

## Las – fotosfera życia w atmosferze Ziemi\*

### Forest – the photosphere of life in the Earth's atmosphere

Tomasz J. Wodzicki

Instytut Badawczy Leśnictwa, Niestacjonarne Studia Doktoranckie (NSD), Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

Tel. +48 22 7150561, e-mail: t.wodzicki@wp.pl

**Abstract.** The evolution of the vertical, long distance water transport, overcoming gravitation, by trees during the Devonian, initiated the emerging of forest ecosystems extending the photosphere of life further into the Earth's atmosphere. The origin of woody tissues is likely associated with genome mutations in primitive green plants, which inhabited the land about 350 million years ago. Most probably, only two mutations were required – one allowing the synthesis of lignin and the second, enabling the autolysis of protoplast in the maturing cellular woody elements. Developing forest ecosystems formed the most productive environments, in which sunlight-dependent metabolic processes of life reached further into the atmosphere while at the same time allowing more water to be stored on the land surface, which in turn allowed for the evolution of numerous heterotrophic organisms. This property of the forest could therefore be considered an important factor in the evolution of hominids, which eventually contributed to the development of the *Homo sapiens* culture.

**Keywords:** forest, emergent property, life property, evolution

**Słowa kluczowe:** emergentna właściwość lasu, ewolucja właściwości życia

\*Tezy wykładu dla doktorantów (październik 2020 r.)

## 1. Wprowadzenie

Właściwość to pojęcie z zakresu logiki tradycyjnej oznaczające cechy charakterystyczne dla danej rzeczy – rozumianej jako układ fizyczny. Zwykle jest to cecha mierzalna, a jej wybór i charakterystyka zależą od zainteresowań obserwatora.

Określenie właściwości lasu najczęściej dotyczy celów ochrony i sposobów użytkowania. Wiedza o właściwościach lasu, w tym sensie, jest głównym przedmiotem edukacji w zawodzie leśnika – tzn. także treścią programów studiów na wydziałach leśnych. Jest też zwykle głównym przedmiotem charakterystyki programów badawczych i opracowań monograficznych jako podstawa kategoryzacji form lub przedmiot doskonalenia metod gospodarowania w leśnictwie (Rykowski 2006; Podgórska, Sierota 2010). Wynika stąd złożoność specjalizacji leśników w procesie edukacji, która ma charakter prezentacji współzależności różnych aspektów wiedzy z dziedziny stosowanych metod hodowli, użytkowania, ochrony, inżynierii, ekonomiki i pełnienia wybranych funkcji

rekreacyjnych lasu. Tak rozumiane pojęcia właściwości lub cech charakterystycznych ekosystemów leśnych w praktyce są finalnym celem urządzania lasu. Rozwój leśnictwa w przyszłości wymaga jednak postępu wiedzy i doskonalenia metod gospodarki leśnej, co nie jest możliwe bez szczegółowych badań funkcji ekosystemów leśnych jako środowiska życia na Ziemi.

Wstępne rozważania na ten temat przedstawił Zięba (2015) „...kiedy system złożony ze składników osiągnie pewien poziom kompleksowej organizacji, zaczyna ujawniać nowe właściwości emergentne, które nie są przewidywalne na bazie właściwości i relacji strukturalnych charakterystycznych dla części konstytutywnych systemu” i dalej: „Systemy leśne charakteryzuje się całością, swoistymi cechami, których nie można wyprowadzić z części badanych oddzielnie. Jest to osobliwa organizacja charakteryzująca się właściwościami i sposobem funkcjonowania przysługującymi całości”.

Określenie tych właściwości lasu wciąż nie jest oczywiste i wiąże się z potrzebą charakterystyki podstaw ewolucji życia na Ziemi. Istnieje bowiem potrzeba wskazania tych właści-

Wpłynęło: 7.05.2020 r., zrecenzowano: 15.05.2020 r., zaakceptowano: 8.06.2020 r.

wości struktury biocenozy, które umożliwiły ewolucję życia w środowisku lądowym Ziemi. Są to elementy paleobiologii, genetyki i fizjologii rozwoju roślin drzewiastych.

## 2. Ewolucja i środowisko życia na Ziemi

Życie jest właściwością struktury układów materialnych, która umożliwiła przyspieszenie abiotycznych procesów przemiany energii (Lane 2016; Damasio 2018; Łagosz 2019). Stało się to drogą doskonalenia procesów redukcji asymetrii struktury cząstek elementarnych, czyli ewolucji złożonych form strukturalnych metabolizmu materii i energii. Tak też powstały warunki różnicowania właściwości i reprodukcji związków organicznych. Kojarzenie prostych związków węgla, wodoru, tlenu i azotu w związki organiczne oraz ich formy cykliczne w postaci aminokwasów było możliwe na Ziemi (najprawdopodobniej) tylko w roztworze wodnym, ponieważ uwarunkowane jest wiązaniem energii uwolnionej w procesie rozszczepienia cząsteczek  $H_2O$  w stanie ciekłym – a więc w temperaturze między fazami stanu krzepnięcia i parowania wody. Dotyczy to wykorzystania potencjału strukturotwórczego jonów  $OH^-$  i produkcji tlenu w postaci cząsteczkowej, którego akumulacja, szczególnie w atmosferze ziemskiej, dała szansę rozwoju wielu form życia.

Początek okresu tworzenia aminokwasów, łączenia ich w białka o właściwościach enzymatycznych i syntezy nukleotydów oraz ich polimerów (RNA i DNA) szacuje się w przybliżeniu na ok. 0,8 mld lat po utworzeniu planety Ziemia. Przez miliony lat był to okres ewolucji procesów biogenezy w kompleksach białkowych i rozwoju pamięci molekularnej w postaci sekwencji nukleotydów kodujących strukturę białek enzymatycznych. To z kolei umożliwiło replikację i mutagenезę informacji genetycznej, a więc pokoleniową ewolucję właściwości strukturalnych i rozwoju nowych form życia. W tym czasie synteza fosfolipidów (substancji hydrofobowych o bipolarnej strukturze) umożliwiła wydzielanie się w środowisku wodnym pierwotnych form komórkowych życia. Umożliwiła też ustalenie w strukturze membran lokalizacji wielu białek enzymatycznych oraz kontrolę transportu jonów lub związków chemicznych między środowiskiem wodnym otoczenia i uwodnionym protoplastem pierwotnych komórek.

Dzięki wcześniej utworzonej molekularnej pamięci biogenezy białek i specjalizacji cytomembran pierwotnej cytoplazmy powstały warunki wzrostu i reprodukcji przez podział prostych form organizmu komórkowego. Od powstania tych nowych właściwości układu biologicznego, tj. ok. 2 mld lat temu, przyjęto datować inicjację życia na Ziemi. Były to jednak wciąż organizmy prokariotyczne (bez wydzielonego obszaru jądra komórkowego), które w różnych formach mikroorganizmów przetrwały do dziś. Ale już ok. 200 mln lat później pojawiły się pierwotne organizmy eukariotyczne (jądro) z rozwiniętym systemem membran wewnątrzkomórkowych. Endomembrany różniące się właściwościami białek enzymatycznych (składników ich struktury) umożliwiały lokalizację różnych procesów metabolizmu komórkowego,

w tym właściwości wykorzystania różnych źródeł energii ukształtowanych jeszcze w okresie biosyntezy pozakomórkowej w oceanach.

