RUCH FILOZOFICZNY
LXX 2013 4

Wiesław Dyk

Dyskusje wokół Güntera Wächtershäusera koncepcji metabolizmu powierzchniowego i jej filozoficzne odniesienia

Wstęp

Przedstawiona w pierwszej części Güntera Wächtershäusera koncepcja autotroficznego organizmu pionierskiego w pobliżu kominów hydrotermalnych na dnie oceanu spotkała się z krytyką wielu badaczy, a wśród nich m.in. także Christiana de Duve. W drugiej części zostanie zatem przedstawiona polemika między krytykami i Autorem modelu dwuwymiarowego życia. Dyskusja ta przebiega na płaszczyźnie przyrodniczej i filozoficznej.

Przyrodniczy aspekt sporu dotyczy nade wszystko warunków otoczenia i własności pierwszego organizmu. Monachijski chemik twierdzi, że autotrofy są jedynie realnie możliwymi pierwszymi organizmami, jakie zaistniały na Ziemi, gdyż nie wymagają pierwotnego istnienia jakiegokolwiek zestawu związków organicznych, np. aminokwasów. Natomiast zwolennicy pierwotnego bulionu są przekonani, że pierwsze organizmy były heterotrofami, gdyż są o wiele prostsze z punktu widzenia metabolizmu. W procesie ewolucji korzystają z już istniejącego pożywienia znajdującego się w środowisku.

Rozbieżność między „pochodzeniem hetero" i „pochodzeniem auto" objawia się w tym, że

> Dla pochodzenia hetero, koncepcja prebiotycznej chemii i bulionu, jako zestawu organicznych cegiełek do budowy życia jest obowiązkowa. Dla genezy auto, koncepcja prebiotycznej chemii nie jest istotna. Nie ma to jakiegokolwiek znaczenia w genezie, jakie cegiełki życia znajdują się w pierwotnym oceanie[1].

[1] G. Wächtershäuser, *Life In ligand sphere*, „Proc. Natl. Acad. Sci. USA", Vol. 91, 1994, s. 4283.

W dyskusji za i przeciw koncepcji dwuwymiarowego życia Autorzy zwracają szczególną uwagę na źródło przemian chemicznych. W ewolucji organizmów heterotroficznych źródłem energii jest światło, a organizmów autotroficznych źródłem tym jest cykl zasilany pirytem. Günter Wächtershäuser uzasadnia, że chociaż promienie ultrafioletowe posiadają wymaganą energię do syntezy związków organicznych będących podstawą w genezie życia, to jednak mają też negatywny wpływ na jego powstanie. Życiotwórcze procesy przebiegające w pierwotnym bulionie narażone były na destrukcyjne działanie wody (hydroliza). Światło Słońca nie dociera do głębin oceanów, stąd znika problem negatywnego oddziaływania UV. Dodatkowo znika problem hydrolizy, gdyż tworzące się grupy karboksylowe blisko kominów hydrotermalnych bardzo szybko łączą się dodatnio naładowaną powierzchnia pirytu. To właśnie pozwala uniknąć działania destrukcyjnej siły hydrolizy.

W aspekcie filozoficznym zauważyć można poszukiwanie adekwatnej teoretycznej płaszczyzny interpretacji faktów przyrodniczych. Spór ten toczy się między prezentowaną przez chemika z Monachium, Poppera logiką odkrycia naukowego, a dotychczas przyjmowaną „logiką paradoksów" w wyjaśnianiu genezy życia. Należy zwrócić uwagę, że Wächtershäuser – powołując się na K. R. Poppera metodologię – oczekuje otrzymania spójności przedstawianej przez siebie koncepcji metabolizmu powierzchniowego.

Na płaszczyźnie filozoficznej Günter Wächtershäuser proponuje nową metodologię, którą nazywa „metodologią biochemicznej retrodykcji". W konsekwencji swych analiz dochodzi do wniosku, że pierwotny organizm żywy nie był heterotroficzny – jak zakłada koncepcja pierwotnego bulionu – ale był autotroficzny i rozpoczął swe istnienie jako autokatalityczny, chemoautroficzny powierzchniowy metabolizm, powstały z cząsteczek organicznych w układzie wulkanicznym.

1. Wybrane aspekty Christiana de Duve'a krytyki modelu dwuwymiarowego życia

Największym przeciwnikiem koncepcji organizmu powierzchniowego, proponowanego przez Wächtershäusera, jest Christian de Duve. Autor ten wykazując słabe strony dwuwymiarowego życia, broni Oparinowskiego paradygmatu ewolucji chemicznej.

Christian de Duve i Stanley L. Miller [2] krytycznie ocenili Wächtershäusera koncepcję życia dwuwymiarowego. Krytyka ta polaryzuje

---

[2] Ch. de Duve i S.L. Miller, *Two-dimensional life?*, „Proc. Natl. Acad. Sci. USA", Vol. 88, 1991, s. 1014–10017.

się w aspekcie termodynamicznym, kinetycznym oraz filozoficznym. Nade wszystko wspomniani Autorzy podkreślają, że Oparinowski model abiogenezy – odwołujący się do powstawania w warunkach geochemicznych organicznych cegiełek życia – został potwierdzony badaniami w zakresie egzobiologii, paleobiochemii i eksperymentami laboratoryjnymi. Sporne zagadnienie istnienia atmosfery redukcyjnej na pierwotnej Ziemi nie stanowi dostatecznego argumentu przeciw temu, że istnieje uderzająca korelacja między cząsteczkami, które łatwo mogły powstać w warunkach prebiotycznych, a tymi, które stanowią składniki biologicznych molekuł. Odkrycie aminokwasów w meteorytach utwierdza w przekonaniu, że Oparinowski model genezy życia jest wielce prawdopodobny. Dodatkowo badania laboratoryjne potwierdziły, że wiele produktów laboratoryjnej syntezy, symulującej procesy na pierwotnej Ziemi, stanowią kwasy karboksylowe, mające własność wiązania anionowego z dodatnio naładowaną powierzchnią, tzn. bez uciekania się do podwodnych oceanów otrzymujemy te same procesy, których domaga się model Wächtershäusera. Wczesny etap ewolucji metabolizmu powierzchniowego, odznacza się , według niego procesem wiązania węgla C_3, zwłaszcza fosforo-triozy z powierzchnią. Proces ten, jak podaje Autor koncepcji życia dwuwymiarowego, jest wynikiem nieznanego mechanizmu węglowego wiązania przez aktywację kwasu trójwęglowego[3]. Christian de Duve i Stanley L. Miller podają, że możliwe procesy chemiczne, proponowane w modelu dwuwymiarowych powierzchniowych organizmów, są bardzo zawiłe, gdyż „synteza triofosforanów jest dalece bardziej skomplikowana od syntezy aminokwasów w warunkach prebiotycznych"[4]. Günter Wächtershäuser zaproponował ścieżkę chemicznych przemian, wiodącą do powstania, wzrostu i różnicowania się dwuwymiarowych powierzchniowych organizmów. Seria prebiotycznych przemian dokonuje się w środowisku wodnym, które stanowi magazyn nieorganicznych składników odżywczych oraz ściek dla wydalanych produktów w wyniku przemiany materii. Przemiany chemiczne, przebiegające w fazie wodnej na dnie oceanów, zdeterminowane są osobliwościami i przeciwnymi zachowaniami wiązań anionowych. Mówiąc inaczej, organizujące się powierzchnie wpływały na zmianę chemicznych szlaków. Powierzchnie te posiadają, jak podają de Duve i Miller, moc organizowania się, kierowania procesami chemicznymi. Jednakże moc taka wynika raczej z teoretycznych założeń koncepcji dwuwymiarowego życia. Nawet gdyby przewidziane przez Wäch-

---

[3] C. Huber, G. Wächtershäuser, *Activate acetic by carbon fixation on (Fe, Ni)S under primordial conditions*, „Science", Vol. 276, 1997, s. 483–494; G. Wächtershäuser, *Before enzymes and templates: theory of surface metabolism*, „Microbiol. Rev.", Vol. 52, 1988, s. 452–484.

