

BOLESŁAW GOMÓŁKA

KOSMICZNA ROLA ROŚLIN

Słońce jest jedną z wielu miliardów gwiazd wchodzących w skład naszej Galaktyki i nie wyróżnia się ono niczym szczególnym spośród innych gwiazd. Jest to żółty karzeł typu gwiazdowego dG2, umiejscowiony na brzegu jednego z ramion Galaktyki. Źródłem jego energii, jak zresztą i innych gwiazd, są procesy jądrowe, które odbywają się we wnętrzu gwiazdy. Procesy te polegają głównie na przemianie wodoru w hel oraz na tzw. cyklu węglowo-azotowym. Reakcje te wyzwalały ogromne ilości energii promienistej oraz są źródłem tworzenia się niektórych pierwiastków. Energia promienista powstająca podczas reakcji jądrowych zostaje wypromieniowana w przestrzeń kosmiczną, lecz tylko drobna jej część zostaje zaabsorbowana przez planety krążące wokół Słońca. Układ planetarny Słońca stanowi dziewięć planet krążących wokół niego oraz ich satelity. Ponadto w skład tego układu wchodzi liczne asteroidy krążące w przestrzeni między Marsem a Jowiszem oraz komety i roje meteorów. Istnieje wiele hipotez i teorii dotyczących powstawania układu planetarnego Słońca, lecz dzisiejszy stan wiedzy nie pozwala na jednoznaczne określenie, która z nich ma słuszość. Jednakże ważne jest to, iż prawie wszystkie przyjmują tworzenie się układów planetarnych wokół gwiazd jako wynik prawidłowości w procesie ewolucji gwiazd. Układ planetarny Słońca nie byłby więc żadnym nadzwyczajnym tworem we wszechświecie, lecz przeciwnie, istnienie jego byłoby wynikiem ewolucji Słońca.

Ziemia jest trzecią z kolei planetą w układzie planetarnym Słońca i krąży wokół Słońca w odległości średnio 149 mln. kw. Położenie to jest bardzo dogodne, gdyż w tej odległości znajduje się również środek ekosfery Słońca. Ekosfera jest to strefa przestrzeni okołosłonecznej znajdująca się w odległości 0,77—1,5 j. astr. od Słońca. W obszarze tym dla planet dostatecznie szybko wirujących i pochłaniających energię promienistą, jak ciała doskonale czarne, są spełnione warunki termiczne wymagane dla istnienia życia. W zasięgu ekosfery Słońca krążą tylko trzy planety: Wenus, Ziemia i Mars. Planety te posiadają także wszystkie inne wymagane warunki dla istnienia ożywionych form materii, a to: odpowiednią budowę fizyczną, skład chemiczny, atmosferę oraz inne czynniki warunkujące istnienie życia.

Ziemia jako układ fizyczny stanowi tzw. układ otwarty. Istnieje bowiem stała wymiana energii i materii między Ziemią jako całością i jej otoczeniem. Otoczenie to stanowią: Słońce, które jest głównym źródłem energii, oraz przestrzeń kosmiczna, która jest zarówno źródłem stale zasilającym Ziemię różnorodnymi formami

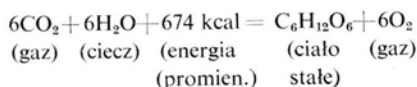
energii i materii, jak i miejscem rozproszenia się energii i materii pochodzącej z Ziemi. Z przestrzeni kosmicznej Ziemia otrzymuje materię w formie opadów meteorytów i pyłów kosmicznych oraz energię promienistą, ciepłą i grawitacyjną, natomiast Ziemia stale wypromieniowuje do otaczającej ją przestrzeni energię promienistą i ciepłą oraz rozprasza swą materię z górnych warstw atmosfery. Dzięki temu właśnie, że Ziemia stanowi układ otwarty, co pozwala na stałą wymianę z otoczeniem materii i energii, mogło na powierzchni globu ziemskiego powstać i rozwinąć się życie.