Były to zarówno organizmy przydenne, uzależnione od źródeł energii geotermalnej lub od uwalnianej w wyniku rozszczepienia wiązań molekularnych minerałów (np. archeony utleniające piryt  $FeS_2$ , jak *Metallosphaera sedula* Huber et al. znajdująca także i dziś we włoskim wulkanie), jak i inne organizmy rozwijające się w obszarze przypowierzchniowym, penetrowanym przez światło słoneczne (poniżej 150 m pod powierzchnią oceanu panuje już ciemność). Obie formy życia były nadal autotroficzne, ale charakteryzowały się ogromną różnicą wydajności energetycznej metabolizmu na korzyść potencjału biotwórczego fotosyntezy. To zróżnicowanie sposobu pozyskiwania energii stymulowało też zróżnicowanie procesów syntezy substancji strukturalnych, np. syntezy włóknistych cząsteczek celulozy wykorzystanych w formowaniu ściany komórkowej otaczającej błonę fosfolipidową komórek. Był to więc także początek ewolucji obecnych do dzisiaj dwóch form biogenezy – autotrofów i heterotrofów, a heterotrofizm (czyli pozyskiwanie energii poprzez trawienie ciała innych organizmów) umożliwiał dalszy etap ewolucji potencjału metabolizmu energii słonecznej. Ponadto proces fotosyntezy stał się też źródłem tlenu i formowania wiązań wysokoenergetycznych ATP (adenozyno-trój-fosforanu), a więc najważniejszego czynnika przekazu energii metabolizmu związków organicznych. Aby uświadomić skalę postępu wydajności procesów przemian energetycznych w biogenezie z udziałem ATP warto skorzystać z informacji Lane'a (2016), że np. pojedyncza komórka człowieka zużywa ok. 10 milionów cząsteczek ATP na sekundę, co oznacza, że całkowity obrót dzienny ATP w organizmie ludzkim składającym się z ok. 40 bilionów komórek wynosi około 60–100 kg. Dane te przedstawiono dla ukazania skali właściwości metabolizmu energii i materii w komórkach organizmów żywych – oczywiście także roślin drzewiastych.

Fotosynteza jednokomórkowych organizmów żyjących w środowisku wodnym stała się także źródłem wielkich ilości tlenu, który w stanie gazowym stanowi dziś w atmosferze ok. 21% objętości. Tlen jest pierwiastkiem o szczególnym potencjale zdolności uwalniania energii z wiązań węglowodorowych substancji organicznych, a więc ewolucja fotosyntezy stworzyła jakościowo nowe właściwości procesów biogenezy.

Fotosyntetyzujące jednokomórkowce stały się także pożywieniem innych jednokomórkowych organizmów, a w procesach endosymbiozy przekształciły się w cytoplazmatyczne organelle, chloroplasty i mitochondria komórek gospodarzy (Kączkowski 1980; Kopcewicz, Lewak 2019).

Obecność w protoplaście organelli o potencjale enzymatycznym syntezy i uwalniania energii metabolizmu z udziałem ATP zainicjowała ok. 800 mln lat temu specjalizację struktury wielokomórkowych organizmów, a więc roślin i zwierząt, w środowisku oceanów. Do końca okresu prekambryjskiego właściwością obu form życia w tym środowisku była, ukształtowana wcześniej u jednokomórkowców,

zdolność do replikacji pamięci molekularnej DNA i rozmnażania się przez podział komórki z możliwością mutagenety i ewolucji struktury funkcjonalnej potomstwa (początkowo wielokomórkowych plechowców), a następnie przez specjalizację właściwości struktury komórkowej tkanek i organów. Ten etap ewolucji życia był także okresem rozwoju fizjologicznej kontroli morfogenezy, oceny położenia organizmów względem źródeł pokarmu (np. energii promieniowania Słońca) i wody oraz kontroli wzrostu organów lub ruchu umożliwiających realizację funkcji życiowych. W procesach tych wykorzystany został także funkcjonujący już u jednokomórkowców system orientacji związany z mechanizmem fizjologicznej kontroli przemieszczania kanałów białkowych regulujących wymianę protonów i jonów w błonach komórkowych fosfolipidów.

U roślin w zbiornikach wodnych, ale także u organizmów lądowych jest to zwykle kierunek fototropizmu, a więc będący odwrotnością kierunku grawitacji ziemskiej. Natomiast jest to jednocześnie kierunek określający, zgodnie z wektorem grawitacji, położenie źródła wody na powierzchni lądów i kierunek opadów w atmosferze ziemskiej.

Procesy polaryzacji wzrostu roślin były obiektem badań fizjologów przez wiele lat, ale dopiero w 1974 r. L.P. Jaffe i inni uczeni amerykańscy (Wodzicki 1984) opublikowali wyniki badań dowodzące związku polaryzacji komórek roślinnych z wpływem gradientu grawitacji albo promieniowania światła słonecznego na bazypetalny kierunek przemieszczania kanałów jonowych w fosfolipidowych błonach embrionalnych komórek roślinnych.

Wyniki te dały podstawę do dyskusji o problemach polaryzacji struktury błon cytoplazmatycznych w procesie podziału komórek tkanek twórczych roślin (Wodzicki 1984, 1988, 2001; Wodzicki, Wodzicki 1996). Stanowiły także okazję do omówienia szczegółów procesu organogenezy u roślin lądowych z udziałem fitohormonów (szczególnie auksyny), czyli procesów orientacji rozwoju osi 'korzeń – korona' oraz różnicowania systemu przewodzenia wody w drzewach leśnych.

Niemal każdą z omawianych wyżej faz rozwoju struktury organizmów charakteryzują nowe właściwości. U potomstwa organizmów, które doświadczyły jakościowych zmian właściwości struktury, następuje okres testowania różnych form ekspresji tej przemiany w sensie podwyższania skuteczności fizjologicznych czynników homeostazy układu. Są to więc okresy rozwoju zmienności populacyjnej i postępu filogenezy, które są przedmiotem różnych kierunków studiów biologicznych (Hejnowicz 1973, 2002; Kopcewicz 2016).

Z rozważań na temat sukcesji jakościowo nowych właściwości w okresie ewolucji życia, która doprowadziła do rozwoju polaryzacji ciała i osiedlenia się roślin na lądzie wynika, że był to proces przemieszczania kanałów białkowych w błonie komórkowej dzięki wymianie jonowej, szczególnie jonów wodoru i wapnia, między środowiskiem abiotycznym a wnętrzem komórek roślinnych (Hejnowicz 1973, 2002), a szczególnie drzew leśnych (Wodzicki 1984, 1988, 2001, 2004; Wodzicki, Wodzicki 1996).

Podsumowując, podstawowym warunkiem życia na Ziemi jest dopływ energii swobodnej (geotermalnej lub światła słonecznego) i dostęp do źródła pierwiastków: węgla, wodoru, tlenu, azotu oraz śladowych ilości fosforu, siarki, magnezu, żelaza, wapnia, sodu, potasu, jodu itd., a przede wszystkim wody. Wszystkie te wymagania spełniają oceany i inne stałe zbiorniki wody, ale szczególnie korzystne fizyczne warunki rozwoju życia znalazło na lądach w atmosferze gazowej (78% azotu i 21% tlenu) ze względu na obfitość energii światła słonecznego i ewolucję kompleksu białkowo-chlorofilowego autotrofów.