[4] Ch. de Duve, S. L. Miller, *Two-dimensional life?*, s. 10014.

tershäusera procesy okazały się mechanistycznie poprawne, to jednak, jak twierdzą jego adwersarze, nasuwają się dwa problemy: kinetyczny i termodynamiczny.

W aspekcie kinetycznym słabość modelu metabolizmu powierzchniowego objawia się w tym, że analizy odnoszą się tylko do ruchu termalnego i do sąsiadujących ze sobą cząsteczek w takiej pozycji, by połączyć się ze sobą, wejść w reakcję lub też wymienić między sobą składniki. Reakcje te bardzo się różnią od tych, jakie znamy w chemii życia, tzn. z udziałem enzymów oraz z jakimś katalitycznym centrum. Naładowana płytka w modelu Wächtershäusera, jak podają de Duve i Miller, nie wykazuje wymaganej dla procesów genezy życia bardziej różnorodnej i katalitycznie aktywnej powierzchni wiążącej. Chociaż Wächtershäuser stara się ukazać schematy reakcji chemicznych, w procesie których powstają nowe cykle katalityczne, to jednak są to reakcje całkowicie hipotetyczne i bardzo złożone chemicznie. Jest kwestią sporną, konkludują adwersarze, by te hipotetyczne i skomplikowane reakcje mogły być kiedykolwiek zrealizowane nawet w wyniku wymuszonych zbliżeń biorących komponentów w procesie hydrotermalnych uwarunkowań genezy życia[5].

Termodynamiczny aspekt jeszcze bardziej zdaje się negować możliwość powstania dwuwymiarowego powierzchniowego organizmu. Zgodnie z teorią metabolisty, według de Duve'a i Millera, źródłem wolnej energii, napędzającej metabolizm powierzchniowy, jest oksydacja siarczku i wiązania anionowe. Pierwsze źródło energii, zdaniem de Duve'a i Millera, służy tylko jako wsparcie procesów redukcji porównywalnej do, np. redukcji CO_2 do kwasu mrówkowego, a więc nie może być siłą napędową innych życiotwórczych procesów.

Główną słabością modelu powierzchniowego metabolizmu jest to, że nie uwzględnia ciągłego strumienia swobodnej energii, dzięki któremu system byłby stabilny i jednocześnie wzrastałby i rozwijał się[6].

Günter Wächtershäuser podejmuje dyskusje z tymi zarzutami[7]. Twierdzi on, że de Duve nie rozumie jego teorii, gdyż proponuje on tylko jedno źródło energii, tj. oksydacji-redukcji: redukująca moc FeS/H_2S jest relatywna do związków utlenionego węgla. Postrzegane jest to jako źródło wytwarzania pirytu, „ścieku" (ang. *sink*) czy też odpływu termodynamicznego i zredukowanych związków organicznych. W procesie różnorodnych reakcji chemicznych

> półprodukty organiczne są grupami anionowymi (np. –COO-, -S-, -COS-) wiążą się z kationową powierzchnią pirytu w *statu nascendi*. To tworzy

[5] Ibidem, s. 10016.

[6] Ibid.

[7] G. Wächtershäuser, *Life in a ligand sphere*, „Proc.Natl.Acad. Sci. USA", Vol. 19, 1994, s. 4283–4287.

> pierwszą zorganizowaną jednostkę życia: złożoną strukturę sfery stałych organicznych ligandów wokół rosnącej wiązki pirytu. Wiązanie anionowe służy jako rynna dla stałości w ogólnej kaskadzie przepływu energii oksydacji-redukcji"[8].

Tak więc warunkiem koniecznym do genezy powierzchniowego metabolizmu są wiązania jonowe, które charakteryzują się zasadą podwójnej selekcji: „1) powierzchnia mineralna musi wykazać kationowe centra wiązania; oraz 2) składniki metabolizmu powierzchniowego muszą być anionowe"[9].

Christian de Duve i Stanley L. Miller w swej krytyce nie biorą pod uwagę to, że

> Jedynym możliwym kandydatem na funkcjonalny prekursor powierzchni enzymatycznych, wydaje się być powierzchnia mineralna. Ale powierzchnia mineralna zapewnia jedynie pojedyncze wiązania metabolitów, a nie wielość wiązań, jaką charakteryzują się enzymy[10].

Christian de Duve i Stanley L. Miller, poddając krytyce koncepcje życia powierzchniowego, zwracają uwagę, jak podano wyżej, na słabość w aspekcie termodynamicznym. Słabość tę upatrują w tym, że brak jest systemu, wiążącego wolną energię utleniania siarczku. Energia ta byłaby konieczna do przebiegu reakcji istotnych dla genezy życia. Na ten zarzut chemik z Monachium podaje, że na tę istotną i zasadną kwestię odpowiada w swej teorii, tzn. równowaga tworzenia się polimerów jest bardziej korzystna na powierzchniach niż w wodzie.

> Silne wiązanie powierzchniowe monomeru dostarcza termodynamicznej izolacji metabolizmu powierzchniowego przez zahamowanie oddzielania. Poprzez ocenę siły wiązania opartą na prawach chemii fizycznej, zaproponowałem regułę ekskluzji, w której składniki organiczne muszą być anionowe, a powierzchnia minerałów kationowa. Piryt spełnia te warunki dzięki jonom żelazawym. […]. To podstawowa wiedza chemiczna, o której zapomnieli de Duve i Miller. Zamiast tego mówią o wiązaniu przez czysto elektrostatyczne interakcje. […] Silne wiążące składniki powinny być postrzegane jako sfera ligandów wokół związków pirytu[11].

Günter Wächtershäuser, wraz ze swymi współpracownikami, oprócz wykazywania teoretycznych podstaw prawdziwości swego modelu, podejmuje także, na co wskazano wyżej, eksperymentalne próby potwierdzenia koncepcji metabolizmu powierzchniowego. Razem z Clau-

---

[8] Ibidem, 4283.
[9] G. Wächtershäuser, *Origin of life in an iron-sulfur world*, s. 209.
[10] Ibidem, 209.
[11] G. Wächtershäuser, *Life in a ligand sphere*, s. 4284.

dią Huber opublikowała w „Science" artykuł[12], w którym uzasadnia, że przy doborze odpowiednich stężeń reagentów, temperatury i innych warunków fizykochemicznych, które są osiągalne w źródłach hydrotermalnych, można z cyjanku potasu (KCN) i tlenku węgla (CO) otrzymać aminokwasy. Krytykę przedstawionej przez nich koncepcji powierzchniowego metabolizmu, zwanej czasami koncepcją „biofilmu", czyli biobłony, podejmują także J. L. Bada i jego współpracownicy[13], Twierdzą oni, że propozycja przedstawiona przez chemika z Monachium nie stanowi żadnej alternatywy dla koncepcji pierwotnego bulionu, gdyż:

1. dobrana koncentracja cyjanku potasu i tlenku węgla jest bardzo nierealna i nie występuje w naturalnych warunkach geologicznych. Dodatkowo cyjanek potasu, w warunkach dobranych przez Autorów eksperymentu, jest niestabilny;
2. to, co ukazują Autorzy eksperymentu, nie stanowi nic nowego, gdyż reakcje takie i ich produkty przewidywane są w pierwotnym bulionie;
3. jak wykazały badania, w pierwotnym bulionie polimeryzacja przy obecności cyjanku potasu wytrąca produkty smołopodobne.

