

MACIEJ WASZCZYK  
Gdynia

## 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 przewidywanie<sup>1</sup>. Co prawda S. Kajta poświęca rozdział wyjaśnieniu, 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 których napisano poniższy artykuł.

### I. WYJAŚNIANIE JAKO FUNKCJA NAUKOWA

Przypisywanie pierwszeństwa wśród innych przedmiotowych celów nauki wyjaśnianiu bywa związane z rozumieniem eksplanacji jako udzielaniem odpowiedzi na pytanie „dlaczego?”. Taki nurt eksplikacji tego pojęcia nazywany jest klasycznym i związany jest z poglądem, zgodnie z którym w nauce mamy do

---

<sup>1</sup> Głównie chodzi o prace: J. Z o n, *Bioelectronics: a background area for biomicroelectronics in the science of bioelectricity*, „Roczniki Filozoficzne”, 34(1986), z. 3, s. 183-201; t e n ż e, „Topografia” badań w dziedzinie bioelektroniki, w: *Bioelektronika. Materiały VI Krajowego Sympozjum, KUL Lublin, 20-21 listopada 1987*, red. W. Sedlak, J. Zon, M. Wnuk, Lublin 1990, s. 11-34; J. Z o n, *Biomikroelektronika: Wstępna charakterystyka jej przedmiotu metod i zadań*, „Roczniki Filozoficzne”, 39-40(1991-1992), z. 3, s. 119-129; Cz. B i e d u l s k i, *Rys historyczny bioelektroniki*, w: *Bioelektronika: Materiały I Krajowego Sympozjum, KUL Lublin, 14-15 maja 1975*, red. W. Sedlak, Lublin 1979, s. 9-14; Z. W o ź n i a k, *Metodologiczna charakterystyka bioelektroniki*, w: *Bioelektronika: Materiały I*, s. 55-68; S. K a j t a, *Włodzimierza Sedlaka kwantowa teoria życia*, w: *Z zagadnień filozofii przyrodoznawstwa i filozofii przyrody*, t. XII, red. M. Lubański, S. Ślaga, Warszawa 1991; S. Z i ę b a, *Analiza filozoficzna bioelektronicznej koncepcji życia*, „Roczniki Filozoficzne”, 30(1982), z. 3, s. 81-95.

czynienia z prawdą, lub jej aproksymacją (realizm eksplanacyjny)<sup>2</sup>. Istnieje także nurt relatywistycznej wizji nauki (Feyerabend, Toulmin, Hanson, pośrednio Kuhn), gdzie eliminuje się problematykę wyjaśniania spośród istotnych działań naukowych<sup>3</sup>.

Jest rzeczą zrozumiałą, na co zwraca uwagę E. Nikitin, że niewłaściwe jest mówienie o wyjaśnianiu i jego rodzajach wyłącznie na podstawie analizy 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 wyjaśnianiem<sup>4</sup>. 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 wypadku dowodzenia to, czego należy dowieść, nie jest jeszcze znane, zdanie uzasadniane nazywa się wtedy *demonstrandum*; w wypadku wyjaśniania to, co ma być wytłumaczone, jest zdaniem stwierdzającym stan rzeczy i nazywane jest *eksplanandum*<sup>5</sup>. 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 tłu-

<sup>2</sup> S. K a m i ń s k i, *Nauka i metoda. Pojęcie nauki i klasyfikacja nauk*, Lublin 1992, s. 198, 224-225; A. B r o n k, *Wielość nauk i jedność nauki. Stanisława Kamińskiego opcje metodologiczne*, w: K a m i ń s k i, *Nauka*, s. 366. Kwestię 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: Z. H a j d u k, *Uwarunkowania postępu poznawczego w teoriach rozwoju nauki, część II*, „Roczniki Filozoficzne”, 39-40(1991-1992), z. 3, s. 41-45.

<sup>3</sup> Por. A. M o t y c k a, *Relatywistyczna wizja nauki. Wprowadzenie: Filozoficzny spór o naukę*, Wrocław 1984, s. 100-106; P. K. F e y e r a b e n d, *Wyjaśnianie, redukcja i empiryzm*, w: t e n ż e, *Jak być dobrym empirystą*, tłum. z angielskiego, Warszawa 1979, s. 62-152.

<sup>4</sup> E. N i k i t i n, *Wyjaśnianie jako funkcja nauki*, tłum. z rosyjskiego, Warszawa 1975, s. 10-13; Z. H a j d u k, *Niektóre aspekty wyjaśniania*, „Roczniki Filozoficzne”, 17(1969), z. 3, s. 112; E. N a g e l, *Struktura Nauki. Zagadnienia logiki wyjaśnień naukowych*, tłum. z angielskiego, Warszawa 1985, s. 30, 144; T. W o ł k, *Ewolucja poglądów Ernesta Nagla na wyjaśnianie*, „Roczniki Filozoficzne”, 37-38(1989-1990), z. 3, s. 188.

<sup>5</sup> K. A j d u k i e w i c z, *Dowód i wyjaśnianie*, w: *Język i poznanie*, t. II, Warszawa 1985, s. 402 n.

maczących, zwanych *eksplanansem*. 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 nie wyjaśnione, wyjaśnianie potoczne<sup>6</sup> oraz mające charakter nieodkrywczy wyjaśnianie dydaktyczne.

Klasyczny model wyjaśniania w naukach przyrodniczych został zaproponowany przed blisko czterdziestu laty przez Hempel i Oppenheima<sup>7</sup> 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 rzeczy<sup>8</sup>.

