zdolność do generowania prognoz przyrodniczych świadczy o *plodności* danej teorii naukowej, a ich potwierdzanie o stopniu jej korroboracji. Przed testowaniem bioelektronika powinna wykazywać możliwie dużą zawartość empiryczną, czyli podatność na falsyfikację. Po testowaniu winna być w wysokim stopniu potwierdzona, "zahartowana" w terminologii Poppera. Oznacza to, że pierwszym warunkiem pozytywnej oceny bioelektroniki w aspekcie testowania jest wskazanie możliwości tej ostatniej do projektowania eksperymentów konfrontujących z doświadczeniem jej hipotezy. Drugim warunkiem jest przetrwanie przez te prognozy surowych testów, czyli uzyskanie możliwie dużego stopnia korroboracji.

Eksplanansy wyjaśnień pierwotnych w bioelektronice mogą służyć i służą jako bazy prognozowania (tutaj postgnozowania) własności fizycznych i elektronicznych materiałów biologicznych, a także statystycznych korelacji działania czynników fizycznych na organizmy. Prognozy te uzyskują w bioelektronice wysoki stopień korroboracji o czym świadczy narastająca liczba publikacji stwierdzających te własności dla nowych materiałów i struktur biologicznych oraz nowe korelacje statystyczne interakcji organizmów i fizycznego środowiska.

Wyjaśnienia pierwotne pierwszego rzędu, to znaczy eksplanansy wyjaśniania modelowego także są płodne w wyszukiwanie coraz większej ilości analogii strukturalno-substratowo-funkcjonalnych między urządzeniami technicznymi i organizmami. Płodność prognozowania w tym wypadku wyraża się w zwracaniu uwagi na coraz to inne elementy konstrukcji, bądź funkcje układów technicznych i doszukiwanie się podobnych w układach żywych. Nieco trudniejszą kwestią jest tutaj potwierdzanie wysnutych prognoz (postgnoz). Wynika to z trudności natury ogólnej dotyczącej zasadniczej nietestowalności modeli niemechanicznych. Także modele mechaniczne, jeżeli są nawet poddane testowaniu, {173} to jego wyniki dotyczą samego modelu a nie rzeczywistości odwzorowującej model.

W wyjaśnieniach wtórnych drugiego rzędu testowanie ma szczególnie duże znaczenie. Wynika to z roli jaka przypada temu poziomowi wyjaśnień w eksplanacyjnej funkcji bioelektroniki. Wyjaśnienia tam zakwalifikowane są wyjaśnieniami ściśle bioelektronicznymi. Bez nich bioelektronika stałaby na dużo niższym stopniu uteoretyzowania, opartym tylko na mo-

delowaniu i stwierdzaniu własności elektronicznych biomateriałów. Hipotezy w formie praw tam sformułowane po potwierdzeniu stanowiąc będą prawa bioelektroniki o największej mocy wyjaśniania. Jako pole analizy przewidzistej funkcji baz prognozowania trzeciego poziomu wyjaśnień bioelektronicznych może posłużyć koncepcja bioplazmy, tym bardziej, że w jej ramach podjęto próbę projektowania eksperymentów konfirmujących eksplanację analizowanego poziomu sytemu wyjaśnień bioelektronicznych⁷³. Wysunięte propozycje bazują na predykatum pierwotnie wyjaśniającym analogię technicznych złącz typu p-n do niektórych struktur biologicznych, jak błony organelli komórkowych - mitochondriów i chloroplastów. Wy-suniętą analogię tłumaczy się prawem (hipotezą) stwierdzającym plazmowy mechanizm funk-cjonowania błon biologicznych, na przykład prawa (hipotezy) przyczynowego: "Plazma elek-tronowa pośredniczy w procesach prowadzących do uzyskania energii w postaci wiązań wysokoenergetycznych". Eksplanans zawiera w tej eksplanacji, oprócz przytoczonego wyżej prawa własnego i innych tego typu praw, prawa fizyki plazmy, oraz hipotetyczne, ilościowe przybliżenie warunków szczegółowych istnienia plazmy w błonach biologicznych⁷⁴, dzięki czemu uzyskuje on (eksplanans) dużą wiarygodność formalną. Wnioski prognostyczne doty-czą tutaj możliwości obserwowania odpowiedzi typu fizycznego lub biologicznego na działa-nie kontrolowanych bodźców (termicznych, chemicznych, radiologicznych, elektrycznych, magnetycznych, elektromagnetycznych, elektrostatycznych, akustycznych i innych). Odpo-wiedzi pozytywnie {174} korroborujące omawiane wyjaśnienia mogą dotyczyć: a) charakte-rystycznych zmian współczynników: odbicia, absorpcji czy przepuszczania fal elektromagne-tycznych (zależnie od częstości plazmowej ω_p), b) konsekwencji fizjologicznych, np. spo-walniania, przyspieszania czy też uniemożliwiania przebiegu pewnych procesów, c) zwięk-szanie, lub zmniejszanie się stopnia idealności plazmy elektronowej zawartej w substruktu-rach błon, d) zmiany innych parametrów jak przenikalności elektrycznej, stosunku energii potencjalnej do kinetycznej cząstek, koncentracji swobodnych nośników ładunku, masy efek-tywnej ruchliwych nośników ładunku.