W tymże samym numerze „Science"[14] Wächtershäuser wraz z Huber odpowiadają, że podobieństwo do teorii pierwotnego oceanu jest częściowe i powierzchowne. w odniesieniu do modelu pierwotnego bulionu bierze się pod uwagę zawsze tylko eksperymenty w bardzo określonym i częściowym aspekcie. Natomiast w teorii metabolizmu powierzchniowego uwzględnia się różnorodny kompleks związków chemicznych na powierzchni minerału. Jednoznacznie stwierdzili powyżsi Autorzy, że w zaproponowanej przez nich koncepcji genezy życia nie zachodzą powyższe przypadki, gdyż jony metali (Fe^{2+} i Ni^{2+}) wiążą się z jonami cyjankowymi wykazując przy tym odmienne własności, niż wynikałoby to z rozwiązań w naturalnych (normalnych) warunkach. Odpowiedź Autorów potwierdza przekonanie de Duve'a i Stanleya, że procesy genezy pierwotnego życia (metabolizmu powierzchniowo związanego) są bardziej skomplikowane niż synteza aminokwasów w warunkach prebiotycznych, oraz że przedstawione rozwiązania reakcji chemicznych są rzeczywiste, ale bardzo złożone i hipotetyczne. Jest zatem kwestią sporną, czy stworzenie życia w laboratorium mogłyby być kiedykolwiek zrealizowane za pomocą wymuszonych zbliżeń

---

[12] C. Huber, G. Wächtershäuser, *a-Hydroxy and a-amino acids under possible hadean, volcanic origin-of-life conditions*, „Science", Vol. 314, 2006, s. 630–632.

[13] J. L. Bada, B. Fegley, S. L. Miller, A. Lozcano, H. J. Cleaves, R. M. Hazan, J. Chalmers, *Debating evidence for the origin of life on earth*, „Science", Vol. 315, 2007, s. 937–980.

[14] G. Wächtershäuser, C. Huber, *Response*, „Science", Vol. 315, 2007, s. 938–939.

reagentów[15]. Dodatkowo przejście z protometabolicznych ścieżek do współczesnych ścieżek metabolicznych „jest całkowicie zdeterminowaną przez osobliwości i przeciwstawności wiązań anionowych"[16].

Oprócz zarzutów natury kinetycznej i termodynamicznej, wysuwa się także przeciwko chemikowi z Monachium brak właściwego namysłu filozoficznego oraz adekwatnych implikacji filozoficznych w wyjaśnianiu procesów abiogenezy. Model powierzchniowego metabolizmu, zdaniem de Duve'a i Millera, jest słaby także pod względem filozoficznym. Teza ta jest, moim zdaniem, w pełni uzasadniona. Mimo ciągłego i uporczywego powoływania się na autorytet i filozofię K. R. Poppera, wsparcie to wydaje się nie mieć głębszych związków z przedstawianym modelem. Związek ten wydaje się istnieć tylko w zewnętrznym zestawieniu. Powierzchowne związki modelu metabolizmu powierzchniowego z ogólnymi ideami logiki odkrycia naukowego nie czynią jeszcze zadość poprawności samego modelu. Adwersarze Wächtershäusera podają, że nawet gdyby istniała spójność w sferze filozoficznej, to jeszcze to nie zapewnia przedstawianej teorii naukowego uzasadnienia. Podają oni, że „na pewno teoria nie jest automatycznie poprawna, jeśli jest sformułowana w sposób zgodny z zaspokojeniem teoretycznych zasad, bez względu na ich trafność"[17].

Poszukiwania filozoficznego wsparcia dla podejmowanych analiz przez chemika z Monachium koncentrują się wokół Popperowskich poglądów, jednakże, jak się wydaje, ich wybór wskazuje na doraźne i powierzchowne związki. Tak na przykład, kiedy mówi o możliwościach dróg rozwoju powierzchniowego metabolizmu, Wächtershäuser podaje, że pierwotne życie spełnia wymogi otwartego świata Poppera, czy też – po szczegółowych analizach chemicznych – podsumowuje krótko, że metoda, użyta do konstruowania jego idei, jest zgodna z logiką teorii sytuacyjnej Poppera[18].

Autor teorii dwuwymiarowego życia (metabolizmu powierzchniowego) wręcz dystansuje się od głębszych analiz filozoficznych z tego względu, jak twierdzi, gdyż ta zakłada „złośliwe sidła" na postępowanie naukowe. Dotychczas nie udało się rozwiązać fenomenu genezy życia, gdyż wszelkie analizy uwikłane były w rozważaniu zagadnień indukcjonizmu, redukcjonizmu i determinizmu[19].

Wbrew temu, co mówi Wächtershäuser – jak podają jego adwersarze – w praktyce z jednej strony podejmuje wysiłki, by ukazać zdeterminowaną sekwencję zdarzeń w ewolucji dwuwymiarowego życia, ale z dru-

---

15 Ch. de Duve, S. L. Miller, *Two-dimensional life?*, s. 10016.
16 Ibidem, 10015.
17 Ibid., s. 10016.
18 G. Wächtershäuser, *Before enzymes and templates*, s. 460.
19 Ibidem, 453.

giej strony ewolucja ta jest poszukująca, niedomknięta, oportunistyczna, oczekująca na szansę pojawienia się nowości. z jednej strony jest zablokowana przez swój autokatalityczny charakter, a z drugiej strony otrzymuje nagle szansę, płynącą nie ze sfery przyrodniczej, ale ze struktury tworzonej przez siebie teorii. z jednej strony potencjalne ścieżki ewolucji metabolizmu powierzchniowego zależą od specjalnych chemicznych układów, które warunkują ich kompozycyjną jednolitość i unikatowość, ale z drugiej strony jest on przekonany, że życie jest odtwarzalne nawet dzisiaj, że może istnieć na innych planetach w różnych częściach Wszechświata, aby tylko były ku temu odpowiednie warunki środowiskowe[20]. Przypuszcza on bowiem, że hydrotermalne kominy mogą istnieć na Europie, jednym z księżyców Jowisza oraz kiedyś mogły istnieć na Marsie, gdy był nawodniony.

2. Za i przeciw narodzinom życia w źródłach hydrotermalnych

W przedstawieniu słabych stron źródeł wysokotemperaturowych i ukazaniu sprzyjających genezie życia źródeł niskotemperaturowych posłużę się cytowanym wyżej opracowaniem Zdzisława Chilmonczyka[21].

Günter Wächtershäuser możliwość syntezy aminokwasów i innych związków organicznych upatruje w okolicy źródeł hydrotermalnych, wewnątrz których temperatura dochodzi do 350 stopni Celsjusza. Twierdzi on, że w wyniku raptownego mieszania się tak gorącej wody, wytryskującej z wulkanu i zawierającej liczne minerały, z zimną wodą oceaniczną o około 2 stopni Celsjusza dochodzi do powstawania związków organicznych. Wydaje się to niemożliwe z wielu powodów. Po pierwsze, już powyżej 40 stopni Celsjusza RNA i związki organiczne są niestabilne. Po drugie, siarczki, będące podłożem syntezy i odkładania się związków organicznych, w tak wysokich temperaturach i w kwaśnym środowisku, nie ulegają precypitacji, czyli strącaniu osadu. Po trzecie, ryboza, puryny, pirymidyny oraz aminokwasy w wysokich temperaturach są niestabilne i ulegają połowicznemu rozpadowi, dla którego okres połowiczny wynosi odpowiednio dla rybozy w temperaturze 100 stopni

[20] W artykule tym prezentowane są treści teorii metabolizmu powierzchniowego i jej uzasadnienia przyrodniczo-filozoficzne przez Wächtershäusera. Wydaje się jednak, że przedstawiane przyrodnicze kwestie genezy życia należałoby przedyskutować w szerszym kontekście, tj. ewolucyjnej teorii poznania. Podawane w niniejszym akapicie domniemane sprzeczności, jak się wydaje, mogą okazać się spójnymi w ramach realizmu hipotetycznego. Zagadnienie to domaga się opracowania w osobnym artykule.