Wśród opracowanych obecnie teorii powstania życia najbardziej popularną i zarazem najlepiej udokumentowaną teorią jest teoria Oparina. Nowa forma istnienia materii, jaką stanowią jej formy ożywione, powstała na drodze przemian materii nieożywionej, która stanowi tworzywo dla budowy związków organicznych. Związki organiczne powstałe na drodze abiogenicznej syntezy gromadziły się w morzach, które stanowiły doskonałe środowisko dla przebiegu różnorodnych reakcji. W wyniku tych reakcji drogą samorzutnej syntezy powstawały coraz to bardziej złożone układy. Wśród nich powstawały układy, które miały zdolność włączania związków z otoczenia, tworzenia swych struktur, powiększania swych rozmiarów i komplikowania struktury, a wreszcie zdolności zbliżone do reprodukcji. Oparin nazywa takie układy koaćerwatami. Przypuszczalnie źródłem energii dla tych reakcji było promieniowanie słoneczne, a zwłaszcza bardziej krótkofalowa jego część. Atmosfera wówczas nie zawierała tlenu, a więc nie było również pochłaniającej je warstwy ozonowej. Głównym składnikiem ówczesnej atmosfery ziemskiej były: wodór, amoniak, metan i inne proste związki chemiczne. Związki te wchodziły w reakcję z wodą oceanów lub parą wodną zawartą w atmosferze i coraz bardziej nasycały środowisko wodne. Pierwsze twory, które można uważać za organizmy żywe, zwane przez Piriego eobiontami, powstały prawdopodobnie w zatokach praoceanów, gdzie stężenie substancji było większe, co sprzyjało różnorodnym reakcjom. Twory te musiały stanowić układy otwarte, odznaczające się tzw. stanem nibyrównowagi. Stan ten jest charakterystyczny dla żywych organizmów i pozwala on nie tylko na przeciwdziałanie procesowi degradacji, lecz przeciwnie, powoduje on spadek entropii układu, a tym samym wzrost jego komplikacji. Jest to podstawa procesu ewolucji, który doprowadził do tak wspaniałego rozwoju świata ożywionej materii.

Żywe organizmy jako układy otwarte również korzystały z energii słonecznej, jakkolwiek w procesie ewolucji pierwotnym źródłem energii życiowej były związki organiczne nagromadzone w czasie długotrwałego procesu abiogenicznego ich powstawania. Związki te były pierwszym źródłem energii dla organizmów żywych, które miały heterotroficzny sposób odżywiania się. Było to pośrednie korzystanie z energii słonecznej, gdyż produkty te były niczym innym, jak tylko zmagazynowaną w tej formie energią słoneczną, która umożliwiła czerpanie energii żywym organizmom, dopóki te nie wykształciły procesów metabolicznych pozwalających im na korzystanie w pełni z energii słonecznej. Z chwilą powstania organizmów żywych zdolnych do syntezy związków organicznych z substancji nieorganicznej,

czyli powstania organizmów o autotroficznym sposobie odżywiania się, rozpoczyna się «kosmiczna» rola roślin, która trwa po dzień dzisiejszy i która przybrała najróżnorodniejsze i rozliczne formy. W ciągu ewolucji żywej materii wykształciły się coraz to sprawniejsze procesy dostarczające energii dla żywych organizmów. W pierwotnym środowisku bogatym w związki organiczne procesem takim były różnorodne fermentacje. Dostarczały one jednak stosunkowo mało energii i wymagały dużych ilości przerobionych produktów, a także powodowały powstawanie substancji toksycznych, takich jak alkohol, kwas octowy, itp. oraz CO_2 . Daleko sprawniejszym procesem okazało się oddychanie komórkowe, gdzie proces utleniania daje o wiele więcej energii niż fermentacja, lecz do tego rodzaju reakcji niezbędny jest wolny tlen. Nikłe jego ilości mogły powstać w procesie fotolizy wody pod wpływem promieniowania krótkofalowego Słońca, lecz dopiero powstanie procesu zwanego fotosyntezą pozwoliło na produkcję wolnego tlenu w dostatecznie dużej ilości, aby mógł stać się uniwersalnym utleniaczem. Dokonały tego gigantycznego procesu rośliny zielone uwalniając w procesie fotosyntezy wszystkich tlen zawarty obecnie w atmosferze i rozpuszczony w wodzie rzek, jezior, mórz i oceanów. Ewolucja procesów metabolicznych dostarczających energii dla żywego organizmu oparta jest na ewolucji układu porfiryнового, gdyż układ ten może wykonywać wielorakie funkcje prowadzące zawsze do dostarczenia energii życiowej dla organizmu. Jak przypuszczają Komarow i Kreczetowicz, pierwszym stadium prowadzącym do wytworzenia się aparatu fotosyntetycznego była chemosynteza, a dopiero na jej bazie rozwinęła się fotosynteza.