W atmosferze ziemskiej woda występuje w trzech formach – jednak trwale tylko w postaci gazowej, a więc w ułamkowej ilości około tysięcznych części procenta. Pozostałe dwie formy to woda w postaci skroplonej cieczy jako mgła, obłoki lub deszcz albo też w formie krystalicznej płatków śniegu lub gradowych cząstek lodu. Wielkość kropeł wody lub cząstek strukturalnych lodu (ciężar) decyduje o ich potencjalnej możliwości opadu na powierzchnię ziemi. Wciąż jednak o formie i ilości opadu decydują warunki termiczne atmosfery zależne od zmienności dobowej lub sezonowej i położenia względem nie tylko odległości od biegunów geograficznych globu, ale też od sąsiedztwa oceanów, wysokości obszaru atmosfery nad poziomem morza, a nawet rzeźby terenu i kierunku dominujących wiatrów.

Rośliny fotosyntetyzujące mogą więc na lądach pozyskać wodę w stanie płynnym w zasadzie (z małymi wyjątkami) dopiero po jej przemieszczeniu z atmosfery na powierzchnię ziemi, gdzie zwykle zostaje zlokalizowana w szczelinach skalnych, glebie lub ostatecznie spływa zgodnie z siłą ciężkości do zbiorników wody w jeziorach, morzach i oceanach (szczególnym przypadkiem jest woda w postaci lodu w rejonach z ujemną temperaturą).

Aby wykorzystać możliwości wydajnej fotosyntezy autotroficznych organizmów w atmosferze gazowej Ziemi, wszelkie formy życia uzależnione zostały od ewolucji struktury funkcjonalnej organów pozyskania wody w stanie ciekłym, a więc z powierzchni lądów.

Ekosystemy leśne na powierzchni lądów, o których strukturze decyduje drzewostan, są zatem najważniejszym układem biologicznym, którego kluczową właściwością jest tworzenie przy powierzchni lądów szerokiej przestrzeni środowiska życia w obszarach atmosfery gazowej naszej planety. Jedynie rośliny drzewiaste w toku ewolucji wykształciły drewno, to jest tkankę wtórną, zdolną zapewnić transport wody do organów fotosyntezy autotrofów na lądzie, zapewniających pokarm dla wielu heterotroficznych lądowych form życia.

Dotyczy to także obszaru strefy korzeniowej drzew, który jest niszowym środowiskiem rozwoju różnych gatunków kręgowców i owadów, ale przede wszystkim bytu symbiotycznych plechowców i mikroorganizmów glebowych. Podsumowując, można określić szerokość fotosfery życia jako obszaru określonego poziomem penetracji korzeni drzew w glebie i wysokością drzewostanu, którego górna granica może być rozpatrywana nawet do wysokości lotu ptaków gniazdujących w lesie.

### 3. Struktura tkanki drzewnej a właściwości emergentne lasu

W okresie kambryjskim (417–354 mln lat temu) na lądach pojawiły się najpierw grzyby, porosty i wreszcie mszaki, u których w systemie tkankowym różnicowały się pierwsze wydłużone komórki (ksyloidy) przewodzące wodę. Zachowały one jednak wciąż cytoplazmę i nie tworzyły wtórnej ściany komórkowej. Nie różnicowały więc elementów drewna, które po autolizie protoplastu funkcjonują u roślin wyższych jako tkankowy system kapilarny transportu wody z powierzchni ziemi, tak by wykorzystując siłę ssącą transpirujących liści i pokonując opór grawitacji, zaopatrzyć aparat komórkowy fotosyntezy, zlokalizowany w znacznym oddaleniu od poziomu wody gruntowej.

Dopiero niektóre psylofity, a później widłaki, skrzypy, paprocie drzewiaste, sagowce, kordaity i na koniec drzewiaste rośliny nagozalążkowe rozwijały stopniowo tkankę drzewną (ksylem), której komórki przewodzące wodę, tj. cewki oraz elementy strukturalne naczyń, tworzyły zdrewniałą wtórną ścianę komórkową i autolizowały protoplast.

Problemy ksylogenezy były obiektem wielu badań i publikacji (Hejnowicz 1973, 2002; Wodzicki 2001), ale to wyniki badań kambium, zainicjowane przez brytyjskiego lekarza Grewa już w 1682 r. (wkrótce po skonstruowaniu w Holandii mikroskopu), ukazały po raz pierwszy przekroje komórek drewna przewodzących wodę w pniach drzew, które nazwał cewkami i naczyniami analogicznie do nomenklatury przyjętej wcześniej w medycynie (Grew 1965), natomiast Barghorn (1964) – paleobotanik i specjalista w dziedzinie ewolucji roślin drzewiastych – powiązał to wydarzenie z okresem mutacji genetycznej, która umożliwiła syntezę ligniny nadającej ścianie wtórnej komórek drewna potrzebną sztywność przewodu pełniącego funkcje transportowe.

Dla zobrazowania skali problemu transportu wody w drzewach leśnych w procesie transpiracji przytoczono wyniki badań nad pojedynczym egzemplarzem starego dębu wykonanych w ciągu 71 dni w sezonie wegetacyjnym przez badaczy z Oxford Dendrochronology Laboratory – Forest Research pod kierownictwem prof. Grahama Stone’a i prof. Patricka Meira, a zaprezentowanych w programie TV Da Vinci (26.03.2020) przez Dr Georga McGavina. Kilkusetletni dąb „wypił” (jak to określono) 68 822 litry wody w wyniku sumarycznego efektu transpiracji 700 000 liści oraz wyprodukował ponad 230 kg masy w ostatnim słoju drewna.

W toku ewolucji różne formacje taksonomiczne drzew różnicowały strukturę i potencjał transportowy elementów komórkowych drewna. Najbardziej pierwotny układ cewek łączonych za pomocą jamek lejkowatych różnicują najstarsze taksony roślin drzewiastych. Drzewa okrytozalążkowe (które ewoluowały później) różnicują rozpierzchło-naczyniowy lub pierścieniowo-naczyniowy typ drewna, gdzie elementy komórkowe łączą się albo przez serię równoległych jamek prostych, albo jednym otworem powstającym drogą całkowitej hydrolizy przegrody poprzecznej między członami naczyń.

Właściwie wszystkie typy tkanki przewodzącej drewna powstają jako wynik aktywności wtórnego merystemu kambium zlokalizowanego na obwodzie pnia i gałęzi drzewa, tworząc słoje przyrostu rocznego odpowiednio do sezonowości zmian warunków klimatycznych w różnych częściach globu lub do wysokości nad poziomem morza. Rezultatem tych sezonowych zmian jest tworzenie słoików, których struktura drewna wczesnego i późnego różni się średnicą promieniową cewek lub frekwencją, rozmiarem, a nawet systemem połączeń między komórkami przewodzącymi wodę.

Sezonowe zróżnicowanie ksylogenezy jest we wszystkich przypadkach zdeterminowane zmiennością warunków transportu wody. Może to być sezonowa zmiana temperatury gleby (źródła wody), powietrza atmosferycznego ograniczająca siłę ssącą transpiracji wody w koronie drzew lub zmieniająca warunki kohezji cząsteczek wody w stanie ciekłym i zdolność adhezji, czyli siłę przylegania wody do ścian komórek przewodzących, co zmienia potencjał kapilarności komórek drewna.