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, zaś zdania tworzące eksplanans muszą być prawdziwe<sup>9</sup>. Mazierski wskazuje na konieczność dołączenia do tego zestawu jeszcze jednego warunku: eksplanans musi zawierać warunki brzegowe, dzięki którym prawo funkcjonuje<sup>10</sup>.

<sup>6</sup> H a j d u k, *Niektóre*, s. 91-92; C. G. H e m p e l, *Podstawy nauk przyrodniczych*, tłum. z angielskiego, Warszawa 1968, s. 122-124; N i k i t i n, *Wyjaśnianie*, s. 8-10.

<sup>7</sup> C. G. H e m p e l, P. O p p e n h e i m, *Studies in the Logic of Explanation*, „Philosophy of Science”, 15(1948), s. 135-175.

<sup>8</sup> J. W y s o c k i, *Problem wyjaśniania teleologicznego w biologii*, w: *Z zagadnień*, t. XIII, Warszawa 1991, s. 40-43, H e m p e l, *Podstawy*, s. 78, 88-90.

<sup>9</sup> W y s o c k i, *Problem*, s. 40 n.

<sup>10</sup> S. M a z i e r s k i, *Problem prawomocności i różnorodności prognoz przyrodniczych*,

## II. TYPY WYJAŚNIEŃ

U różnych autorów znaleźć można różnie ujęte typologie i klasyfikacje typów wyjaśniania w naukach w ogóle, lub w jakiejś podklasie nauk<sup>11</sup>. Próbując znaleźć kompromis pomiędzy różnymi poglądami na uporządkowanie wyjaśnień stosowanych w naukach przyrodniczych można powiedzieć, że ze względu na charakter stosowanych w eksplanansie praw 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, zaś 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), a także przyrodniczych, wyjaśnianie genetyczne. W wyjaśnianiu tym określa się cały szereg etapów pośrednich, przez które przeszedł układ zanim osiągnął stan, który wyjaśniamy<sup>12</sup>. 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

---

„*Studia Philosophiae Christianae*”, 9(1973), z. 1, s. 93 n. Nieco inaczej formułuje te warunki Nikitin w: *Wyjaśnianie*, s. 35-46).

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

<sup>12</sup> Nagel, *Struktura*, s. 27, 31 n.; Hajduk, *Niektóre*, s. 88, 90 n.

zjawisk<sup>13</sup>, 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)<sup>14</sup>. Pomijając w tym miejscu dyskusję z płaszczyzny witalizm-mechanicyzm przyjmuje się stanowisko, że dla rozważanego zagadnienia nie jest istotne rozwiązanie 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 podstawy 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 przyrodzie<sup>15</sup>.

W kontekście wyjaśniania celowościowego mówi się także o wyjaśnianiu funkcjonalnym. Można pominąć tutaj dyskusję nad tym, 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  $y$ <sup>16</sup>.

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

---

<sup>13</sup> B u n g e, *O przyczynowości*, s. 362-366; H a j d u k, *Niektóre*, s. 94-111; N i k i t i n, *Wyjaśnianie*, s. 84-89.

<sup>14</sup> Por. B. O. K ü p p e r s, *Geneza informacji biologicznej. Filozoficzne problemy powstania życia*, tłum. z niemieckiego, Warszawa 1991, s. 23; S. Z i ę b a, *Za i przeciw teleonomicznej interpretacji życia*, „Roczniki Filozoficzne”, 41(1993), z. 3, s. 111-126.

<sup>15</sup> Por. J. W y s o c k i, *Zagadnienie celowości procesów biologicznych*, w: *Z zagadnień*, t. X, Warszawa 1988, s. 209-220.

<sup>16</sup> Por. W y s o c k i, *Problem*, s. 69 n.

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%<sup>17</sup>. Jednak, 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. Bungego: „Odrzucać wyjaśnianie statystyczne byłoby rzeczą równie niemądrą, jak uznawać je ostatecznie”<sup>18</sup>.

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 iż 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”<sup>19</sup>.

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 indywidualne (jednostkowe), albo uogólnienie zdarzeń jednostkowych otrzymane poprzez indukcję enumeracyjną. W tym drugim wypadku uogólnienie to zawiera wiele 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)<sup>20</sup>. 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

---

<sup>17</sup> Por. B o c h e ń s k i, *Współczesne metody myślenia*, tłum. z niemieckiego, „W drodze”, Poznań 1992, s. 117.

<sup>18</sup> B u n g e, *O przyczynowości*, s. 366.

<sup>19</sup> Tamże, s. 375 n.

<sup>20</sup> N i k i t i n, *Wyjaśnianie*, s. 120-126.

realnych. Wyjaśnianie nomologiczne ustala miejsce i zakres prawa wyjaśnianego, podciąga je pod inne prawa nauki<sup>21</sup>. 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 wskazaną<sup>22</sup>. 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 i 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 eksplanansa, 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”<sup>23</sup>. Prawo (hipoteza) użyte do wyjaśnienia charakteryzuje się odpowiednią z d o l n o ś c i ą w y j a ś n i a j ą c ą, czyli zakresem orzekania o rzeczywistości. Zakres ten wskazuje dziedzinę przedmiotową, 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 m o c y w y j a ś n i a

<sup>21</sup> Tamże, s. 126-131.

<sup>22</sup> Tamże, s. 132.

<sup>23</sup> Tamże, s. 48.

n i a 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 chemicznych<sup>24</sup>.

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 miałyby sensu<sup>25</sup>.