Jakkolwiek znamy układy, w skład których wchodzi związek nieorganiczny przekształcający energię słoneczną w energię chemiczną, to jednak najlepiej to czynią żywe organizmy, czyli rośliny. Rośliny pobierając energię słoneczną przy pomocy katalizatora, jakim jest chlorofil, przekształcają w procesie fotosyntezy energię promieni słonecznych w energię chemiczną. Ilość energii słonecznej, która dociera do Ziemi jest ogromna, gdyż stała słoneczna dla Ziemi wynosi $1,98 \text{ cal/cm}^2$, lecz tylko drobny ułamek tej energii zostaje uchwycony przez rośliny w procesie fotosyntezy. Szczegółowe badania wykazały, że fotosynteza składa się z dwóch oddzielnych faz; a to: fotolizy H_2O i cyklu ciemnych reakcji, tzw. reakcji blackmanowskich. Energia słoneczna pochłaniana przez rośliny potrzebna jest do reakcji fotolizy wody, natomiast dla przebiegu dalszych etapów przyswajania CO_2 wystarcza energia zawarta w produktach fotolizy wody, przy czym entropia syntetyzowanych w tym procesie związków organicznych maleje. Uczestniczące w reakcjach fotosyntezy proste związki nieorganiczne CO_2 i H_2O oraz energia promieniasta przekształcają się w złożone związki organiczne, zwane cukrowcami, oraz zostaje wydzielany tlen molekularny. Reakcje zachodzące w procesie fotosyntezy przedstawia ogólne równanie:



Powstałe w ten sposób związki stanowią materiał wyjściowy dla dalszej syntezy różnorodnych związków organicznych o coraz to mniejszej entropii. Procesy te są zwykle sprzężone z reakcjami utleniania, które dostarczają bezpośrednio energii dla procesów życiowych organizmu. Roczne ilości produkowanej przez rośliny substancji organicznej są ogromne i sięgają miliardów ton. Proces ten powoduje stały obieg materii w skali całej planety, nie tylko tych kilku pierwiastków uczestniczących w reakcjach procesu fotosyntetycznego, lecz także wielu innych, które wchodzi w skład struktury żywej materii, roślin i zwierząt. Gdyby nieustanny obieg pierwiastków z biosfery do atmosfery, hydrosfery i litosfery i z powrotem do biosfery nagle ustał, to wszystkie wolny tlen zostałyby związany z procesie oddychowym w ciągu 2 tys. lat, a dwutlenek węgla zawarty w atmosferze i w wodach zostałby przekształcony w procesie fotosyntezy w jeszcze krótszym okresie czasu, bo około 300 lat.