W klimacie o małym zróżnicowaniu sezonowym, np. tkanka przewodząca palm tworzy się w systemie wiązkowym dzięki aktywności tylko merystemu wierzchołkowego. Aby transport w drewnie mógł nastąpić, woda musi zostać zaabsorbowana z gleby w procesie osmozy przez żywe komórki włóśników (u drzew leśnych często przy udziale grzybów mykoryzowych) i dalej przemieszczając się w gradencie wartości osmotycznej soku komórkowego tkanki miękkiszowej korzeni. Następnie zostaje ona przeniesiona powstałą w tym procesie siłą parcia korzeniowego do komórek drewna. Także siła ssąca, tworząca podciśnienie w rurkach systemu komórkowego tkanki drzewnej transportującej wodę, powstaje dzięki odpowiednio zorientowanemu gradientowi wartości osmotycznej komórek miękkiszowych podległych aparatom szparkowym liści.

Tak więc ewolucja transportu wody w drzewach leśnych to rezultat współdziałania wielu sił i procesów kontrolowanych przez zmienność warunków środowiska i interakcji procesów fizjologii komórek, zarówno systemów komórkowych aparatu wymiany gazowej korony, jak i systemu absorpcyjnego korzeni. Żywy organizm rośliny drzewiastej dysponuje wieloma formami reakcji fizjologicznych, a więc ma znaczny potencjał dostosowania systemu tkankowego do zmian czynników środowiska np. takie procesy jak: tworzenie wcisków w naczyniach, izolacja miejsc embolizmu, kontrola funkcji aparatów szparkowych lub regulacja ciśnienia osmotycznego soku wakuolarnego komórek korzeni.

Celem niniejszego opracowania jest głównie teoretyczne uzasadnienie sformułowania koncepcji naukowej definicji emergentnych właściwości lasu jako fotosfery życia w atmosferze Ziemi. Wybrano więc informacje z kilku dziedzin wiedzy, przypominając jednocześnie o niektórych mechanizmach warunkujących życie na Ziemi, a szczególnie o ewolucji procesów gospodarki wodnej drzew leśnych (Zimmermann, Brown 1981; Zimmermann 1983; Tulik 2012).

Warto zastanowić się, na ile jest to także właściwość lasu jako środowiska życia, która zapoczątkowała ewolucję *Homo*

*sapiens* – bo czyż właśnie środowiska leśne nie tworzyły warunków ewolucji umysłu do stanu samoświadomości? To oznaczałoby także tworzenie środowiska ewolucji potencjału twórczego człowieka – świata idei i kryteriów wartościowania intencji lub wrażeń.

Dotychczasowa wiedza o rozwoju wszechświata pozwala sądzić, że jest to skokowy proces przekazu informacji o potencjale funkcjonalnym rozkładu energii w testowanych sukcesywnie różnych wariantach struktury układu. Znany jest kierunek, ale nie wiadomo, jaki jest sens i czy istnieją granice ewolucji wszechświata (a więc i jej etapów). Ostatnim wiadomym skokiem ewolucji jest stworzenie na Ziemi potencjału twórczego metabolizmu energii we wszechświecie z udziałem przekazu informacji w bilionach wyspecjalizowanych ludzkich komórek mózgowych i potencjału twórczego samoświadomości, możliwym też dzięki stworzeniu coraz doskonalszych systemów pamięci – od pamięci kwantowej i molekularnej do pamięci genetycznej życia w ogóle, a następnie intelektualnych funkcji mózgu człowieka i technicznych (ale nie tylko) osiągnięć kultury. Wydaje się, że istnieją pewne szanse sukcesywnego poznania w przyszłości źródeł potencjału twórczego informacji. Proces ewolucji jest jak pokonywanie marszem dystansu na drodze do celu – odbywa się krokami różnej długości skierowanymi w różnych kierunkach. Tylko niektóre z nich osiągają dystans finalizowany skokiem, który doskonali sposób dalszej wędrówki.

Dyskusja o właściwościach emergentnych lasu, który jest ekosystemem niszowym o najwyższym potencjale zagospodarowania energii i jej krążenia w kosmosie, może być również okazją do komentarza z dziedziny filozofii rozwoju. Wybór właściwości lasu jako fotosfery życia, a nie hydrosfery, wynika stąd, że prawie cała heterotroficzna część niszowej struktury ekosystemów leśnych, czerpiąc wodę przede wszystkim ze zbiorników powierzchniowych, samodzielnie – bez drzewostanu – nie tworzy homeostazy przestrzennego obszaru życia w atmosferze Ziemi. W przyszłości warto poświęcić więcej uwagi kształtowaniu mikroklimatu przez drzewostan w środowisku abiotycznym ekosystemów leśnych, np. wpływowi składu gatunkowego czy zwarcia koron drzew na poziom wilgotności i struktury gazowej powietrza pod okapem lasu.

Podsumowując, około 350 mln lat temu w dewonie, kiedy pojawiły się pierwsze lasy, ekosystemy roślin drzewiastych na obszarach lądowych utworzyły w gazowej atmosferze Ziemi obszerną fotosferę życia. Ekspresja tej właściwości ekosystemów leśnych jest cechą charakterystyczną każdej formacji struktury lasu niezależnie od składu gatunkowego, morfologii ulistnienia, kształtu korony oraz skali przyrostu wysokości drzew zasiedlających różne siedliska uwarunkowane zmiennością struktury, wilgotności gleby i klimatu lub położenia nad poziomem morza. Właściwość tworzenia fotosfery przez lasy na powierzchni lądów dotyczyła więc i dotyczy dziś wszystkich znanych form ekosystemów leśnych powstałych w każdej strefie geograficznej planety Ziemia.

## 4. Znaczenie niektórych pojęć

Archeony – pierwotne beżądrowe jednokomórkowce, których odmienny niż u bakterii skład chemiczny błony komórkowej umożliwia życie w wysokich temperaturach. Badania genetyczne w ostatnich latach wykazały, że są one bliżej spokrewnione z eukariontami niż bakterie (a może nawet eukarionty z nich wyewoluowały). Ich DNA jest upakowane w nukleosomach, których rdzeń tworzą białka histonowe. Materiał genetyczny podzielony jest intronami. Jako chemoautotrofy zdolne do redukcji związków siarkowych znane były jako organizmy żyjące w ekstremalnych środowiskach. Obecnie znane są archeony żyjące w bardziej przyjaznych warunkach. Archeony stanowią odrębną od eubakterii gałąź ewolucji.

Endosymbioza – interakcja fizjologiczna, kiedy jeden z partnerów realizuje swój program życiowy we wnętrzu ciała innego organizmu, z korzyścią dla rozwoju obydwu, a nawet warunkując ewolucję nowej formy biologicznej. Endosymbioza jest pochodną ewolucji symbiozy, a więc interakcji ekologicznej formy współżycia organizmów.

Embolizm – synonimy: kawitacja i zapowietrzenie naczyń (Hejnowicz 2002) – przerwanie ciągłości strugi wodnej w systemie przewodzącym komórek drewna. Może to być skutek penetracji powietrza w wyniku uszkodzeń tkanki albo wrastania do wnętrza naczyń czy cewek sąsiadujących z nimi komórek miększu drzewnego. Zwykle przyczyną embolizmu jest sytuacja gdy: 1) ujemne ciśnienie przewyższy adhezję wody do powierzchni ściany komórki przewodzącej drewna; 2) pojawią się dostatecznie duże pęcherzyki gazu, zwane zarodkami gazowymi.

## Konflikt interesów

Autor deklaruje brak potencjalnych konfliktów.