Za Hajdukiem można wyróżnić pięć typów modeli. 1. *M o d e l e a n a l o g i c z n e*. Model stanowi wtedy analogon badanego obiektu, czy procesu. 2. *M o d e l e m y ś l o w e*. 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 kontrfaktycznych, albo fikcjach naukowych. 3. *M o d e l e m e c h a n i c z n e*. Są to przedmioty materialne zastane w przyrodzie (modele naturalne), bądź skonstruowane (modele sztuczne). Ze względu na naoczność nazywane są często modelami ikonicznymi (obrazowymi). 4. *M o d e l e o p i s o w e*. Schematycznie przedstawiają złożoność badanego pola zjawisk fizycznych w celach fenomenistycznego opisu. 5. *M o d e l e t e o r e t y c z n e*. 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 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

---

<sup>24</sup> Tamże, s. 49-51.

<sup>25</sup> Tamże, s. 60 nn.



(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 na analogii; 2° hipotetyczne, ze względu na występujące 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 modelowego<sup>26</sup>.

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 WYJAŚNIENÍ

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 eksplanandum<sup>27</sup>. 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:

<sup>26</sup> Z. H a j d u k, *Pojęcie i funkcja modelu*, „Roczniki Filozoficzne”, 20(1972), z. 3, s. 77-109, 110-113, 123 n.; N i k i t i n, *Wyjaśnianie*, s. 64-68.

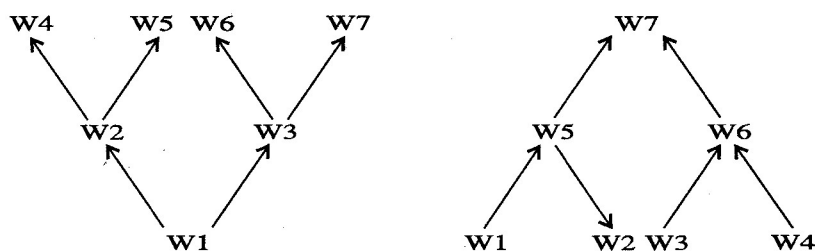
<sup>27</sup> Realnie nie dzieje się tak, ponieważ zawsze w teorii znajdują się twierdzenia nie posiadające statusu eksplanandum (twierdzenia faktualne o niedawno odkrytych obiektach i zasady najwyższego stopnia). Sponuje to problem skończoności i nieskończoności wyjaśnień. Systemy wyjaśnień omawiają: M. L u b a ń s k i, *Wyjaśnianie a testowanie*, „Roczniki Filozoficzne”, 20(1972), z. 3, s. 54 n.; N i k i t i n, *Wyjaśnianie*, s. 259-277.

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

w którym  $G(R)$  jest eksplanans ( $R_1, R_2, \dots, R_n$ ), zaś  $C_i$  jest eksplanandum. Wyjaśnienia pierwotne [W1] i wtórne [W2] wzięte łącznie stanowią najprostszy system wyjaśnień. Bardziej skomplikowany system wyjaśnień będzie zawierał [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 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 poziomym jedno wyjaśnienie wtórne obejmuje wiele pierwotnych, wnika coraz głębiej w istotę badanego obiektu poprzez odkrywanie praw coraz głębszych (schemat).



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

## IV. PRZEWIDYWANIE JAKO FUNKCJA NAUKOWA

Wyjaśnienia naukowe wtedy dopiero staną się rzetelne, kiedy zostaną poddane surowym testom i je przetrzymają. Testowanie jest jednak związane z inną funkcją nauki jaką jest przewidystyka, czyli przewidywanie. Przewidywystyka 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)<sup>28</sup>. Wyjaśnianie i przewidywanie są ze sobą jako funkcje i cele przyrodonoznawstwa 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 przewidystyce eksplanans nazywa się b a z ą p r o g n o z o w a n i a (*predykatum*), a p r o g n o z a jest odpowiednikiem eksplanandum<sup>29</sup>. 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 wyjaśniania<sup>30</sup>. 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 wyjaśnienie<sup>31</sup>. Mówi się

---

<sup>28</sup> M a z i e r s k i, *Problem*, s. 87; M. H e l l e r, *Filozofia nauki. Wprowadzenie*, Kraków 1992, s. 32.

<sup>29</sup> Por. M a z i e r s k i, *Problem* s. 89.

<sup>30</sup> Dyskusję kwestionującą „odwrotność” struktury logicznej wyjaśniania i prognozowania, opartą na analizie użycia generalizacji statystycznej w wyjaśnianiu, a także „absurdu” użycia eksplanansa jako bazy przewidywania, można znaleźć w: M o t y c k a, *Relatywistyczna* s. 96-98.

<sup>31</sup> Empiryczne świadectwo obala co prawda hipotezę konkluzywnie, trzeba jednak pamiętać, że jednostkowe, 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 (K. R. P o p p e r, *Logika odkrycia naukowego*, tłum. z

wtedy o testowaniu wyjaśnienia zawierającego hipotezy<sup>32</sup>. Dzięki testowaniu wyjaśnienia zespoły wyjaśnień w postaci teorii mogą być intersubiektywnie kontrolowane (potencjalnie każdy może z dowolnego wyjaśnienia wysnuć testowalne konsekwencje i skonfrontować je z doświadczeniem). Kontakt z empirią, jak widać leży zarówno u początku, jak i końca procedury budowania teorii naukowej<sup>33</sup>.

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 doświadczeniem<sup>34</sup>. 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 akceptowalności<sup>35</sup>. W nauce maksymalny walor poznawczy mają świadectwa empiryczne popierające hipotezę nowoodkrytą, rywalizującą lub nie, z poprzedniczkami.