Jakkolwiek powstające w procesie fotosyntezy cukrowce są produktem niezmierznie ważnym, gdyż stanowią związki wyjściowe dla procesu utleniania, a także i innych procesów biosyntetycznych, to jednak zasadniczym twórcyem żywej protoplazmy są białka i kwasy nukleinowe, dla ich wytwarzania zaś potrzebny jest azot. I tutaj w gospodarce azotowej decydującą rolę odgrywają rośliny, mikroskopijne bakterie, mogące wiązać azot z powietrza w związki przyswajalne dla innych roślin. Ostatnie badania wykazały, że zdolność wiązania azotu posiada wiele gatunków bakterii, w szczególności zaś są to bakterie fotosyntetyzujące oraz sinice zaliczane do glonów. Mechanizm wiązania azotu atmosferycznego polega na przekształceniu go w amoniak i zmineralizowaniu na azotany i sole amonowe, które stanowią substancje przyswajalne dla wyższych roślin. Jest to drugi obok fotosyntezy proces dostarczający materiałów strukturalnych dla roślin i zwierząt. Warto tutaj wspomnieć jeszcze o jednej niesłychanie ważnej roli roślin jako producentów i dostarczycieli substancji odżywczych dla reszty organizmów niesamodzielnych. Jest to zagadnienie obiegu wody. Proces ten polega na ustawicznym pobieraniu wody, zatrzymywaniu jej w swoich tkankach oraz wydzielaniu drogą transpiracji (parowania) do atmosfery. Rośliny pobierają wodę z gleby, magazynują ją w swych tkankach zużywając dla swego metabolizmu. Jeżeli rośliny zostaną zużyte jako pokarm, to woda ta wchodzi w skład organizmu, który je spożył. W procesie metabolicznym roślin ważnym czynnikiem jest wydzielanie wody drogą parowania, co powoduje stały obieg wody między biosferą z jednej strony a litosferą, atmosferą i hydrosferą z drugiej. Proces ten ma jeszcze większe znaczenie jako czynnik klimatyczny. W ten sposób rośliny są jedynymi wytwórcami substancji organicznej, która służy zarówno im samym, jak i organizmom heterotroficznym do budowy żywej protoplazmy i jej różnorodnych wytworów. Pierwotne żywe organizmy, rozporządzające w swym metabolizmie tylko procesami fermentacji, miały jedynie możliwość przetrwania tak długo, na jak długo starczyło im abio-genicznie powstałych substancji odżywczych. Łącząc procesy fermentacji z procesami fotosyntezy uzyskiwały już pewną samodzielność, a połączenie fotosyntezy z procesami oddychania komórkowego spowodowało pełną samowystarczalność

roślin i pozwoliło uzyskać im nadwyżki energetyczne, a tym samym stworzyło dogodne warunki dla ewolucji świata organicznego. Rozporządzając oboma tymi procesami, fotosyntezą i oddychaniem komórkowym, a także zdolnością do wiązania azotu atmosferycznego, świat organizmów żywych mógł przeciwstawić się procesowi degradacji, produkując nieustannie związki organiczne oraz łącząc je w coraz to bardziej skomplikowane układy, prowadząc w ten sposób do spadku entropii w tych układach.

Metabolizm żywego organizmu składa się z dwóch przeciwstawnych sobie procesów; anabolicznego i katabolicznego. Procesy te przebiegają w organizmie żywym równocześnie; rozwój i starzenie się zależy od tego, który z tych procesów aktualnie przeważa. Przy przewadze procesów anabolicznych organizm rozwija się, zaś po osiągnięciu przez niego swego maksimum zaczynają zwykle przeważać procesy kataboliczne, które w rezultacie prowadzą do obumarcia organizmu. Jest to prawidłowy przebieg cyklu życiowego każdego organizmu. W procesach katabolicznych zostaje wyzwolona energia, która jest zużywana do innych procesów życiowych. Entropia zużywanych związków organicznych wzrasta, bowiem następuje rozpad ich na substancje coraz to prostsze, które w ostatecznej fazie rozpadu są wydzielane z organizmu na zewnątrz. Jeżeli procesy kataboliczne doprowadzą do obumarcia organizmu lub nastąpi to wskutek innych przyczyn, wtedy powstaje substancja organiczna, która wraz z wydalonymi przez organizmy żywe resztkami procesów metabolicznych tworzy substancję pokarmową dla organizmów roztoczowych zajmujących się usuwaniem tych szczątków. Większość tych organizmów to rośliny saprofityczne np. grzyby, bakterie. Rozkładają one substancję organiczną drogą mineralizacji uzyskując jednocześnie energię i związki organiczne dla własnych procesów metabolicznych. Usuwanie szczątków obumarłych organizmów jest jeszcze jedną ważną funkcją świata roślinnego, gdyż zapewnia ono stały dopływ pierwiastków strukturalnych, a zwłaszcza azotu w formie związków przyswajalnych przez rośliny wyższe i zwierzęta, dla budowania przez nie żywej materii organicznej. Nagromadzenie szczątków organicznych, roślinnych i zwierzęcych doprowadziłoby do zbyt szybkiego wyczerpania niektórych bardziej deficytowych pierwiastków, zwłaszcza mikroelementów oraz zatrułoby w bardzo krótkim czasie środowisko życiowe dla reszty żywych organizmów, co uniemożliwiłoby im kontynuację procesów życiowych, a w rezultacie doprowadziłoby do obumarcia całej biosfery.