## Polecana literatura

- Barghorn E.S. 1964. Evolution of cambium in geologic time, w: M.H. Zimmermann, The formation of wood in forest trees. New York, Academic Press INC, 3–17.
- Damasio A. 2018. Dziwny porządek rzeczy. Życie, uczucia i tworzenie kultury. Rebis, Poznań, 312 s. ISBN 978-83-8062-978-3.
- Grew N. 1965. The anatomy of plants (Grew 1682). Rewlings, London 1965, Johnson Reprint New York.
- Hejnowicz Z. 1973. Anatomia rozwojowa drzew. PWN, Warszawa, 586 s.
- Hejnowicz Z. 2002. Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych: organy wegetatywne. PWN, Warszawa, 980 s. ISBN 8301138254.
- Kączkowski J. 1982. Biochemia roślin. Przemiany typowe. T. I. PWN, Warszawa, 451 s. ISBN 8301018658.
- Kopcewicz J., Lewak S. 2016. Fizjologia roślin. PWN, Warszawa, 811 s. ISBN 9788301172053.
- Lane N. 2016. Pytanie o życie. Energia, ewolucja i pochodzenie życia. Prószyński i S-ka, Warszawa, 432 s. ISBN 9788380692756.
- Łągosz M. 2019. Ontologia. Materializm i jego granice. Universitas, Kraków, 396 s. ISBN 9788324235346.

- Podgórska T., Sierota Z. 2010. Las – człowiek ... człowiek – las. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 130 s. ISBN 978-83-61633-19-8.
- Rykowski K. 2006. O leśnictwie trwałym i zrównoważonym. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 231 s. ISBN 9788389744197.
- Tulik M. 2012. Anatomiczne parametry przewodnictwa hydraulicznego drewna pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) a proces zamierania drzew. (rozprawa habilitacyjna). Rozprawy Naukowe i Monografie, seria 396, Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 83s. ISBN 978-83-7583-360-7
- Wodzicki T.J. 1984. Źródła i rola polarności w układzie roślinnym. Materiały III Ogólnopolskiej Konferencji: Mechanizmy regulacji morfogenezy układów roślinnych. Rogów, 14–15.06.1984. Wyd. Komitet Botaniki PAN, PTB, Katedra Botaniki Leśnej SGGW. ISBN 9788300018963.
- Wodzicki T.J. 1988. Systemy informacji pozycyjnej w morfogenezie roślin – wnioski z badań nad polarnym transportem auksyny. Materiały IV Ogólnopolskiej Konferencji: Mechanizmy regulacji morfogenezy roślin. Rogów, 9–10.06.1988. Wyd. Komitet Botaniki PAN, PTB, Katedra Botaniki Leśnej SGGW.
- Wodzicki T.J. 2001. Natural factors affecting wood structure. *Wood Science and Technology* 35: 5–26. DOI 10.1007/s002260100085.
- Wodzicki T.J. 2004. Auksyna – czynnik komunikacji w procesach funkcjonalnego różnicowania układu ponadkomórkowego rośliny. *Postępy Biologii Komórki* 31(22): 43–55.
- Wodzicki T.J., Wodzicki A.B. 1996. Auxin transport polarity changes in the stem cambial region of *Pinus silvestris* L. associated with ageing, w: Biodiversity protection of Białowieża Primeval Forest, Warsaw – Forest Biodiversity Protection Project, Grant GEF 5/21685 POL.
- Zięba S. 2015. Las. Koncepcja emergentystyczna, w: Teraźniejszość i przyszłość badań leśnych. Materiały VIII panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym, Nauka. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 45–52. ISBN 9788362830534.
- Zimmermann M.H. 1983. Xylem structure and ascent of sap. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, 146 s. ISBN 978-3-662-22627-8.
- Zimmermann M.H., Brown C.L. 1981. Drzewa. Struktura i funkcje. PWN, Warszawa, 399 s. ISBN 8301031646.

## Forest – the photosphere of life in the Earth’s atmosphere

Tomasz J. Wodzicki

Forest Research Institute, Extramural Doctoral Studies in Forest Research Institute, Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05–090 Raszyn, Poland

Tel. +48 22 7150561, e-mail: t.wodzicki@wp.pl

**Abstract.** The evolution of the vertical, long distance water transport, overcoming gravitation, by trees during the Devonian, initiated the emerging of forest ecosystems extending the photosphere of life further into the Earth's atmosphere. The origin of woody tissues is likely associated with genome mutations in primitive green plants, which inhabited the land about 350 million years ago. Most probably, only two mutations were required – one allowing the synthesis of lignin and the second, enabling the autolysis of protoplast in the maturing cellular woody elements. Developing forest ecosystems formed the most productive environments, in which sunlight-dependent metabolic processes of life reached further into the atmosphere while at the same time allowing more water to be stored on the land surface, which in turn allowed for the evolution of numerous heterotrophic organisms. This property of the forest could therefore be considered an important factor in the evolution of hominids, which eventually contributed to the development of the Homo sapiens culture.

**Keywords:** Forest, emergent property, life property, evolution

\*Lecture theses for doctoral students (October 2020)

### 1. Introduction

“Property” is a concept from traditional logic that denotes the characteristics of a given thing – understood as a physical system. Usually, it is a measurable feature and its choice and characteristics depend on the interests of the observer.

The determination of forest properties most often refers to the objectives of its protection and use. Knowledge about forest properties, in this sense, is the main subject of education in the forestry profession, that is, the content of study programs at forest faculties. It is also usually the main subject characterising research programs and monographic studies as the basis for categorising forms or improving management methods in forestry (Rykowski 2006; Podgórska, Sierota 2010). This is the source of complexity of the foresters’ specialization in the education process, which is a presentation of the interdependence of various aspects of knowledge in the field of applied breeding methods, utilization, protection, engineering, economics and performance of selected recreational functions of the forest. In practice, such concepts of

properties or characteristics of forest ecosystems are the final aim of forest management. However, the development of forestry in the future requires the progress of knowledge and improvement of forest management methods, which is not possible without detailed research on the functions of forest ecosystems as the environment of life on Earth.

Initial considerations on this subject were presented by Zięba (2015): “...when a system comprised of components reaches a certain level of complex organization, it begins to reveal new emergent properties, which are not predictable on the basis of the properties and the structural relations characteristic for the constitutive parts of the system” and further: “Forest systems are characterised by their entirety, specific features that cannot be derived from the parts examined separately. It is a singular organization characterised by the properties and the functioning of the whole”.

Determining these forest properties is still not obvious and is connected with the necessity to characterize the basis of the evolution of life on Earth. There is a need to indicate those properties of the biocenotic structure, which enabled

Received: 7.05.2020 r., accepted after revision: 8.06.2020 r.

the evolution of life in the Earth's terrestrial environment. These include elements of paleobiology, genetics and the physiology of the development of woody plants.

## 2. Evolution and the environment of life on Earth

Life is a property of the structure of material systems that has enabled the acceleration of abiotic energy conversion processes (Lane 2016; Damasio 2018; Łagosz 2019). It has become a way of improving the processes of reducing the asymmetry of the structure of elementary particles, that is, the evolution of complex structural forms of the metabolism of matter and energy. This is also how the conditions of differentiating the properties and reproduction of organic compounds were created. The association of simple compounds of carbon, hydrogen, oxygen and nitrogen into organic compounds and their cyclic forms as amino acids was possible on Earth (most probably) only in an aqueous solution, because it is conditioned by the binding of the energy released in the process of the fission of  $H_2O$  particles in a liquid state, that is, at a temperature between the phases water solidification and evaporation. This concerns the utilization of the structure-forming potential of  $OH^-$  ions and the production of oxygen in molecular form, whose accumulation, especially in the Earth's atmosphere, provided the opportunity for the development of many life forms.