[21] Z. Chilmonczyk, *Od substancji prostych do życia. Świat RNA, początki życia na Ziemi*, Redakcja „Wiadomości Chemicznych", Wrocław 2007, s. 87–97.

Celsjusza 73 minuty, a dla 5-fosforanu rybozy zaledwie 7 minut. Okres połowicznego rozpadu dla zasady pirymidynowej (cytozyny) wynosi 21 dni, a dla zasady purynowej (adeniny) 204 dni. W temperaturze 100 stopni Celsjusza połowiczny rozpad dla alaniny wynosi około 19 000 lat, a dla seryny tylko 320 dni. Gdy w kominach hydrotermalnych temperatura jest trzy razy wyższa, to powstawanie związków organicznych wydaje się niemożliwe.

Inaczej dzieje się w niskotemperaturowych źródłach, które tworzą zbudowane z pęcherzyków stożkowe wzgórza nawet do 10 m i które obmywane są zimnymi wodami oceanu, sprzyjając przy tym tworzeniu się związków organicznych. Tak np. w miejscach, gdzie silne były wstępujące prądy konwekcyjne, gorące i alkaiczne wody źródlane (pH około 10 i temperatura około 110 stopni Celsjusza) łączyły się z zimnymi wodami oceanu (pH około 5,5 i temperatura około 20 stopni Celsjusza)[22]. W takich warunkach zachodziły reakcje chemiczne między jonami wodorotlenowymi (OH^-), jonami siarczkowymi (HS^-) oraz jonami żelazowymi (Fe^{+2}). w wyniku tych reakcji, w zależności od pH i składu otoczenia, tworzyły się błony, zawierające siarczek żelaza (FeS) lub hydroksytlenek żelaza (FeOOH). z wytrąconego siarczku żelaza tworzyły się pęcherzyki, z których zbudowane zostały wzgórza. Te stożkowe wzgórza, jak się przypuszcza, stały się matrycą katalityczną w syntetyzowaniu związków organicznych. Hydrotermalne kominy (wzgórza) były reaktorami, produkującymi cząstki życia. Znaczy to, że wewnątrz pęcherzyków następowały procesy syntezy organicznej. Wewnętrzne ścianki tych pęcherzyków wyścielone były takimi kryształami, jak makinawit i greigit. Dla zainicjowania i podtrzymania syntezy związków organicznych kominy hydrotermalne dostarczały związki w stanie zredukowanym (HS^-) i energię w postaci wodoru (H_2), a woda oceaniczna dostarczała metale przejściowe, np. Fe^{+2}, dwutlenek węgla (CO_2) oraz hydroksytlenek żelaza (FeOOH).

Na powierzchniach minerałów, wyścielających pęcherzyki, zachodziła redukcja dwutlenku węgla i powstawanie kwasu octowego. W temperaturach poniżej 60 stopni Celsjusza tworzy się mniej zredukowany kwas octowy. Pod względem termodynamicznym tworzenie się tego kwasu jest w tych warunkach uprzywilejowane, ale bariera kinetyczna jest za wysoka, stąd kwas octowy nie może spontanicznie tworzyć się według poniżej reakcji:

$$4H_2 + 2CO_2 = CH_3COOH + 2H_2O$$

Przypuszcza się, że na początku życia katalizatory nieorganiczne mogły umożliwiać spontaniczne tworzenie się kwasu octowego.

---

[22] Por. W. Martin, M. J. Russell, *On the origin of biochemistry at an alkaline hydrotermal vent*, „Phil. Trans. R. Soc. B", Vol. 362, 2007, s. 1887–1925.

Wydaje się, że

> Proste aminokwasy i inne podstawowe związki organiczne mogły być otrzymywane z redukcji dwutlenku węgla a amoniakiem (NH_3), wodorem (H_2) i jonami merkaptanowymi (CH_3S^-). […] Peptydy mogły być otrzymywane z aminokwasów R-CH(NH_2)-COOH (R-ligand organiczny) z wykorzystaniem tworzących się w łagodnych warunkach temperatury (pomiędzy 38° C a 51° C) jonów pirofosforanowych ($HP_2O_7^{-3}$)[23].

W procesie genezy życia związki organiczne w pęcherzykach uorganizowały w cykle metaboliczne, kontrolowane przez RNA. Najpierw jednak związki organiczne musiały pokryć wnętrza półprzepuszczalnych pęcherzyków. Następnie powstały krótkie odcinki RNA na powierzchni drobin siarczku żelaza. Fragmenty te stanowiły matrycę dla spontanicznie tworzących się aminokwasów składanych następnie w peptydy. w wyniku procesów dyfundowania i zderzania się ze sobą organicznych związków tworzyły się coraz bardziej złożone struktury.

W procesie ewolucji nastąpiło zastąpienie nieorganicznej membrany bąbli przez białko, oddzielenie od siarczku żelaza i utworzenie, już na bardzo wczesnym etapie ewolucji, autonomicznej komórki.

Powstanie życia, według Chilmonczyka, nie było skutkiem deterministycznego działania praw chemii już od chwili zainicjowania pierwszych procesów w kominach hydrotermalnych. Nie można też rozpatrywać tego procesu jako konieczności po wyeliminowaniu niemożliwych ścieżek ewolucji życia. Przyjmuje on, że życie jest produktem ubocznym reakcji chemicznych, przebiegających w niskotemperaturowych kominach hydrotermalnych[24]. Procesy chemii nieorganicznej prowadziły do syntezy związków organicznych. Najpierw w bąblach siarczków żelaza powstały fragmenty RNA (kwasy nukleinowe) oraz aminokwasy, następnie doszło do koewolucji RNA i białka. Znaczy to, że peptydy i kwas rybonukleinowy, włączane w system sprzężenia zwrotnego, katalizowały swoją własną produkcję. W końcowym etapie nastąpiło „organiczne przejęcie" (*organic takeover*) i utworzenie się białkowej błony[25].

Michael J. Russell[26] i jego współpracownicy z Uniwersytetu w Glasgow podjęli próbę przybliżenia możliwego procesu przejścia od „Świata

---

[23] Z. Chilmonczyk, *Od substancji prostych do życia*, s. 92.

[24] Ibidem, s. 94.

[25] Ibid.

[26] M. J. Russell, A. J. Hall, A. J. Boyce, A. E. Fallick, *On hydrothermal convection systems and the emergencje of life*, „Econimic Geology", Vol. 100, 2005, s. 419–438; M. J. Russell, *Der heisse Ursprung des Lebens*, „Spektrum der Wissenschaft" January 2007, s. 73–81; W. Martin, M. J. Russell, *On the origin of biochemistry at an alkaline hydrothermal vent*, „Philosophical Transactions, Royal Society of London (Ser. B)", Vol. 362, 2007, s. 1887–1925; W. Martin, J. Baross, D. Kelley, M. J. Russell, *Hydrothermal vents and the origin of life*, „Nature Reviews, Microbiology", Vol. 6, 2008, s. 806–811.

RNA" do biochemicznego cyklu protożycia opartego na białku. Twierdzą oni, że pierwsze etapy powstania życia były produktem ubocznym reakcji biochemicznych, przebiegających w gorących źródłach na dnie oceanu. Późniejsze jednak szlaki życia były coraz bardziej ukierunkowane przez własności chemiczne związków, tworzące struktury życia oraz zdeterminowane chemią środowiska zewnętrznego.