Przyjmując stanowisko syntetyczne, prezentowane przez Hajduka, nie preferuje się tutaj ani konfirmacjonizmu jako pewnej formy indukcyjnizmu, ani refutacjonizmu (dyskonfirmacjonizmu) jako formy dedukcyjnizmu, ale stanowisko pośrednie, które odzwierciedlają następujące twierdzenia: 1. Konfirmacja i refutacja są stopniowalne, aczkolwiek nie liczbowo. 2. Teorie są nieskończonymi, co za tym idzie nie w pełni sprawdzalnymi zbiorami zdań, obowiązuje 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.  $xy$ ). 4. Nie będzie doniosłe 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<sup>36</sup>.

---

angielskiego, Warszawa 1977, s. 74.

<sup>32</sup> L u b a ń s k i, *Wyjaśnianie* s. 51.

<sup>33</sup> B o c h e ń s k i, *Współczesne*, s. 110.

<sup>34</sup> P o p p e r, *Logika*, s. 34.

<sup>35</sup> H a j d u k, *Uwarunkowania, część II*, s. 37-42.

<sup>36</sup> Tamże, s. 40-41.

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 korrobacji 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, to znaczy 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 eksplanacji<sup>37</sup>. Mimo dyskusji zapoczątkowanej przez Hempela 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 pierwiastków<sup>38</sup>; 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 teleologicznym, funkcjonalnym, czy statystycznym. Niepewność praw przyczynowych przeciwstawia tutaj prawie pewności praw statystycznych<sup>39</sup>.

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

---

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

<sup>38</sup> N i k i t i n, *Wyjaśnianie* s. 239 n., 254 n.

<sup>39</sup> W granicznych wypadkach 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 (B u n g e, *O przyczynowości* s. 387-391).

przyrody i prawa praktyczne, nie oznacza, że w przyrodzie nie istnieją obiektywne prawidłowości<sup>40</sup>. Nie jest to argument za ścisłym determinizmem, ponieważ być może właśnie indeterminizm jest obiektywną zasadą rzeczywistości, ale determinizm jest tutaj sugerowany<sup>41</sup>.

## V. MIEJSCE BIOELEKTRONIKI WŚRÓD INNYCH NAUK PRZYRODNICZYCH

Pomijając w tym miejscu historię różnych konotacji terminu „bioelektronika”<sup>42</sup>, a także charakterystykę badań, które choć nie zawsze nominalnie, to jednak treściowo wchodzą w przedpole badań bioelektronicznych<sup>43</sup>, należy stwierdzić, że bioelektronika jest dziedziną nauki rozwijaną w wielu krajach. Badania nawiązujące pośrednio do niej są prowadzone niemal wszędzie, gdzie istnieje odpowiednie zaplecze laboratoryjno-ideowe. S. Bone i B. Zaba, będąc autorami książki o bioelektronice, uznali co prawda trzon myśli bioelektronicz-

<sup>40</sup> Tamże, s. 374-377, 393-396.

<sup>41</sup> „Czasami słyszy się, że ruchami planet rządzą ściste 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”. (P o p e r, *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 (M. L u b a ń s k i, *Informacja – system*, w: M. H e l l e r, M. L u b a ń s k i, S. Ś l a g a, *Zagadnienia filozoficzne współczesnej nauki. Wstęp do filozofii przyrody*, Warszawa 1982, s. 112), jednak 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”. (B u n g e, *O przyczynowości* s. 401).

<sup>42</sup> B i e d u l s k i, *Rys historyczny* s. 10-13; M. W n u k, J. Z o n, *Wkład Włodzimierza Sedlaka w powstawanie bioelektroniki*, „Biuletyn Kwartalny Radomskiego Towarzystwa Naukowego”, 23(1986), z. 3-4, s. 88-103; W. M o s k w a, *Hipotezy alternatywne wobec koncepcji bioplazmy*, w: *Bioplazma: Materiały II Krajowej Konferencji, KUL Lublin, 18 grudnia 1985*, red. W. Sedlak, J. Zon, M. Wnuk, Lublin 1988, s. 139-157; J. Z o n, [recenzja:] *Stephen Bone, Bogumil Zaba. Bioelectronics. John Wiley & Sons. Chichester–New York 1992, ss. 152*, „Roczniki Filozoficzne”, 41(1993), z. 3, s. 155-157; W. S e d l a k, *Bioelektronika – system nowego pojmowania życia*, „Roczniki Filozoficzne”, 32(1984), z. 3, s. 200-202; Z o n, „*Topografia*”, s. 31; M. W n u k, [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; J. Z o n, *Nadzieje i trudności polskiej bioelektroniki*, „Więź”, 238(1978), s. 137-140; M. L u b a ń s k i, *Życie w ujęciu bioelektroniki i teorii regulonów*, w: *Z zagadnień t. XIII*, s. 91-108; T. P a n k o w s k a, *Bioelektronika w Polsce*, w: *Bioelektronika: Materiały I* s. 15-19; W. S e d l a k, *Wprowadzenie w bioelektronikę*, Wrocław 1988.

<sup>43</sup> Z o n, *Bioelectronics* s. 185-187.

nej jako wyzwanie w stronę technologii i wyzwanie intelektualne, na razie trudne do zrealizowania<sup>44</sup>, 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”<sup>45</sup>.

Bioelektronika należy ze względu na ogólnie pojętą metodę (dedukcyjno-indukcyjno-abdukcyjną)<sup>46</sup>, do nauk przyrodniczych, ze względu na przedmiot materialny<sup>47</sup> – do nauk biologicznych, zaś ze względu na metodykę badań oraz przedmiot formalny (poziom strukturalny i funkcjonalny, pod którego kątem bada bios) – do nauk biofizycznych, a wśród nich do nauk o bioelektryczności<sup>48</sup>. 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.

---

<sup>44</sup> *Bioelectronics*, 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.

<sup>45</sup> Z o n, *Bioelectronics* s. 183 n.