The beginning of the formation of amino acids, combining them into proteins with enzymatic properties and the synthesis of nucleotides and their polymers (RNA and DNA) is estimated at approximately 0.8 billion years after the creation of planet Earth. For millions of years, this was a period of the evolution of biogenetic processes in protein complexes and the development of molecular memory in the form of nucleotide sequences encoding the structure of enzymatic proteins. This, in turn, enabled the replication and mutagenesis of genetic information, and thus, the generational evolution of structural properties and the development of new life forms. At that time, the synthesis of phospholipids (hydrophobic substances with a bipolar structure) enabled primary cellular life forms to be released into the aquatic environment. It also made it possible to establish the location of many enzymatic proteins in the structure of membranes and to control the transport of ions or chemical compounds between the aquatic environment and the hydrated protoplast of primary cells.

Thanks to the previously created molecular memory of protein biogenesis and the specialization of the cytomembranes of primary cytoplasm, conditions for growth and reproduction were created through the division of simple forms of the cellular organism. The initiation of these new

properties of the biological system, that is, about 2 billion years ago, has been accepted as the date of the initiation of life on Earth. However, these were still prokaryotic organisms (without a separate area for the cellular nucleus), which have survived until today in various forms of microorganisms. But already about 200 million years later, primordial eukaryotic (nuclear) organisms with a developed system of intracellular membranes appeared. Endomembranes, differentiated by the properties of enzymatic proteins (components of their structure), enabled the localization of various cellular metabolic processes, including the properties of using different energy sources formed earlier during the period of extracellular biosynthesis in the oceans.

These were both benthic organisms dependent on geothermal energy sources or on the release of the molecular bonds of minerals (e.g., archaea oxidising pyrite  $FeS_2$ , such as *Metallosphaera sedula* Huber et al. also found today in an Italian volcano) and other organisms developing in the near-surface area penetrated by sunlight (it is already dark at a depth below 150 m from the ocean's surface). Both life forms were still autotrophic, but they were characterised by a huge difference in the energy efficiency of their metabolism in favour of the biogenetic potential of photosynthesis. This difference in the manner of obtaining energy also stimulated the differentiation of the processes of synthesising structural substances, for example, the synthesis of fibrous cellulose molecules used in forming the cell wall surrounding the phospholipid membrane of cells. Thus, this was also the beginning of the evolution of two forms of biogenesis present to this day – autotrophs and heterotrophs, while heterotrophism (i.e., obtaining energy through the digestion of bodies of other organisms) enabled a further stage in the evolution of the potential to metabolize solar energy. Moreover, the process of photosynthesis also became a source of oxygen and the formation of high-energy adenosine triphosphate (ATP) bonds, thus, the most important energy transfer factor in the metabolism of organic compounds. In order to raise awareness about the scale of progress in the efficiency of energy transformation processes in biogenesis involving ATP, it is worth using Lane's information (2016) that, for example, a single human cell consumes about 10 million ATP molecules per second, which means that the total daily turnover of ATP in the human body consisting of about 40 trillion cells equals about 60–100 kg. These data are presented to show the scale of the properties of the metabolism of energy and matter in the cells of living organisms – including, of course, woody plants.

The photosynthesis of single-celled organisms living in the aquatic environment also became a source of large amounts of oxygen, which in its gaseous state constitutes today a volume of about 21% in the atmosphere. Oxygen is an element with a particular potential for releasing energy from

the hydrocarbon bonds of organic substances, so the evolution of photosynthesis has created qualitatively new properties of biogenetic processes.

Photosynthesising monocytes have also become food for other single-cell organisms, and in the processes of endosymbiosis, they have transformed into the cytoplasmic organelles, chloroplasts and mitochondria of host cells (Kączkowski 1980; Kopcewicz, Lewak 2019).

The presence in the protoplasm of organelles with the enzymatic potential to synthesize and release metabolic energy with ATP initiated the specialization of structures of multicellular organisms, that is, plants and animals, in the ocean environment about 800 million years ago. Until the end of the Precambrian period, the property of both forms of life in this environment was, previously formed in single-celled individuals, the ability to replicate DNA molecular memory and reproduce by cell division with the possibility of mutagenesis and the evolution of the functional structure of offspring (initially multicellular backbone), and then by specialising in the properties of the cellular structure of tissues and organs. This stage of the evolution of life was also a period of the development of the physiological control of morphogenesis, assessment of the position of organisms in relation to food sources (e.g., solar radiation energy) and water, and the control of organ growth or movement to enable the realization of life functions. In these processes, the already functioning orientation system in single-celled organisms was also used, related to the mechanism of physiologically controlling the movement of protein channels regulating the exchange of protons and ions of phospholipid cell membranes.

For plants in water bodies, but also for terrestrial organisms, this is usually the direction of phototropism, and thus, it is the opposite direction of Earth's gravity. However, it is at the same time the direction determining, in accordance with the gravitational vector, the location of water sources on land and the direction of precipitation in the Earth's atmosphere.

The processes of plant growth polarization have been the subject of research by physiologists for many years, but it was only in 1974 that L.P. Jaffe and other American scientists (Wodzicki 1984) published research results proving the relationship between plant cell polarization and the influence of the gravitational gradient or solar light radiation on the basipetal direction of the ion channels in the embryonic phospholipid membranes of plant cells.

These results provided the basis for a discussion on the problems of polarization of cytoplasmic membrane structures in the process of meristematic cell division (Wodzicki 1984, 1988, 2001; Wodzicki, Wodzicki 1996). They also provided an opportunity to discuss the details of the process of organogenesis of terrestrial plants involving phytohormones (especially auxins), that is, the process of orientation of

the 'root-crown' axis development and the differentiation of water conduction system in forest trees.

Almost each of the above mentioned phases of development of the structure of organisms is characterised by new properties. In the offspring of organisms that have experienced qualitative changes in structural properties, a period follows of testing various forms of expressing this transformation in the sense of increasing the effectiveness of physiological factors of the system's homeostasis. These are therefore the periods of development of variable populations and phylogenetic progress, which are the subject of various biological studies (Hejnowicz 1973, 2002; Kopcewicz 2016).

From reflections about the succession of qualitatively new properties in the evolution of life, which led to the development of body polarization and the settlement of plants on land, it follows that this was a process of the movement of protein channels in the cell membrane due to the exchange of ions, especially of hydrogen and calcium ions, between the abiotic environment and the interior of plant cells (Hejnowicz 1973, 2002), and especially in forest trees (Wodzicki 1984, 1988, 2001, 2004; Wodzicki, Wodzicki 1996).

To summarize, the basic condition for life on Earth is the supply of free energy (geothermal or sunlight) and access to a source of elements: carbon, hydrogen, oxygen, nitrogen and trace amounts of phosphorus, sulphur, magnesium, iron, calcium, sodium, potassium, iodine, and so on, and above all water. All these requirements are met by oceans and other permanent water bodies, but particularly favourable physical conditions for the development of life was found on land in a gaseous atmosphere (78% nitrogen and 21% oxygen) due to the abundance of solar energy and the evolution of the protein-chlorophyll complex of autotrophs.