Powstałe aminokwasy łączyły się między sobą i tworzyły najpierw polimery, zwane protenoidami, twory białkopodobne. Następnie w gorącym roztworze wodnym wokół kominów hydrotermalnych powstawały z nich mikrosfery, posiadające już własności, umożliwiające przejęcie funkcji, dotychczas wypełnianych przez związki nieorganiczne, tj. siarczki żelaza.

Oprócz procesu tworzenia się mikrosfer białkowych, w warunkach działalności wulkanów podwodnych następowało – pod wpływem fosforanu – generowanie organofosforanów, tj. monomerów RNA.

> Te z kolei mogły ulegać adsorpcji na nieorganicznej błonie, ustawiając się trójkami w taki sposób, aby ich łańcuchy boczne, organiczne zasady azotowe, tworzyły szczeliny, zdolne do wychwycenia łańcuchów bocznych różnych aminokwasów. Innymi słowy, powinowactwo między tymi szczelinami (tj. pierwotnymi kodonami) a aminokwasami powodowałoby taki sposób ustawienia grup aminowych jednego aminokwasu względem grup karboksylowych (-CO_2-) lub tiokarboksylowych (-COS^-) drugiego aminokwasu, który sprzyjałby polimeryzacji aminokwasów, prowadząc do protopeptydów[27].

Znaczny postęp w genezie życia nastąpił wówczas, gdy pojawiły się protokomórki samoreplikujące i samoreprodukujące się. Początkowo własności te nie mogły być jednak przekazane komórkom potomnym, gdyż procesy przebiegające w protokomórce uzależnione były od warunków otoczenia kominów hydrotermalnych. Poza nimi protokomórki wraz z ich własnościami ginęły. Na takim etapie ewolucji biochemicznej nie można więc jeszcze mówić o powstaniu życia.

Ewolucja życia rozpoczęła się dopiero wtedy, gdy RNA, kodujący sekwencje aminokwasowe, mógł być, bez uzależnienia od warunków środowiska, przekazany komórkom potomnym.

3. Filozoficzne implikacje teorii dwuwymiarowego życia

Protobiologia jest nauką tak samo przyrodniczą, jak i filozoficzną. Podejmiemy więc próbę zarysowania przydatności Popperowskiej metodolo-

[27] Z. Chilmonczyk, *Od substancji prostych do życia*, s. 95.

gii w wyjaśnianiu genezy życia i przybliżenia stanowiska redukcyjnego w tej kwestii prezentowanego przez Wächtershäusera.

3.1. Filozofia Karla Rajmunda Poppera w wyjaśnianiu koncepcji metabolizmu powierzchniowego

Poddając krytycznej analizie argumentację chemika z Monachium wskazującą na zasadność jego teorii genezy dwuwymiarowego organizmu w warunkach hydrotermalnych, mimo wielu niejasności wytkniętych przez de Duve'a, w konsekwencji przyznaję, że Wächtershäuser wydaje się badaczem pod względem przyrodniczym bardzo wnikliwym. Jednakże w aspekcie filozoficznym, mimo że jest mało przekonujący, to jednak konsekwentnie poszukuje wsparcia w wyjaśnianiu możliwych procesów wyłaniania się życia z gorącej zawiesiny żelaza i siarki wokół kominów hydrotermalnych. Procesy te nie odnosiły się do tworzenia się nowych skomplikowanych związków organicznych, ale – jak wskazuje Günter Wächtershäuser – energia potrzebna w procesie genezy życia pochodziła jako produkt uboczny prostych przemian chemicznych w świecie żelazowo-siarkowym.

Günter Wächtershäuser świadom jest tego, że geneza życia jest procesem przyrodniczym, ale domaga się przyjęcia odpowiedniej metodologii i podbudowy teoretycznej. Jego wypowiedzi i argumentacje, optujące za realnością modelu metabolizmu powierzchniowego, w kwestii powstania życia mieszczą się w ramach tzw. „filozofii w nauce". Od strony teoretycznej posiłkuje się K. R. Poppera logiką odkrycia naukowego.

Günter Wächtershäuser, w artykule *Before enzymes and templates*, wylicza powody odrzucenia teorii prebiotycznego bulionu oraz wskazuje na opracowania popierające jego racje. Wśród tych powodów wymienia takie, że jest[28]:

1) logicznie sprzeczna[29],
2) niedopracowana pod względem termodynamicznym[30],
3) chemicznie i geochemicznie niezadowalająca[31],

[28] G. Wächtershäuser, *Before enzymes and templates*, 453.

[29] A. G. Cairns-Smith, *Genetic takeover and the mineral origins of life*, Cambridge, New York 1982 oraz R. Shapiro, *Origins – a skeptic's guide to the creation of life on earth*, Origins Life, New York 1986.

[30] A. G. Cairns-Smith, *Genetic takeover*; C. B. Thaxton, W. L. Bradley, and R. L. Olsen, *The mystery of life's origin*, „Philosophical Library Inc.", New York 1984; C. R. Woese, *A proposal concerning the origin of life on the planet earth*, „J. Mol. Evol.", Vol. 13, 1979, s. 95–101.

[31] R. Shapiro, *The improbability of prebiotic nucleic acid synthesis*, „Origin Life", Vol. 14, 1984, s. 565–570; idem, *Prebiotic ribose synthesis: a critical analysis*, „Origin

4) niespójna ze współczesnymi osiągnięciami biochemii oraz biologii[32],
5) eksperymentalnie obalona[33].

Potwierdzenie słuszności i spoistości proponowanej przez siebie (Wächtershäusera) koncepcji hydrotermalnych początków życia dopatruje się w artykule Scherera[34]. Stąd Autor ten konkluduje, że „Jeśli negacja tego modelu zostanie podtrzymana, to nie pozostanie żaden naukowo poprawny model samoorganizacji pierwszych żywych komórek na Ziemi"[35].

Christian de Duve i Stanley L. Miller, w artykule *Two-dimensional life?*, broniąc koncepcji prebiotycznego bulionu, zarzucają Wächtershäuserowi właśnie to samo, co on wytknął dominującemu paradygmatowi w wyjaśnianiu genezy życia, a więc – na co wskazywano wyżej – brak dopracowania w kwestii termodynamicznej i kinetycznej. Podają oni, że na gruncie termodynamicznym model ten jest jeszcze słabszy niż w aspekcie kinetycznym. Odpowiadając na ten zarzut Wächtershäuser stwierdza, że zagadnienie kinetyki, tj. dynamiki reakcji zachodzących na dnie oceanu, rozwiązują różnice temperatur między wyziewami z wulkanów a wodą na dnie oceanu (różnica temperatur wynosi około 500 stopni C a 2 stopnie C). Mimo stawianych zarzutów Autor obstaje przy tym, że życie narodziło się w wysokich temperaturach[36]. Günter Wächtershäuser podaje, że entropia na powierzchni jest całkowicie różna od entropii w roztworze. W roztworze istnieje tendencja do zachodzenia reakcji rozpadu, stąd koncepcja pierwotnego bulionu musi być fałszywa. Na potwierdzenie swojej tezy Autor ten przywołuje rolę fosforylowanych cukrów w metabolizmie powierzchniowym, które sprzyjają powstawaniu struktur o wysokiej stabilności i odporności na rozpad. Jako drugi przykład analizuje stan równowagi termodynamicznej kondensacji pomiędzy aminokwasami a peptydami. Dochodzi do wniosku, że gdyby reakcje takie przebiegały w roztworze, to doszłoby do ich szybkiej hydrolizy. Dlatego „tworzenie się powierzchniowo-związanych struktur kwasów nukleinowych jest termodynamicznie bardziej preferowane niż w roztworze"[37].

Wächtershäuser nie kryje tego, że jego teoria genezy życia domaga się przetestowania, zgodnie z metodologią Poppera, tj. afirmacji lub fal-

---

Life", Vol. 18, 1988, s. 71–85; C. B. Thaxton, W. L. Bradley, and R. L. Olsen, *The mystery of life's origin*.