Ewolucja żywej materii doprowadziła do wyodrębnienia się organizmów roślinnych i zwierzęcych. Pierwsze z nich cechuje autotroficzny sposób odżywiania się, drugie zaś są zależne od roślin, gdyż sposób ich odżywiania się jest heterotroficzny. Dlatego też ewolucja świata roślinnego zawsze wyprzedza ewolucję świata zwierząt. Rośliny bowiem stanowią bazę pokarmową dla zwierząt i tym samym określają ewolucję świata zwierząt. Dla procesu ewolucyjnego świata organicznego powstanie procesu fotosyntezy miało również i inne, lecz nie mniej doniosłe znaczenie, rośliny bowiem w procesie fotosyntezy produkują wolny tlen, który bądź to rozpuszcza się w wodzie środowiska wodnego, bądź też uchodzi

do atmosfery w wypadku roślin lądowych. Tlen zawarty w atmosferze w miarę wysycania dolnych jej warstw utworzył pod wpływem promieniowania ultrafioletowego w górnych jej regionach warstwę zwaną ozonową. W warstwie tej występuje on jako odmiana allotropowa tlenu w formie drobin O_3 . Warstwa ta stanowi dla organizmów żywych ochronę przed zabójczym promieniowaniem ultrafioletowym. Zanim utworzyła się warstwa ozonowa żywa materia była chroniona przez wodę z mórz i oceanów i dopiero po jej utworzeniu stała się możliwa ekspansja roślin i zwierząt na lądy, co odegrało decydującą rolę dla procesu ewolucji żywych organizmów. Pierwszymi organizmami, które zainicjowały zdobycie nowych terenów były prawdopodobnie rośliny. Rośliny te posiadały jednocześnie zdolność do fotosyntezy i sprzężonego z nią oddychania komórkowego, zdolność do wiązania azotu atmosferycznego, a także musiały rozwiązać problem pobierania i magazynowania wody. Przykładem wśród dzisiejszych organizmów mających zdolność do wykonywania tych procesów są sinice z rodziny *Nostocaceae*. Były one pierwszymi żywymi istotami, które skolonizowały wyspę Krakatau po gigantycznym wybuchu wulkanu Krakatau, który zniszczył doszczętnie wszelkie życie organiczne na wyspie. Wyjście na ląd roślin zielonych przygotowało teren dla zwierząt, stwarzając im bazę paszową, odpowiednią dla oddychania atmosferę i wreszcie środowisko, w którym zwierzęta mogły egzystować. Jednakże w ciągu całego dalszego procesu ewolucji występowała nie tylko stała zależność od energii słonecznej tak roślin jak i zwierząt, lecz także pojawiły się i inne zależności. Wystąpiły one w wyniku coraz bardziej skomplikowanej budowy i czynności organizmów oraz bardziej bezpośredniej ekspozycji ich na wpływ aktywności Słońca. Słońce wywiera swój wpływ na atmosferę ziemską, która decyduje o pogodzie, warunki pogodowe zaś wywierają wpływ na aktywność organizmów żywych. Dowody istnienia wielorakiego wpływu Słońca na organizmy żywe można odnaleźć w niektórych ich procesach metabolicznych oraz czynnościach fizjologicznych. Mają one najczęściej charakter procesów przystosowawczych do zmian, jakie zachodzą w ich otoczeniu. Powszechnie znane jest zjawisko zrzucania liści przez drzewa w strefach umiarkowanych w związku z nadejściem pory zimowej, zjawisko fotoperiodyzmu dostosowane do długości dnia oraz sen zimowy roślin i zwierząt. Przyrost drzew jest ściśle zależny od fotosyntezy, ta zaś jest zależna m. in. od natężenia światła, temperatury, wilgoci, które to czynniki są zależne od pogody, jaka panuje w danym miejscu. Jak czułym rejestratorem zmian natężenia promieniowania słonecznego są rośliny, może służyć fakt, że można łatwo wykazać korelację przyrostu drzew z natężeniem plam słonecznych, które są wyrazem zmian aktywności Słońca. Można również wykazać wpływ aktywności Słońca na zwierzęta i człowieka. Wiadomo bowiem, że w czasie występowania wzmózonego cyklu procesu plamotwórczego na Słońcu, zaczynają pojawiać się u zwierząt i człowieka pewne objawy, które są wywołane wpływem aktywności Słońca. Oto ich przykłady: wzrasta pobudliwość systemu nerwowego, zachodzą pewne zjawiska fizjologiczne we krwi. Prawdopodobnie istnieje jeszcze wiele innych objawów, których poznanie może rzucić światło na zagadnienie wpływu Słońca na biosferę.