Zon wskazuje na trudności związane z testowaniem omawianych praw i wyjaśnień. Związane są one głównie ze specyfiką ośrodka biologicznego, ale nie tylko. Mogą dotyczyć zaburzających oddziaływań wywołanych warunkami doświadczalnymi i trudnościami tech-nicznymi, heterogennością i anizotropowością ośrodka biologicznego, a także nadzwyczaj złożonym widmem rejestrowanego promieniowania, czasową zmiennością, labilnością wła-

⁷³Zon, *Plazma elektronowa...*, s. 333- 366; Zon J., *Propozycje doświadczeń fizjologicznych mających na celu wykrycie plazmy fizycznej w biostrukturach*, [W:] Sedlak, Zon, Wnuk, *Bioplazma: Materiały II...*, s. 125-138. Por. także: Bojanowska R., *Metody diagnostyczne bioplazmy*, [W:] Sedlak, *Bioelektronika: Materiały I...*, s. 83-86; Wnuk, *Rola...*, s. 190.

⁷⁴Na temat warunków istnienia plazmy w układach żywych patrz także: Wnuk, *Rola...*, ss. 195-216; Wnuk, *Warunki występowania plazmy fizycznej w błonach chloroplastów*, [W:] Zon, Wnuk, *Perspektywy...*, s. 127-131. Zon J., *Plazma fizyczna w mitochondriach i cytoplazmie*, "Zeszyty Naukowe PAX", Dodatek do nr. 29(1980), z.3, s. 28-37; Zon J., *Występowanie plazmy fizycznej w strukturach żywych*, "Roczniki Filozoficzne", 27(1979), z. 3, s. 125-134; Zon J., *Physical plasma in biological solids: A possible mechanism for resonant interactions between low intensity microwaves and biological systems*, "Physiol. Chem. & Physics", 11(1979), s. 501-506; Zon J., *The living cell as a plasma physical system*, [W:] "Physiol. Chem. & Physics", 12(1980), s. 357-364.

sności błon biologicznych, także pod wpływem informacyjnego i energetycznego działania użytych bodźców fizycznych i chemicznych, niewielkimi rozmiarami badanych układów, zakłóceniami oscylacji wywoływanymi przez szумы.

Pokonanie tych trudności wiąże się między innymi z: ad a) użyciem rekonstruowanych błon biologicznych, albo chociaż ich modeli mechanicznych, czy też możliwie subtelnym oddziaływaniem czynników fizycznych (doskonaleniem technik badawczych), ad b) zastosowaniem odpowiedniej techniki przygotowania błon, wykorzystaniem technik synchronizacji podjednostek błon, blokowaniem selektywnym poszczególnych podjednostek błon, izolowaniem ich funkcjonalnych substruktur i ich uporządkowaniem, rekonstruowaniem błon, ad c) przeprowadzaniem eksperymentów tylko w tych wycinkach czasowych, w których realizuje się plazma, pobudzaniem błon do synchronicznego przeprowadzania danego procesu (termicznie lub optycznie), ad d) dostosowaniem aparatury pomiarowej do rejestracji sygnałów o mocy o jeden rząd wielkości mniejszej niż ma to miejsce w urządzeniach technicznych, rekonstruowaniem błon, wykorzystywaniem stosów błon w badaniach, ad e) obniżeniem temperatury, użyciem odpowiedniej techniki "obróbki" matematycznej uzyskanych wyników. Zon proponuje konkretny układ doświadczalny, który mógłby służyć do sondowania bioplazmy.

Fakt ten, jak i przytoczone wyżej informacje szczegółowe są poważnym argumentem na rzecz płodności wyjaśnień typowo bioelektronicznych (z poziomu [W3]). Jak się wydaje, ich dostateczne skoroborowanie jest uzależnione od inwestycji finansowych w wyposażenie lub udostępnienie odpowiednich laboratoriów. Że poza granicami Polski tak się dzieje, o tym świadczy wspomniana książka Bone'a i Zaby, a także publikacje Cope'a, Poppa i innych {175} autorów. Podstawę do badań daje w pierwszej kolejności "wizja", następnie solidne opracowanie teoretyczne, a dopiero na końcu jej testowanie empiryczne. Bioelektronika, jak się wydaje, wyszła już z etapu "wizji", a coraz solidniejsza teoria daje mocną podstawę do przeprowadzania jej przez surowe testy.

Wyjaśnienia czwartego poziomu systemu eksplanacji bioelektronicznych budują eksplanansy zawierające najogólniejsze zasady bioelektroniczne, jak "życie ma naturę elektromagnetyczną", czy "istotnym poziomem funkcjonowania układów żywych jest poziom kwantowy". Prognozy wyprowadzone z baz prognozowania opartych na tych zasadach skierowują myśl badaczy także ku innym dziedzinom wiedzy: filozofii przyrody, biologii teoretycznej, antropologii, technologii komputerowej, ochronie środowiska, medycynie, a także ku zagadnieniom światopoglądowym. Sugestie wysunięte przez bioelektronikę w kierunku tych nauk zmierzają do poszerzania biochemicznego paradygmatu rozpatrywania problemów naukowych związanych z biosem o paradygmat biofizyczny, wskazujący na głębsze podłoże zjawisk biologicznych, i szersze mechanizmy interakcji organizmów z otoczeniem.

EXPLANATION AND PREDICTION IN BIOELECTRONICS

Summary

The author presents a philosophical analysis of bioelectronics in aspects of its scientific aims and functions, i.e. explanation and prediction. Bioelectronics is considered a borderline branch of natural sciences, and may be defined as the area of the applications of methods and concepts physical and applied electronics to living systems. The research work in this area has horizontal and developing structure of explanations which runs from basic good corroborated coexistential and statistic levels to higher ones. Although explanations on these latter levels involve many models and hypotheses (what is typical for the new and developing sciences), they present a higher epistemological and logical standard, as bioelectronics explains life phenomena on the lowest existence level of biosystems. Bioelectronics abounds with prognostic suggestions pertaining both to empirical tests in itself and in other sciences.