Water occurs in the Earth's atmosphere in three forms – but permanently only in a gaseous form, thus, in a fraction of about a thousandth of a percent. The other two forms are water in a liquefied form as fog, clouds or rain, or in the form of crystalline snowflakes or particles of ice as hail. The size of the water droplets or the structural particles of ice (weight) determines their potential to fall to the ground. Still, however, the form and amount of precipitation is determined by the thermal conditions of the atmosphere, and is dependent on daily or seasonal variability and location in relation not only to the distance from the geographic poles of the globe, but also to the proximity of the oceans, the height of the atmospheric area above sea level, and even the relief of the terrain and direction of prevailing winds.

Photosynthetic plants can, therefore, obtain liquid water on land in principle (with small exceptions) only after it has moved from the atmosphere to the Earth's surface, where it is usually located in rock crevices, soil or finally flows with gravity into the water bodies of lakes, seas and oceans (a spe-

cial case is ice water in regions with negative temperatures).

In order to take advantage of the possibilities of the efficient photosynthesis of autotrophic organisms in the Earth's gaseous atmosphere, all forms of life became dependent on the evolution of the functional structure of organs obtaining water in a liquid state, from the surface of the land.

Forest ecosystems on the surface of the land, whose structure is determined by the tree stand, are therefore the most important biological system, whose key property is the creation of a wide area forming an environment of life on land in the gaseous atmosphere of our planet. Only woody plants in the course of evolution have developed wood, that is, as secondary tissue, capable of ensuring the transport of water to the photosynthetic organs of the autotrophs on land, providing food for many heterotrophic terrestrial life forms.

This also applies to the root zone area of trees, which is a niche environment for the development of various vertebrate and insect species, but above all, for the existence of symbiotic thallophytes and soil microorganisms. To summarize, it is possible to determine the width of the photosphere of life as an area defined by the level of penetration of tree roots in the soil and the height of the stand, the upper limit of which can be considered even up to the height of the flight of the birds nesting in the forest.

### 3. The structure of wood tissue and emergent properties of the forest

In the Cambrian period (417–354 million years ago), first mushrooms, lichens and finally bryophytes appeared on land, in which the first elongated water-conducting cells (xyloids) were differentiated in the tissue system. However, they still had cytoplasm and did not form a secondary cell wall. Thus, they did not differentiate the elements of wood, which, after the autolysis of protoplast, functioned in higher plants as a tissue capillary system for conducting water from the Earth's surface, using the suction power of transpiring leaves and overcoming the resistance of gravity to supply the cellular apparatus of photosynthesis, located at a considerable distance from the ground water level.

Only some psilophyta, and later lycophytes, horsetails, tree ferns, cycadales, cordaitales, and finally, gymnosperms gradually developed the wood tissue (xylem), whose water-conducting cells, that is, tracheids and structural vessel elements, formed a lignified secondary cell wall and autolysed the protoplast.

The problems of xylogenesis have been the subject of many studies and publications (Hejnowicz 1973, 2002; Wodzicki 2001), but these are the results of research on the cambium, initiated by the British physician Nehemiah Grew in 1682 (shortly after the microscope was constructed in the

Netherlands), which showed for the first time the cross-sections of water-conducting wood cells in tree trunks, which he called tracheids and vessels analogously to the nomenclature adopted earlier in medicine (Wood 1965). E.S. Barghorn (1964) – a paleobotanist and specialist in the evolution of woody plants – linked this event with a period of genetic mutation, which enabled the synthesis of lignin giving the secondary wall of wood cells the necessary rigidity of a duct to perform the conduction function.

In order to illustrate the scale of the problem of water conduction in forest trees in the process of transpiration, the results of a study on a single specimen of an old oak conducted during the 71 days of the growing season – by researchers at the Oxford Dendrochronology Laboratory, Forest Research under the direction of Prof. Graham Stone and Prof. Patrick Meir – were presented in the TV program *Da Vinci* (26.03.2020) by Dr. George Mc Gavin. A several hundred-year-old oak “drank” (as it was described) 68,822 litres of water as a result of the total effect of transpiration of 700,000 leaves and produced more than 230 kg of mass in the last tree ring.

In the course of evolution, different taxonomic forms of trees diversified the structure and transport potential of the cellular elements of wood. The earliest arrangement of tracheids connected by funnel-shaped cavities differentiates the oldest taxa of woody plants. The angiosperms (which evolved later) are differentiated by scattered vascular or concentric ring vascular types of wood, where the cellular elements connect either through a series of parallel straight cavities, or through an open ring creating a route for the complete hydrolysis of the transverse walls between vessel segments.

Actually, all types of conductive wood tissue are formed as a result of the activity of the secondary meristem of the cambium located on the perimeter of the tree trunk and branches, creating annual growth rings in accordance with the seasonal changes of climatic conditions in different parts of the globe at various altitudes above sea level. The result of these seasonal changes is the creation of annual growth rings, whose structure of early and late wood differs in terms of the radial diameter of the tracheids or the number, size and even the system of connections between the water-conducting cells.

The seasonal differentiation of xylogenesis is in all cases determined by the variability of water conduction conditions. This may be a seasonal change in the temperature of the soil (the source of the water), in atmospheric air limiting the suction force of water transpiration in the tree crown, or changing conditions in the cohesion of liquid water molecules and their adhesive ability, that is, the forces of water adhesion to the walls of the conductive cells, which changes the capillary potential of the wood cells.

In climates with little seasonal variation, for example, palms, the conductive tissue is formed in a bundle system

due to the activity of only the apex meristem. For conduction to take place in the wood, water must be absorbed from the soil through osmosis by live root hairs (in forest trees, often with the participation of mycorrhizal fungi) and move further in the gradient of the osmotic value of the vacuoles in the parenchyma cells of the roots. It is then transferred by the root pressure resulting from this process to the wood cells. The force of the suction, creating negative pressure in the conduits of the wood cell water conduction system, also occurs as the result of an appropriately oriented gradient of the osmotic value of the soft tissue cells of the leaf stomata.

Thus, the evolution of water conduction in forest trees is the result of the interaction of many forces and processes controlled by the variability of environmental conditions and the interaction of the physiological processes of the cells, both the cellular systems of the exchange of gas in the crown as well as the root absorption system. The living organism of a woody plant has many forms of physiological reactions at its disposal, and thus, a significant potential to adapt its tissue system to changes in environmental factors, for example, such processes as the formation of thyloses in vessels, the isolation of embolism sites, the control of stomata functions or the regulation of the osmotic pressure of the vacuolar liquid of the root cells.

The aim of this study is mainly the theoretical justification for the formulation of the concept of a scientific definition of the emergent properties of the forest as the photosphere of life in Earth's atmosphere. Information from several fields of knowledge has been selected, reminding us at the same time about some of the mechanisms conditioning life on Earth, and especially about the evolution of water management processes of forest trees (Zimmermann, Brown 1981; Zimmermann 1983; Tulik 2012).

It is worth considering to what extent a property of the forest is the environment of life that initiated the evolution of *Homo sapiens* – because wasn't it the forest environment that created the conditions enabling the evolution of the mind to attain the state of self-awareness? This would also mean creating an environment for the evolution of humans' creative potential – a world of ideas and criteria for valuing intentions or impressions.