[32] C. Woese, *A proposal concerning the origin of life*.

[33] R. Shapiro, *Origins*; C. R. Woese, *A proposal concerning the origin of life*.

[34] S. Scherer, *Could life have arisen in the primitive atmosphere?*, „J. Mol. Evol.", Vol. 22, 1985, s. 91–94.

[35] G. Wächtershäuser, *Before enzymes and templates*, s. 453.

[36] Ibidem, s. 455.

[37] Ibid.

syfikacji. Gdyby teoria ta okazała się spójna pod względem teoretycznym i zweryfikowana przyrodniczo, to dominujący obecnie w protobiologii paradygmat długotrwałej ewolucji chemicznej musiałby ustąpić.

Obecnie w astrobiologii zauważa się wielkie przywiązanie do paradygmatu Oparinowskiego, do tzw. oparinizmu i uporczywie poszukuje się cegiełek życia w Kosmosie. Niestety, mimo stwierdzenia istnienia wielu bardzo złożonych związków organicznych w Kosmosie, to jednak, jak dotychczas, nie uzyskano oczekiwanych rezultatów odkrycia kosmicznej cywilizacji, czy nawet prymitywnego życia. Być może przyjmowany powszechnie oparinizm uniemożliwia docenienie innej alternatywy genezy życia. W historii nauki nieraz przekonaliśmy się, że kurczowe przywiązanie się do powszechnie przyjmowanej teorii, sprzyjało zawężeniu horyzontu badawczego, a nawet stawało się przyczyną fałszerstw. Przykładem z ewolucjonizmu może być uporczywe poszukiwanie ogniwa pośredniego między zwierzęciem i człowiekiem. Przekonanie o konieczności istnienia formy z dużym mózgiem i jeszcze wydatną szczęką doprowadziło najprawdopodobniej Charlesa Dowsona do desperackiego kroku, tj. do sfingowania dowodu w postaci tzw. „Człowieka z Piltdown". Propozycja niemieckiego chemika jawi się jako próba ukazania nowego spojrzenia na powstanie życia i nabrania dystansu do przyjmowanej dotychczas metodologii badawczej.

Mimo wielu kwestii spornych natury przyrodniczej, mimo wielu braków dopracowania filozoficznego i, jak sam powiada, mimo braku środków finansowych, dotacji na badania, Autor nie zraża się trudnościami, zachowując postawę uporczywego badawcza. Podejmuje sporne zagadnienia a osiągane wyniki publikuje w naukowych periodykach[38].

3.2. Redukcjonizm w hydrotermalnym wyjaśnianiu genezy życia

Autor hydrotermalnych początków życia zaznacza, że postępując jako chemik zamierza „zredukować historyczny proces ewolucji biologicznej do uniwersalnych, chemicznych praw ewolucji"[39]. Jednakże w tłumaczeniu pochodzenia życia, jak podaje Wächtershäuser, następuje „starcie się" ahistorycznego procesu chemicznej konieczności, determinowanych procesów reakcji chemicznych z pierwszym etapem historycznym

[38] Na uwagę zasługują artykuły: *Biomolecules: the origin of their optical activity*, „Med. Hypothesis", Vol. 36, 1991, No. 4, s. 307–311; idem, *The origin of life and its methodological challenge*, „J. Theor. Biol.", Vol. 184, 1997, No. 4, s. 483–494; idem, *On the chemistry and evolution of the pioneer organism*, „Chem. Biodivers.", Vol. 4, 2007, No. 4, s. 584–602.

[39] G. Wächtershäuser, *The Origin of Life and its Methodological Challenge*, „J. Theor. Biol.", Vol. 187, 1997, s. 483.

ewolucji życia. Z tego też względu, pozostając jeszcze na płaszczyźnie mechanistycznych procesów świata nieożywionego, wkraczamy już w sferę teleologicznej natury systemów ożywionych. W wyjaśnianiu genezy życia narzuca się zatem konieczność przyjęcia adekwatnej metodologii, uwzględniającej poziom, jakby wyraził się W. Sedlak, „szwu życia". Metoda ta, według Autora metabolizmu powierzchniowego, polegałaby na połączeniu indukcjonizmu z dedukcjonizmem. Posługując się metaforą „dwóch koni", podaje, że metody te wzięte osobno nie są w stanie niczego w nauce wyjaśnić. „Eksperymentalny koń jest silny, ale ślepy. Teoretyczny jest słaby, ale widzi. Tylko oba naraz są w stanie pociągnąć ładunek naprzód, pozostawiając za sobą ślady, będące dowodem na nieustanne zmagania prób i błędów"[40]. To połączenie „obydwóch koni w nauce" metaforycznie przedstawia proponowana przez niego metoda biochemicznej retrodykcji. Takie wymogi metodologiczne spełnia Karla Poppera program racjonalności nauki, pozwalający ująć proces ewolucji życia jako niekończące się pasmo stawianych problemów i ich rozwiązań, jako łańcuch stawianych hipotez i prób ich sfalsyfikowania. Relacja: problem-rozwiązanie, widziana w perspektywie ewolucji życia, ukazuje dynamiczny obraz świata i stanowi znaczny wkład w rozwój protobiologii. Logika sytuacyjna relacji problem-rozwiązanie, jak podaje Wächtershäuser, jest heurystyczną i regulatywną ideą, pomocną w pokonywaniu statycznego poglądu na świat i pozwalającą odzwierciedlić proces ewolucji życia od jego powstania w najwcześniejszym etapie.

Poszukiwanie adekwatnej teorii, wyjaśniającej powstanie i ewolucję życia, jest bardzo istotne, gdyż musimy mówić o bytach, które istniały w przeszłości, a obecnie są nieobserwowalne[41]. Teoria ta, jak twierdzi Autor koncepcji metabolizmu powierzchniowego, po pierwsze, musi być logicznie spójna i kompatybilna z prawami przyrody, a po drugie, musi być niezawodnym narzędziem w wyjaśnianiu większej liczby faktów na podstawie niewielu założeń. Powołując się na określenie K. R. Poppera, teoria ta musi odznaczać się „mocą wyjaśniającą". Mówiąc inaczej, testowanie prawdziwości modelu chemo-autotroficznego pochodzenia życia w wulkanicznym świecie żelazowo-siarkowym poprzedzone musi być najpierw wszechstronną analizą teoretyczną (falsyfikowalna teoretycznie), a dopiero później poddane falsyfikacji na płaszczyźnie eksperymentalnej.

W kontekście bardzo ramowo przedstawionego programu badawczego Autor podejmuje próbę cofnięcia się do momentu powstania hipotetycznego i funkcjonalnego prekursora współczesnej komórki biologicznej. Tym prekursorem, jak podaje, jest organizm, posiadający

---

[40] Ibid., s. 484.
[41] Ibid., s. 489.

dwuwymiarową, metaboliczną organizację. Organizm ten, zwany często przez Wächtershäusera „metabolistą", charakteryzuje się silnym wiązaniem ujemnie naładowanych anionowych składników organicznych z dodatnio naładowaną kationową powierzchnią mineralną (piryt). Piryt posiada tę specyficzną właściwość, że łatwo podlega drugorzędowej nukleacji, co może stanowić pierwotną formę podziału komórkowego (reprodukcji). Autor koncepcji metabolizmu powierzchniowego wymienia trzy formy reprodukcji, które uważa za poszczególne etapy ewolucji reprodukcji:

1) organizacyjna, tzn. rozpoczynająca się od drugorzędowej nukleacji, a kończąca się na podziale komórki,
2) metaboliczna, której przykładem jest archaiczny redukcyjny cykl cytrynianu,
3) genetyczna, czyli replikacja.