Rozwój świata roślinnego wytworzył dogodne warunki dla rozwoju zwierząt, wśród których najwyższym szczeblem ewolucji jest człowiek. Powstanie organizmów obdarzonych zdolnością do twórczej pracy, tj. człowieka myślącego, stworzyło nowe stosunki w układzie sił napędowych procesu ewolucji. Człowiek dzięki swej zwiadomej działalności zaczął wykorzystywać surowce zwierzęce i roślinne dla zaspokojenia swych potrzeb. Rolnictwo stworzyło bazę, dzięki której człowiek został uwolniony od konieczności korzystania jedynie tylko z przypadkowych zdobyczy i mógł dzięki temu stworzyć swą wspaniałą cywilizację. Dzięki nauce o prawach rządzących przyrodą mógł opanować jej siły i zacząć przekształcać obraz swej planety. Energii do tej działalności dostarczyły mu również, choć pośrednio, rośliny, gdyż źródła energii, takie jak węgiel kamienny i brunatny, torf, drewno i ropa naftowa nie są niczym innym jak tylko zmagazynowaną przez rośliny energią słoneczną. Obecny rozwój techniki pozwolił człowiekowi na rozpoczęcie opanowywania nie tylko powierzchni swej planety, lecz także przestrzeni okołozemskiej i międzyplanetarnej. Pojawiły się tam sztuczne satelity i stacje międzyplanetarne będące wytworami rąk ludzkich. Jest to wstęp do lotów międzyplanetarnych, które muszą nastąpić jako wynik stałej ekspansji człowieka. W realizacji lotów kosmicznych rośliny odegrają również niezwykle ważną rolę, bowiem jedną z zasadniczych trudności jest zaopatrzenie załogi statku kosmicznego w żywność i tlen. Problem ten może być pomyślnie rozwiązany z pomocą roślin, mikroskopijnych glonów, które pobierając CO_2 i wodę, wydzielane przez człowieka, wzamian za to dostarczają mu tlenu i środków odżywczych. Można tak skonstruować aparaturę, że człowiek i roślina będą stanowić układ zamknięty o stałym obiegu materii organicznej przy dostarczaniu energii świetlnej z zewnątrz. Jest to jak gdyby mikroskopijne pomniejszenie stosunków panujących na Ziemi, gdzie biosfera stanowi układ o zamkniętym obiegu materii i stałym dopływie energii słonecznej.

W ostatnich kilkunastu latach rozwinęła się nowa dziedzina astronomii zwana astrobotaniką. Jej celem jest poszukiwanie dowodów istnienia ożywionych form materii na innych planetach. Obecne jej osiągnięcia pozwalają na przypuszczenia, że życie istnieje na powierzchni naszych najbliższych sąsiadów: Wenus i Marsie. Jedynym dowodem istnienia życia na tych planetach są pewne zjawiska występujące w skali całej planety, które świadczą o występowaniu tam form ożywionej materii zbliżonych fizjologicznie do ziemskich roślin. Również istnieją uzasadnione przypuszczenia, że wokół innych gwiazd istnieją układy planetarne, a wśród nich planety obdarzone życiem. Życie byłoby więc dość rozpowszechnioną formą istnienia materii stanowiącą najwyższą formę jej organizacji. Życie jest zjawiskiem w skali planetarnej i pojawia się ono jako konsekwencja ewolucji danej planety, jeżeli tylko zaistnieją na jej powierzchni odpowiednie dla powstania i rozwoju jego warunki. W naszej Galaktyce istnieje około 100 tysięcy planet podobnych do Ziemi, zaś w całym widzialnym obecnie wszechświecie jest ich około 10 milionów i na wielu z nich na pewno istnieją ożywione struktury. Rozwój ich i formy, jakie przybrały, muszą być tak różne, jak różnorodne są warunki ekologiczne na poszczególnych planetach. Mamy podstawy przypuszczać, iż życie jest wyda-

rzeniem kosmicznym i, o ile wiemy, jest najbardziej złożonym stanem organizacji materii, jaki powstał we wszechświecie.