Current knowledge about the development of the universe allows us to think that this is a saltatory process of providing information about the functional potential of energy distribution in successively tested variants of the systemic structure. The direction is known, but what is not known is the sense and whether there are limits to the evolution of the universe (and thus, its stages). The last known evolutionary leap is the creation on Earth of the creative potential of energy metabolism in the universe with the participation of information transfer in trillions of specialised human brain

cells and the creative potential of self-awareness, also possible as the result of the development of ever more perfect memory systems – from quantum and molecular memory to the genetic memory of life in general, and then the intellectual functions of the human brain and technical (but not only) cultural achievements. It seems that there are certain chances for successive future insight into the sources of the creative potential of information. The process of evolution is like conquering distance by marching on a road towards a goal – it takes place in steps of different lengths proceeding in different directions. Only some reach the distance, finalised by a leap, which improves how the journeys continued.

The discussion about the emergent properties of the forest, which is a niche ecosystem with the highest potential for energy management and its circulation in space, can also be an opportunity to comment on the philosophy of development. The choice of properties of the forest as a photosphere of life, not a hydrosphere, results from the fact that almost the whole heterotrophic part of the niche structure of forest ecosystems, drawing water mainly from surface reservoirs, on its own – without a tree stand – does not create the homeostasis of the spatial area of life in the Earth's atmosphere. In future, it is worth paying greater attention to how tree stands may shape the microclimate in the abiotic environment of forest ecosystems, for example, the influence of species composition or tree crown density on the level of moisture and the gas structure of air under the forest canopy.

To summarize, about 350 million years ago in the Devonian, when the first forests appeared, the ecosystems of woody plants on land created a vast photosphere of life in the gaseous atmosphere of the Earth. The expression of this property of forest ecosystems is a characteristic feature of every formation of forest structure regardless of the species composition, foliage morphology, crown shape or the scale of the height increment of the trees inhabiting different habitats, determined by the variability of structure, soil moisture and climate or location above sea level. Thus, the property of creating the photosphere by forests on land concerned and concerns today all known forms of forest ecosystems that have developed in every geographical zone of planet Earth.

#### 4. The meaning of certain concepts

Archaea (singular archaeon) – primary non-nuclear monocellular organisms, whose chemical composition of the cell membrane, unlike that of bacteria, enables life at high temperatures. Genetic research in recent years has shown that they are more closely related to eukaryotes than bacteria (or eukaryotes may have even evolved from them). Their DNA is packed into nucleosomes whose core is formed by histone proteins. The genetic material is divided by introns. As che-

mo-autotrophs capable of reducing sulphur compounds, they were known as organisms living in extreme environments. Today, archaea living in moderate conditions are also known. Archaea are a separate branch of evolution from eubacteria.

Endosymbiosis – a physiological interaction when one organism lives inside the body of another organism to the benefit of both, and even conditioning the evolution of a new biological form. Endosymbiosis is a derivative of the evolution of symbiosis, and thus the interaction of an ecological form of the coexistence of organisms.

Embolism – synonyms: cavitation and aeration of vessels (Hejnowicz 2002) – the interruption of the continuity of water stream in the wood cell water-conducting system. This may result from air penetration due to tissue damage or the ingrowth of adjacent parenchyma cells into the xylem vessels or tracheids. Usually, the cause of embolism is when: 1) negative pressure exceeds the adhesion of water to the wall surface of the conductive wood cells; 2) sufficiently large gas bubbles, called gaseous embolisms, appear.

## Conflicts of interest

The author declares the lack of potential conflicts of interest.

## Recommended literature

- Barghorn E.S. 1964. Evolution of cambium in geologic time, in M.H. Zimmermann, The formation of wood in forest trees. New York, Academic Press INC, 3–17.
- Damasio A. 2018. Dziwny porządek rzeczy. Życie, uczucia i tworzenie kultury. Rebis, Poznań, 312 pp. ISBN 978-83-8062-978-3.
- Grew N. 1965. The anatomy of plants (Grew 1682). Rewlings, London 1965, Johnson Reprint New York.
- Hejnowicz Z. 1973. Anatomia rozwojowa drzew. PWN, Warszawa, 586 pp.
- Hejnowicz Z. 2002. Anatomia i histogeneza roślin naczyniowych: organy wegetatywne. PWN, Warszawa, 980 pp. ISBN 8301138254.
- Kączkowski J. 1982. Biochemia roślin. Przemiany typowe. T. I. PWN, Warszawa, 451 pp. ISBN 8301018658.
- Kopcewicz J., Lewak S. 2016. Fizjologia roślin PWN. Warszawa, 811 pp. ISBN 9788301172053.
- Lane N. 2016. Pytanie o życie. Energia, ewolucja i pochodzenie życia. Prószyński i S-ka, Warszawa, 432 pp. ISBN 9788380692756.
- Łagosz M. 2019. Ontologia. Materializm i jego granice. Universitas, Kraków, 396 pp. ISBN 9788324235346.
- Podgórska T., Sierota Z. 2010. Las – człowiek... człowiek – las. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 130 pp. ISBN 978-83-61633-19-8.
- Rykowski K. 2006. O leśnictwie trwałym i zrównoważonym. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych, Warszawa, 231 pp. ISBN 9788389744197.
- Tulik M. 2012. Anatomiczne parametry przewodnictwa hydraulicznego drewna pni dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) a proces zamierania drzew. (rozprawa habilitacyjna). Rozprawy Naukowe i Monografie, seria 396, Wydawnictwo SGGW, Warszawa: 83 pp. ISBN 978-83-7583-360-7
- Wodzicki T.J. 1984. Źródła i rola polarności w układzie roślinnym. Materiały III Ogólnopolskiej Konferencji: Mechanizmy regulacji morfogenezy układów roślinnych. Rogów, 14–15.06.1984. Wyd. Komitet Botaniki PAN, PTB, Katedra Botaniki Leśnej SGGW. ISBN 9788300018963.
- Wodzicki T.J. 1988. Systemy informacji pozycyjnej w morfogenezie roślin – wnioski z badań nad polarnym transportem auksyny. Materiały IV Ogólnopolskiej Konferencji: Mechanizmy regulacji morfogenezy roślin. Rogów, 9–10.06.1988. Wyd. Komitet Botaniki PAN, PTB, Katedra Botaniki Leśnej SGGW.
- Wodzicki T.J. 2001. Natural factors affecting wood structure. *Wood Science and Technology* 35: 5–26. DOI 10.1007/s002260100085.
- Wodzicki T.J. 2004. Auksyna czynnik komunikacji w procesach funkcjonalnego różnicowania układu ponadkomórkowego rośliny. *Postępy Biologii Komórki* 31(22): 43–55.
- Wodzicki T.J., Wodzicki A.B. 1996. Auxin transport polarity changes in the stem cambial region of *Pinus silvestris* L. associated with ageing, in Biodiversity protection of Białowieża Primeval Forest, Warsaw – Forest Biodiversity Protection Project, Grant GEF 5/21685 POL.
- Zięba S. 2015. Las. Koncepcja emergentystyczna, in Teraźniejszość i przyszłość badań leśnych. Materiały VIII panelu ekspertów w ramach prac nad Narodowym Programem Leśnym, Nauka. Instytut Badawczy Leśnictwa, Warszawa, 45–52. ISBN 9788362830534.
- Zimmermann M.H. 1983. Xylem structure and ascent of sap. Springer – Verlag, Berlin, Heidelberg, 146 s. ISBN 978-3-662-22627-8.
- Zimmermann M.H., Brown C.L. 1981. Drzewa. Struktura i funkcje. PWN, Warszawa, 399 pp. ISBN 8301031646.