Replikacja jest zatem późniejszą fizyczną podstawą reprodukcji, dziedziczenia i ewolucji. Pierwotną i podstawową cechą życia jest metabolizm. Reprodukcja organizacyjna była konsekwencją deterministycznych procesów chemicznych „metabolisty". Zarówno pionierski organizm o hipertermofilowej naturze, jak i reprodukcja organizacyjna są zarówno procesami abiotycznymi, jak i biotycznymi. Z punktu widzenia procesów chemicznych, przebiegających wokół kominów hydrotermalnych, konstytuowała się, według Wächtershäusera, początkowa forma biosfery, wyznaczająca kierunek, ale nie określająca szczegółów przyszłej (współczesnej) biosfery. Narodziny życia podlegają deterministycznym chemicznym prawom i mechanizmom. Dalej życie w procesie ewolucji (samo-ekspansji) zwiększa swą złożoność i ciągle rozwija nowe – nie wynikające z chemii, ale ze złożoności – możliwości. „Ewolucja jest widziana jako rozpoczynająca się w konieczności, a kończąca się w szansie"[42].

Konsekwencją tak przyjętej postawy eksplanacyjnej jest przekonanie Autora, że z tego punktu widzenia ustalenie zakresu form żywych jest proste. Szukamy form, odznaczających się metabolizmem na poziomie procesów chemicznych. Inaczej dzieje się w filozofii, gdzie w oparciu o definicje istoty życia dopuszcza się istnienie form znanych i nieznanych. Błędne też jest przeświadczenie, twierdzi Wächtershäuser, że w płytkich oceanach, przepełnionych związkami organicznymi, rozpoczęły się procesy genezy życia. Ten błąd wynika z powszechnie przyjmowanego oparinizmu, idei prebiotycznego bulionu (pierwotnej zupki). Koncepcja ta przyjmowana jest nadal, chociaż obfituje w nie dające się pokonać paradoksy. Wszystkie narzucające się trudności wydają się nierozwiązywalne i sprawiają wrażenie, że koncepcja prebiotycznego

[42] Ibidem, s. 493.

bulionu traci sens. Swe nowe propozycje, zmieniające perspektywę badawczą, ujmuje Wächtershäuser w kilku punktach:

1. Pochodzenie życia jest zidentyfikowane nie przez polikondensację monomerów o niskim ciężarze cząsteczkowym, ale przez syntezę organicznych związków o niskim ciężarze cząsteczkowym z nieorganicznych początkowych składników odżywczych.
2. Postuluje się szlaki karboksylacji i utleniania-redukcji dla syntezy składników organicznych o niskim ciężarze cząsteczkowym.
3. Postuluje się katalizę przejściowych metali dla promowania istotnych kroków w szlakach.
4. Zamiast mechanizmu replikującego reprodukcji i ewolucji, postuluje się produkt autokatalitycznego sprzężenia zwrotnego, w szczególności autokatalizy przyspieszonej przez podstawniki[43].

Geneza życia, wbrew temu, co ukazuje podejście Oparinowskie, nie jest wynikiem długotrwałej ewolucji chemicznej, ale jest chemoautotroficznym, momentalnym zdarzeniem w wyniku autokatalitycznej karboksylacji[44]. Dzięki autokatalitycznej karboksylacji

> produkty reakcji o niskim ciężarze cząsteczkowym promują swoją syntezę z nieorganicznych składników. […] Szlaki autokatalitycznej karboksylacji są szlakami utleniania-redukcji (redoksu), dla których obecność ciekłej wody jest raczej korzyścią niż szkodą[45].

4. Chemiczno-biologiczna natura pierwszego organizmu żywego

W artykule pt. *On the Chemistry and Evolution of the Pioneer Organism*[46] Wächtershäuser podaje, że najczęściej próbuje się wyjaśniać pochodzenie życia, przyjmując uprzednio jakąś jego koncepcję, na bazie definicyjnie określonej istoty oraz na podstawie przyjęcia istotnych jego cech. Skonstruowana na tej podstawie definicja życia ujmuje nie tylko obecne

---

[43] G. Wächtershäuser, *On the Chemistry and Evolution of the Pioneer Organism*, „Chemistry & Biodiversity", Vol. 4, 2007, s. 585.

[44] Karboksylacja polega na przyłączeniu CO_2 do organicznego akceptora, np. uaktywnionej aldopentozy. Utlenianie-redukcja (redoks) jest to reakcja, w której zachodzi zarówno redukcja (przejście atomu lub ich grupy z wyższego na niższy stopień utleniania), jak i utlenianie (przejście atomu lub ich grupy z niższego na wyższy stopień utleniania).

[45] G. Wächtershäuser, *On the Chemistry and Evolution of the Pioneer Organism*, s. 585.

[46] Ibidem, s. 584.

formy życia, ale i powinna uwzględnić wszystkie możliwe formy życia. z tego też względu istnieje, według niego, przekonanie, że u początku wszelkiego życia musi pojawić się struktura chemiczna zapisująca informację, a także posiadająca zdolności replikacyjne (kwasy nukleinowe). Tak więc funkcjonuje przekonanie, że geneza życia jest tożsama z genezą najpierw prostego kodu genetycznego, będącego podstawą fizyczną dla reprodukcji, dziedziczenia i ewolucji. Scenariusz powstania życia jest zgodny z teorią, ale nie z faktycznymi procesami przebiegającymi na Ziemi. Trudno się też dziwić, podaje Autor, że w wyjaśnianiu genezy życia ciągle natrafiamy na paradoksy.

W proponowanym przez siebie nowym podejściu wskazuje, że metabolizm jest podstawową cechą życia. w kontekście procesów metabolicznych pionierski organizm powstaje nagle jako minimalna struktura organizacji (jako metabolizm powierzchniowy) zbudowana z nieorganicznej podstruktury i organicznej nadstruktury. Organiczna nadstruktura składa się ze

> składników odżywczych o niskim ciężarze cząsteczkowym, które są tworzone przez redukcyjne szlaki autokatalitycznej karboksylacji, i które są katalizowane albo przez centra metali przejściowych, albo na powierzchni nieorganicznych podstruktur i rozpuszczone przez wodę[47].

Pionierski organizm określa więc jako „minimalnie zorganizowany byt z całością organicznych cząsteczek związanych w dowolnym momencie na nieorganicznej podstrukturze i związany z bliskimi regionami tejże podstruktury"[48]. Tak określony organizm, w kontekście świata żelazowo-siarkowego, zyskuje w tym samym czasie trzy zasadnicze charakterystyki, tj. wzrost, reprodukcję i zdolność ewoluowania. Wzrost dokonuje się przez przyłączanie składników organicznych do nieorganicznej podstruktury. Dotyczy on nadstruktury i łączy się z liczbą przyłączanych produktów syntezy. Reprodukcją kieruje autokatalityczne sprzężenie zwrotne, jest to reprodukcja metaboliczna. Ewolucja jest możliwa z tego względu, że autokatalityczny efekt sprzężenia zwrotnego podlega mutacji (pojawiają się różne jego wariacje) i selekcji w określonym otoczeniu. Autor zwraca uwagę na to, że pierwotny metabolizm wytwarza wiele produktów reakcji. Jeśli więc pojawia się koncentracja jednego produktu, to – na podstawie autokatalitycznego sprzężenia zwrotnego – następuje zwiększenie koncentracji innych produktów. w ten sposób pojedyncze dodatnie sprzężenie zwrotne „wprowadza dalsze efekty sprzężenia zwrotnego, dzięki którym metabolizm pionierskiego organizmu podlega rozszerzającej się lawinie metabolicz-

[47] Ibid., s. 585.
[48] Ibid., s. 586.

nej ewolucji"[49]. Samorozszerzający się metabolizm tworzy różne szlaki reakcji. Autokatalityczne sprzężenie zwrotne szlaków reakcji może prowadzić do zyskiwania coraz większej autonomii wobec swego pierwotnego środowiska i, przy zachowaniu pamięci pierwotnego położenia, może rozwijać się w nowym środowisku[50].