Całość opisanych powyżej procesów i funkcji wykonywanych przez rośliny zielone i saprofityczne składa się na pojęcie kosmicznej roli roślin, którym tak wiele zawdzięczamy.

LITERATURA

1. Bernal J. D., 1954. *Materialne podłoże życia*. Warszawa.
2. Bladergroen W., 1957. *Wstęp do energetyki i kinetyki procesów biologicznych*. Warszawa.
3. Bowman N. J., Haldane J. B. S., 1955. Clearing the air. *Jour. Brit. Interpl. Soc.* 14. Nr 5.
4. Canney H. E., Ordway F. J. *The Uses of Artificial Satellite Vehicles. Part. 1. B. Biology and Medicine and the Space Satellite. Astr. Acta. Vol. 2, Fasc. 4.*
5. Defay R., 1957. Bieg czasu, entropia i ewolucja. *Problemy*, Nr 9.
6. Ellison M. A., 1956. *The Sun and Its Influence*. London.
7. Ermich K., Mergentaler J., 1953. Zależność przyrostu drzew od klimatu solarnego. *Rocznik Sekcji Dendrologicznej P.T.B.* T. 9.
8. *Fizyka i chemia życia*. 1959.
9. Gadomski J., 1959. *Ekosfery. Postępy Astronomii*, vol. VII, Nr 4.
10. Goldschmidt V. M., 1952. *Geochemical Aspects of the origin of complex organic molecules on the Earth as precursors to organic Life. New Biology N.* 12.
11. Görlich E., 1958. O niektórych problemach geochemii i kosmochemii. *Wiad. Chem.* Nr 6.
12. Górski F., 1955—57. *Zarys fizjologii roślin. Cz. 1—2*. Kraków.
13. Kamen M., 1958. A Universal Molecule of Living Matter. *Scientific American. Vol. 199, Nr 2.*
14. Kerszman G., 1957. O istocie życia. *Studia filozof.* Nr 1.
15. Kerszman G., 1955. Zagadnienie powstania życia. *Myśl filozof.* Nr 3.
16. Kretetovic A. M., 1952. *Vaprosy ewolucii rastitel'nogo mira. Moskwa.*
17. Mergentaler J., 1958. *Słońce*. Warszawa.
18. Ed. M. R. Huberty and W. L. Flock, *Natural Resources*. 1959. N. York.
19. Oparin A. J., 1953. K voprosu o vozniknovenii zizni. *Voprosy filosofii.* Nr 1.
20. Rutten M. G., 1958. Origin of life on earth, its evolution and actualizm. *Evolution* 11, Nr 1.
21. Saukow A. A., 1958. *Evolucija geochemiceskich uslovij v istorii zemli. Priroda* Nr 2.
22. Skarżyński B., 1958. *Powstanie życia na Ziemi. (Międzynarodowe Sympozjum w Moskwie, 19—24. VIII. 1957). Kosmos Ser. A. T. V, Nr 1.*
23. Strughold H., 1953. *Comparative Ecological Study of the Chemistry of the Planetary Atmospheres. Journ. Av. Med.* 24.
24. Suvorov N. J., 1957. *Problema organiceskoj ewolucii v sovremennom planetovedenii. Trudy Sektora Astrobotaniki* 5.
25. Szafer W., 1948. *Powstanie i drogi rozwoju życia na Ziemi*. Lublin.
26. Terrien I., Truffaut G., Cartes J. Light, 1957. *Vegetation and Chlorophyll*. London.
27. Tikhoff G. A., 1955. Is Life Possible on Other Planets. *Journ. Brit. Astr. Ass.* 65. Nr 5.
28. Urey H. C., 1952. *The Planets, Their Origin and Development*. New Haven.
29. Vavilov S. J., 1950. *Glaz i Solnce. Izd 2. dopoln i ispravl. Moskwa.*
30. Warburg O., 1958. *Photosynthesis. Science. Vol. 128, Nr 3315.*
31. Wróblewski A., 1957. *Słońce a Ziemia. Urania, Vol. 28, Nr 7—8.*