<sup>46</sup> Dedukcja 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. W. P i e c z ą t k o w s k i, *Norwooda R. Hansona koncepcja dynamiki teorii empirycznej*, „Roczniki Filozoficzne”, 35-36(1987-1988), z. 3, s. 67-71; Z. H a j d u k, *Metanaukowe tendencje badawcze w problematyce odkrycia naukowego*, „Roczniki Filozoficzne”, 33(1985), z. 3, s. 53

<sup>47</sup> Rozróżnienie w tradycyjnej opcji epistemologicznej przedmiotu materialnego (ogólnie wziętej dziedziny poznawczej) od formalnego (aspektu poznawanej rzeczywistości) można znaleźć w: K a m i ń s k i, *Nauka* s. 187.

<sup>48</sup> J. Z o n, *Ogólna charakterystyka nauki o bioelektryczności*, „Summarium TN KUL”, 28(1979), s. 75-78.

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, protonów), a także kwantów elektromagnetycznych (fotonów) i mechanicznych (fononów) ze szczególnym uwzględnieniem informacyjnej i energetycznej funkcji tego transferu równocześnie 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 (ekstrachowanych, 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 oparte na wzorach fizyki i elektroniki, 4. prace syntetyczne, teoretyczne polegające na zbieraniu wyników badań empirycznych w celu ich koncepcyjnego opracowywania na podstawie badań prowadzonych z myślą o opracowaniu ich w ramach bioelektroniki, a także badań prowadzonych 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 za pomocą wspólnej metodyki i wspólnej metody ogólnie poję-



tej<sup>49</sup>. Można przyjąć optymistyczny pogląd, iż teraźniejszość i przyszłość nauki należą do nauk granicznych i że nie można poznawać przyrody opierając się jedynie na jednej, bądź kilku naukach.

W samej bioelektronice można wyodrębnić subdyscypliny ze względu na przedmiot formalny, czy metodykę. Część z tak wyodrębnionych subdyscyplin bioelektroniki „graniczny” z innymi działami biofizyki, czy biochemii. Świadczy to pośrednio, że paradygmat bioelektroniczny (biofizyczny) dzięki naukom granicznym zbliża się z paradygmatem biochemicznym. 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 kwantową<sup>50</sup>.

## 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, karetonoidów, porfiryn, błon biologicznych, melaniny, włókien mięśniowych i innych (Cope, Tien, Bulanda, Pethig, Simionescu); 2. piezoelektryczność aminokwasów, białek, kości, mięśni, ścięgien, naczyń krwionośnych, tkanek roślinnych, DNA, kolagenu 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);

---

<sup>49</sup> Takie 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.

<sup>50</sup> Z o n, *Bioelectronics* s. 201; t e n ż e, *Biomikroelektronika* s. 152 n.; S e d l a k, *Wprowadzenie* s. 69-109; t e n ż e, *Zarys biologii relatywistycznej*, „Roczniki Filozoficzne”, 29(1981), z. 3, s. 43-64; t e n ż e, *Postępy fizyki życia*, Warszawa 1984, s. 236-262; t e n ż e, *Homo electronicus*, Warszawa 1980, s. 160-171; t e n ż e, *Bioelektronika*, Warszawa 1979, s. 504-526; F. A. P o p p, *Biologia światła*, tłum. z niemieckiego, Warszawa 1992.

5. fotoprzewodnictwo (fotoabsorpcja, fotoemisja) aminokwasów, białek, kwasów nukleinowych, zasad purynowych, pirymidynowych i innych (Steiner, Weinryb)<sup>51</sup>.

II. Obserwowalne własności organizmów *in vivo*, niewytłumaczalne (anomalie) z punktu widzenia biochemicznego: 1. ultrasłaba bioluminiscencja, organizmów, świeżo wypreparowanych 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 biorytmów 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 pól magnetycznych, elektrycznych i elektromagnetycznych przez organizmy, czy istnienie różnic potencjałów w różnych partiach organizmów<sup>52</sup>.

Fakty te są empirycznie skontastowanymi obserwacjami, domagającymi się tłumaczenia, ale nie poprzez wprowadzanie hipotez *ad hoc* w ramach istniejących teorii, albo pomniejszenie ich znaczenia<sup>53</sup>. „Biochemia zaczyna nie wy-

<sup>51</sup> M. W n u k, *Rola układów porfiryńowych w ewolucji życia*, s. 185, w: M. L u b a ń s k i, S. Ś l a g a, *Z zagadnień* tom IX, Warszawa 1987; R. P e t h i g, *Electrical Properties of Biological Tissue*, w: A. A. M a r i n o (red.), *Modern Bioelectricity*, New York 1988, s. 125-167; S. B. L a n g, *Bioelectric Pyroelectricity*, w: M a r i n o, *Modern* s. 257-271; S e d l a k, *Wprowadzenie* s. 18-22; t e n ż e, *Piezoelektryczność związków organicznych i kwantowoakustyczne podstawy informacji biologicznej*, „Roczniki Filozoficzne”, 25(1977), z. 3, s. 149-153; J. Z o n, *Plazma elektronowa w błonach biologicznych*, Lublin 1986, s. 213-216; M. K r y s z e w s k i, *Półprzewodniki wielkocząsteczkowe*, Warszawa 1968, s. 261-279; B o n e, Z a b a, *Bioelectronics* s. 61-88.