Charakterystyki te (wzrost, reprodukcja, ewolucja) są zarówno chemiczne, jak i biologiczne. Z chemicznego punktu widzenia, wszystkie trzy charakterystyki są aspektami tego samego systemu reakcji chemicznych, przebiegających w nadstrukturze. W aspekcie biologicznym jednak pionierski organizm, charakteryzujący się jednością systemu chemicznego, stanowi punkt wyjścia i fundament ewolucyjnych przemian w kierunku organizacji komórkowej i późniejszych, genetycznych form życia[51].

W określaniu natury życia Wächtershäuser wychodzi od chemii, od przeanalizowania życiotwórczych reakcji chemicznych i jest przekonany o tym, że organizmy powstałe w kominach hydrotermalnych 3,9 mld lat temu istnieją do dzisiaj w niezmienionej postaci. Przekonany też jest o tym, że scenariusz genezy życia, przez niego przedstawiony, jest możliwy do weryfikacji w laboratorium. Teoretyczno-eksperymentalne przedsięwzięcie ma na celu rekonstrukcję procesu powstania pionierskiego organizmu. W teoretyczno-eksperymentalnej heurystyce „biochemicznej retrodykcji" pragnie on przejść od reakcji warunkujących procesy metaboliczne we współczesnych organizmach i dojść do reakcji katalizowanych przez nieorganiczne osady metali w kominach hydrotermalnych.

Odwoływanie się nie do definicji, ale do chemii życia Wächtershäuser uzasadnia tym, że życie powstało zgodnie z prawami chemicznymi, stąd pierwotny organizm żywy był chemicznie zdeterminowany. Nie mógł więc przyjmować wirtualnych cech, nie może też przyjmować różnych form. Organizm ten musiał być jednoznacznie ukształtowany zgodnie z uniwersalnymi prawami chemii, prawami karboksylacji i katalizatorów stanowionych przez metale przejściowe. Procesy chemiczne, przebiegające uwylotu kominów hydrotermalnych, odegrały jedyną i bezpośrednią rolę w procesie ewolucji życia i jasno określiły strukturę i charakterystykę pionierskiego organizmu.

---

[49] Ibid., s. 595.
[50] Ibid.
[51] Ibid., s. 587.

Zakończenie

Spory między zwolennikami „pierwotnego bulionu" a Wächtershäusera koncepcją „metabolisty" dają okazję do ponownego podejścia do zagadnień genezy życia. To, że tłumaczenie powstania życia z materii nieożywionej wymagałoby rozpatrzenia w kontekście ewolucji, nie budzi oporów. Spór toczy się wokół problemu, czy powstanie życia poprzedziła długotrwała ewolucja chemiczna, czy też życie powstało w bardzo krótkim okresie w oparciu o znane i podstawowe prawa chemiczne?

Odpowiedź chemika z Monachium jest jednoznaczna: procesy genezy życia, wbrew dotychczasowym przekonaniom o długotrwałej ewolucji chemicznej i pełnej paradoksów fazy przedbiologicznej, zachodziły w bardzo krótkim czasie i w naturalnych warunkach na dnie głębokich oceanów, w otoczeniu kominów hydrotermalnych. Życie powstało, jak twierdzi Carl Woese, na granicy dwóch faz: gorącej i zimnej. W naszym przypadku na granicy gorących wyziewów podwodnych wulkanów i zimnej oceanicznej wody. W zamyśle Autora koncepcji życia dwuwymiarowego, woda stanowiła zbiornik cząsteczek, potrzebnych do syntetyzowania się związków organicznych na podłożu mineralnym i ściek produktów ubocznych.

Geneza, ewolucja i struktura organizmu powierzchniowego przedstawiona przez Monachijskiego badacza, mimo wielu kontrowersji, zasługuje, moim zdaniem, na uwagę z kilku względów:

1) wskazuje, że środowisko podwodnych wulkanów jest może być miejscem narodzin życia i wskazówką do badania, dla prężnie rozwijającej się astrobiologii, w poszukiwaniu kolebki życia. Tym samym koncepcja ta zmienia dotychczasową, pełną paradoksów perspektywę badawczą oraz eliminuje obszary, w których życie nie mogłoby powstać;
2) potwierdza, że życie powstało zgodnie z prawami przyrody (chemii i fizyki) w bardzo krótkim czasie na Ziemi (w głębinach oceanu). Eliminuje zatem domysły F. Cricka i innych, z racji szybkiego pojawienia się DNA na Ziemi, o kosmicznym pochodzeniu życia. Nie wymaga też odwoływania się do koncepcji Inteligentnego Projektu;
3) jest alternatywą dla powszechnie przyjmowanej dziś koncepcji „pierwotnego bulionu". Powoływanie się na laboratoryjne eksperymenty otrzymywania aminokwasów nie może być argumentem przekonującym, gdyż aby z nich mogło powstać białko, muszą wytworzyć się wiązania peptydowe. Wiązania peptydowe łączą aminokwasy w łańcuchy polipeptydowe. W laboratorium dotychczas nie otrzymano tych koniecznych wiązań;

4) likwiduje niewygodny w procesie genezy życia problem hydrolizy i braku odpowiedniego nasycenia pierwotnego bulionu składnikami organicznymi. w świecie żelazowo-siarkowym piryt (nie rozpuszczając się w wodzie) wiąże związki organiczne, nie dopuszczając do ich hydrolizy. Łatwiej jest, z punktu widzenia termodynamiki, połączyć się cząsteczkom organicznym na mineralnym podłożu niż w roztworze wodnym;
5) rozważa powstanie życia nie od stadium protokomórek, lecz od poziomu cyklu chemicznego między siarczkiem wodoru (H_2S) a siarczkiem żelaza (FeS). Powstały w tej reakcji wodór stanowi siłę napędową do wyzwalania kaskady reakcji chemicznych, prowadzących do tworzenia się związków węgla łączących się natychmiast z mineralną powierzchnią.

Możliwy scenariusz genezy życia, podany przez Wächtershäusera, reprezentuje spójny pod względem teoretycznym szlak, który prowadzi od cyklu napędzanego pirytem do powstania PNA, TNA i RNA. Na płaszczyźnie przyrodniczej prezentowana koncepcja genezy życia domaga się jednak potwierdzenia. Potwierdzenie to jest o tyle interesujące, że dokonać się powinno nie w laboratorium, ale bezpośrednio przez badanie procesów chemicznych przebiegających blisko kominów hydrotermalnych. Jeśli byłoby to możliwe, to być może przekonalibyśmy się, że w archaicznej kolebce życia, wciąż rodzi się życie z materii nieożywionej.

Discussions over Günter Wächtershäuser's concept of surface metabolism and its philosophical references

Keywords

Primordial soup, oparinism, metabolist chemical retrodiction

Debates between "primordial soup" theory advocates and Günter Wächtershäuser's concept of surface metabolism are a great opportunity for another analysis of genesis of life. There are no objections to the idea that the origin of life from inorganic matter would require evolutionary context. The issue here is revolving around the time frame: was the life's origin precede by long chemical evolution or did life emerge in a short period of time based on known and basis chemical laws? Günter Wächtershäuser's life's genesis scenario is showing theoretically coherent path leading from the pyrite-pulled cycle to the origination of PNA, TNA and RNA. On the natural level however presented concept requires verification. This verification is interesting because it should be carried out by direct investigation of the chemical processes in the vicinity of hydrothermal vents rather than laboratory experiments. If these conditions would be satisfied maybe we could see if in the primordial cradle, life is still originating from inorganic matter.