<sup>52</sup> P o p p, *Biologia* s. 36-43; R. O. B e c k e r, G. S e l d e n, *Electropolis*, tłum. z angielskiego, Warszawa 1994, s. 273-288; R. J. W o j t u s i a k, Z. M a j l e r t, *Geomagnetobiologia*, „Nauka dla wszystkich”, nr 445, Kraków 1992, s. 18-76; A. W i e r c i ń s k i, *Biorytmy a bioplazma*, w: S e d l a k, *Bioelektronika: Materiały I* s. 87-99; P. B r y k c z y ń s k i, *Rytmy naturalnego otoczenia a socjorytmy*, w: S e d l a k, *Bioelektronika: Materiały I* s. 103-118; A. S. P r e s m a n, *Pola elektromagnetyczne a żywa przyroda*, tłum. z rosyjskiego, Warszawa 1971; J. H o ł o w n i a, *Promieniowanie elektromagnetyczne w naturze i jego znaczenie dla organizmów żywych*, w: *Bioelektronika: Materiały VI* s. 75-87; W. S e d l a k, *Ochrona środowiska człowieka w zakresie niejonizującego promieniowania*, „Wiadomości Ekologiczne”, 19(1973), z. 3, s. 226-234; tenże, *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; T. J a n o w s k i, *Pola elektryczne człowieka i zwierząt oraz ich egzo- i endogenne zależności*, w: *Bioelektronika: Materiały VI* s. 97-106.

<sup>53</sup> Usiłowanie pomniejszania roli elektronicznych własności materiałów biologicznych poprzez traktowanie ich jako „skutek uboczny” albo „przypadkowe” nie jest słuszne, bowiem zapomina

starczać, a magnetycznych własności związków organicznych nie da się wyjaśnić bez mechaniki kwantowej”. Za tą propozycją kryje się olbrzymi wysiłek rozumiejącego ogarnięcia tego, co nieznanne. Wejście zaś w nieznanne rejony życia jest dziełem bioelektroniki<sup>54</sup>.

Wyjaśnianiu nomologicznemu i teoriologicznemu podlegają takie fragmenty nauki, które w świetle nowych badań nie spełniają już funkcji wyjaśniającej<sup>55</sup>. Bioelektronika z tego powodu powinna poddawać wyjaśnianiu prawa biologii, biochemii, i innych nauk o życiu. Jest rzeczą oczywistą, że jako młoda nauka jest bardziej 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 biologiczne, 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.

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

---

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 niepotrzebnego? Jest to raczej kolejny fakt do wyjaśnienia, może właśnie poprzez wskazanie olbrzymiej roli DNA w wymrażaniu (magazynowaniu) fotonów, a także emisji biolaserowej (P o p p, *Biologia* s. 91-95, 119-126) w ramach nowej, bliższej rzeczywistości teorii.

<sup>54</sup> S e d l a k, *Postępy* s. 33, 36; t e n ż e, *Wejście w nieznanne rejony życia*, „Roczniki Filozoficzne”, 37-38(1989-1990), z. 3, s. 207-216.

<sup>55</sup> Z 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 wnिकnięcia w naturę rzeczy (np. genetyka mendelowska 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).

3. Prawa i teorie innych nauk: a) antropologii, b) psychosomatyki, c) ekologii, d) medycyny i innych<sup>56</sup>.

## VII. WYJAŚNIENIA MODELOWE W BIOELEKTRONICE

Kajta sugeruje, że wyjaśnianie w bioelektronice (Sedlaka) dokonuje się na podstawie trzech modeli: elektronicznego, elektromagnetycznego i bioplazmowego<sup>57</sup>. 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 heliksy; 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 żywych<sup>58</sup>. Z modelu elektronicznego (bioelektronicznego) Sedlak wyprowadza wiele wniosków heurystycznych, między innymi: a) życie powinno mieć naturę elektromagnetyczną, b) powinno zachodzić zjawisko biolaserowe, c) powinna istnieć plazma w układzie żywym, d) życie powinno polegać na zszyciu metabolizmu

---

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

<sup>57</sup> Włodzimierza Sedlaka, s. 172-205.

<sup>58</sup> Rola, s. 186.

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 winny mieć naturę holograficzną (lub nadprzewodzącą – Cope), i) ważną rolę winny odgrywać w ustroju żywym kwanty akustyczne – fonony i inne<sup>59</sup>.

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 i 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 tylko 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 na bazie rozwiązań technicznych 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 W. Sedlaka<sup>60</sup>, 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 biochemii<sup>61</sup>.

---

<sup>59</sup> *Bioelektronika*, s. 472. Wnioski heurystyczne przybierają u tego autora również postać modeli (np. bioplazma w: tenże, *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 (W o ź n i a k, *Metodologiczna*, s. 63-66). Oczywiście w tym ujęciu są to hipotezy egzystencjalne.

<sup>60</sup> *Plazma fizyczna i laserowe efekty w układach biologicznych*, „Kosmos A”, 19(1971), z. 2, s. 143-154; t e n ż e, *Laserowe procesy biologiczne*, „Kosmos A”, 21(1972), z. 5, s. 533-545.

<sup>61</sup> Na przykład Presmana (*Pola*, s. 87 n.).

Dobrym przykładem w tym względzie jest modelowe wyjaśnienie katalizy enzymatycznej przez Wnuka<sup>62</sup>. Na podstawie praw własnych modelu technicznego, odniesionych poprzez analogię substratu, struktur i funkcji do enzymów, autor wyjaśnia sam sens istnienia analogii (elektroniczne własności biomateriałów, warstwową strukturę enzymu – sandwiczową, ciekłokrystaliczność elementów strukturalnych enzymów, rezonansowy wpływ niejonizującego 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 sandwiczową 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 **w y j a ś n i e n i e m o d e l o w e f a k t o l o g i c z n e z e l e m e n t a m i w y j a ś n i a n i a t e o r i o l o g i c z n e g o**, czyli takiego, gdzie reinterpretacji ulegają biochemiczne modele katalizy enzymatycznej. Model plazmowy katalizy enzymatycznej jest **p o z y t y w n y m m o d e l e m a n a l o g i c z n y m**. 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 biologicznych<sup>63</sup>.

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

<sup>62</sup> *Bioelectronic; t e n ż e, Możliwość.*

<sup>63</sup> J. Z o n a, H. T i e n, *Electronic properties of natural and modeled bilayer membranes*, w: M a r i n o, *Modern*, s. 207-221.

bioelektroniki wyjaśnień przez prawo 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 biologicznych. Jest wysoce prawdopodobne w świetle danych doświadczalnych, że przewodnictwo elektronowe jest równoległe występujące do przewodnictwa jonowego w błonach biologicznych i w błonach modelowych sztucznie skonstruowanych. Podobnie może być z istnieniem efektu fotoelektrycznego w błonach biologicznych czynnych z udziałem światła<sup>64</sup>. 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<sup>-1</sup> dla tchawicy i jelita, a  $10^{-13}$  mV<sup>-1</sup> dla wiązadła”<sup>65</sup>.

„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 ( $f \approx 10^{-22}$ ) i określony jest zależnością:  $q_0 = (f_0 / f) < 10^{22}$ ”<sup>66</sup>.

Prawo pierwsze początkowo miało postać hipotezy „być może tkanki biologiczne są piezoelektrykami” i miało tłumaczyć odkrycie zaskakującego zjawiska

<sup>64</sup> Z o n, *Plazma elektronowa*, s. 195-345.

<sup>65</sup> A d a m s k i, *Bioelektroniczny*, s. 97.

<sup>66</sup> P o p p, *Biologia*, s. 126.

piroelektryczności w tkankach biologicznych w 1941 r. przez Martina. W wyniku intensywnych badań Basseta, Fukady i innych hipoteza ta uzyskała potwierdzenie doświadczalne<sup>67</sup>, 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 inne<sup>68</sup>. 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  $C_o$ , w wieku  $W$ , należącego do gatunku  $G$ , w porze roku  $P_r$  i porze dnia  $P_d$  wywołuje zawsze skutek fizjologiczny  $S_f$  o natężeniu  $N$ , który realizuje się wskutek wywoływania zmiany polaryzacji elektrycznej  $dP$ ”<sup>69</sup>.

Wymienione trudności w sformułowaniu najprostszego (choć bardziej skomplikowanego niż: „kość jest pizelektrykiem”, 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. korelacji występowania (oraz natężenia) burz magnetycznych

<sup>67</sup> A d a m s k i, *Bioelektroniczny*, s. 96.

<sup>68</sup> S. M a z i e r s k i, *Prawa przyrody. Studium metodologiczne*, Lublin 1993, s. 97-121.

<sup>69</sup> Z o n, „*Topografia*”, s. 19.



z atakami (i natężeniami) choroby u pacjentów szpitali psychiatrycznych, a także liczby przyjęć pacjentów do takich szpitali<sup>70</sup>.

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 wypadkach, 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 życiowych<sup>71</sup>. Hipoteza ta jest elementem eksplanansa wyjaśniania nomologicznego przewartościowującego 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. Jednocześnie 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 modelowych, 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 „młodszy” i rozwijającymi się dopiero naukami granicznymi, jak niektóre subdyscypliny biofizyki i nauki pograniczne między biofizyką a biochemią. Na to pokrewieństwo wskazuje także proporcja różnych

<sup>70</sup> B e c k e r, S e l d e n, *Elektropolis*, s. 274-275.

<sup>71</sup> J. Z o n, *Spadek witalności jako wynik osłabienia warunku istnienia stanu plazmowego w organizmie*, w: Z o n, W n u k, *Perspektywy*, s. 119-125.

typów wyjaśnień przez prawo własne (duży stosunkowo udział mają w bioelektronice prawa statystyczne i koegzystencjalne).

3. Uogólnienia bioelektroniki są zdaniami 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 przewidystycznej funkcji przez uogólnienia biologiczne, spełnianie funkcji wyjaśniającej tylko w zakresie wyjaśniania probabilistycznego i strukturalnego, odmawianie jej zaś w zakresie wyjaśniania przyczynowego<sup>72</sup>. 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 na podstawie biochemii węgla, a ograniczenie czasowo-przestrzenne biosfery można uważać raczej za warunki graniczne wyjaśnień nauk o życiu, niż powód odmawiania generalizacjom 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.

#### IX. HIERARCHIA BIOELEKTRONICZNYCH WYJAŚNIEŃ

W bioelektronice system wyjaśnień przybiera charakter poziomowy 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 przeważ-

---

<sup>72</sup> Por. M a z i e r s k i, *Prawa*, s. 146-160.

nie wyjaśnienia statystyczne i koegzystencjalne przez prawo własne 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 kilkanaście 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. Eksplanansy 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. Wyjaśnienie 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, iż 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 m o c y w y j a ś n i a n i a. [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. Przewidystyczny 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 p ł o d n o ś c i 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 służyć 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 nie-mechanicznych. Także modele mechaniczne, jeżeli są nawet poddane testowa-

niu, 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 modelowaniu i stwierdzaniu własności elektronicznych biomateriałów. Hipotezy w formie praw tam sformułowane po potwierdzeniu stanowiąc będą prawa bioelektroniki o największej mocy wyjaśniania. Jako pole analizy przewidywającej funkcji baz prognozowania trzeciego poziomu wyjaśnień bioelektronicznych może posłużyć koncepcja bioplazmy, tym bardziej, że w jej ramach podjęto próbę projektowania eksperymentów potwierdzających eksplanację analizowanego poziomu systemu wyjaśnień bioelektronicznych<sup>73</sup>. Wysunięte propozycje bazują na predykatum pierwotnie wyjaśniającym analogię technicznych złączy typu p-n do niektórych struktur biologicznych, jak błony organelli komórkowych – mitochondriów i chloroplastów. Wysuniętą analogię tłumaczy się prawem (hipotezą) stwierdzającym plazmowy mechanizm funkcjonowania błon biologicznych, na przykład prawa (hipotezy) przyczynowego: „Plazma elektronowa 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 biologicznych<sup>74</sup>, dzięki czemu uzyskuje on (eksplanans) dużą wiarygodność formalną. Wnioski prognostyczne dotyczą tutaj możliwości obserwowania odpowiedzi typu fizycznego lub biologicznego na działanie kontrolowanych bodźców (termicznych, chemicznych, radiologicznych, elektrycznych, magnetycznych, elektromagnetycznych, elektrostatycznych, akustycznych i innych). Odpowiedzi pozytywnie

---

<sup>73</sup> Z o n, *Plazma elektronowa*, s. 333-366; t e n ż e, *Propozycje doświadczeń fizjologicznych mających na celu wykrycie plazmy fizycznej w biostrukturach*, w: *Bioplazma: Materiały II*, s. 125-138; por. także: R. B o j a n o w s k a, *Metody diagnostyczne bioplazmy*, w: *Bioelektronika: Materiały I*, s. 83-86; W n u k, *Rola*, s. 190.

<sup>74</sup> Na temat warunków istnienia plazmy w układach żywych patrz także: W n u k, *Rola*, s. 195-216; t e n ż e, *Warunki występowania plazmy fizycznej w błonach chloroplastów*, w: *Perspektywy bioelektroniki*, s. 127-131. J. Z o n, *Plazma fizyczna w mitochondriach i cytoplazmie*, „Zeszyty Naukowe PAX”, dodatek do nr. 29(1980), z. 3, s. 28-37; t e n ż e, *Występowanie plazmy fizycznej w strukturach żywych*, „Roczniki Filozoficzne”, 27(1979), z. 3, s. 125-134; t e n ż e, *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; J. Z o n, *The living cell as a plasma physical system*, w: „Physiol. Chem. & Physics”, 12(1980), s. 357-364.

korroborujące omawiane wyjaśnienia mogą dotyczyć: a) charakterystycznych zmian współczynników: odbicia, absorpcji czy przepuszczania fal elektromagnetycznych (zależnie od częstości plazmowej  $p$ ), b) konsekwencji fizjologicznych, np. spowalniania, przyspieszania czy też uniemożliwiania przebiegu pewnych procesów, c) zwiększania, lub zmniejszania się stopnia idealności plazmy elektronowej zawartej w substrukturach błon, d) zmiany innych parametrów, jak przenikalności elektrycznej, stosunku energii potencjalnej do kinetycznej cząstek, koncentracji swobodnych nośników ładunku, masy efektywnej 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 technicznymi, heterogennością i anizotropowością ośrodka biologicznego, a także nadzwyczaj złożonym widmem rejestrowanego promieniowania, czasową zmiennością, labilnością własności błon biologicznych, także pod wpływem informacyjnego i energetycznego działania użytych bodźców fizycznych i chemicznych, niewielkimi rozmiarami badanych układów, zakłóceniami oscylacji wywoływanymi przez szumy.

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 struktur 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 bioelektrycznych (z poziomu [W3]). Jak się wydaje, ich dostateczne skoroborowanie jest uzależnione od inwestycji finansowych w wyposażenie lub udostępnienie odpowiednich laboratoriów. Poza granicami Polski tak się dzieje od dawna, o tym świadczy wspomniana książka Bone'a i Zaby, a także publikacje Cope'a, Poppa i innych

autorów. Podstawę do badań daje przede wszystkim „wizja”, a następnie solidne opracowanie teoretyczne, a dopiero na jej końcu 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.

\*

Przedstawiona próba metodologicznej charakterystyki bioelektroniki jako nauki przyrodniczej miała na celu pokazanie sposobu, w jaki nauka ta spełnia bardzo ważne kryteria naukowości, czyli zdolność do wyjaśniania i przewidywania. Z przeprowadzonej analizy wynika, że bioelektronika jest nauką przyrodniczą, co bywa tu i ówdzie kwestionowane, a także wyjaśnia i przewiduje w typowy dla nauk przyrodniczych sposób.

Charakter systemu wyjaśnień bioelektronicznych wskazuje na pokrewieństwo z innymi rozwijającymi się naukami granicznymi. Dobrze potwierdzone wyjaśnienia podstawowe oraz duży udział wyjaśnień hipotetycznych i modelowania w wyjaśnieniach wtórnych rzędów, nie wskazuje na słabość tych nauk, a na dużą zawartość empiryczną tłumaczeń, które wzbogacają wiedzę i motywują do wyęźzonych wysiłków poszukiwania nowych prognoz, bardziej zgodnych ze współczesną wiedzą tła. Połączenie rozważań teoretycznych z badaniami doświadczalnymi wydaje się na tym etapie rozwoju bioelektroniki nie tylko nieuniknione, ale także konieczne. Wszyscy, którzy śledzą publikacje z tego zakresu badań, z pewnością wyczekują nowych doniesień z laboratoriów, które będą potwierdzały wiele z wysuniętych przez bioelektroników sugestii.

## EXPLANATION AND PREDICTION IN BIOELECTRONICS

## S u m m a r y

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 border-line branch of natural sciences, and may be defined as the area of the applications of methods and concepts of the physical and applied electronics to living systems. The research work in this area has a horizontal and developing structure of explanations which runs from the basic good corroborated coexistential and statistic levels to the 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.