

SCIENCA REVUO de Internacia Sciencia Asocio Esperantista BEOGRAD, Jugoslavio	El Vol. 27 n-ro 1 (117) 25.02.1976.
---	---

BIOGENEZO EN LA MEDIO DE PREKAMBRIO KAJ KAMBRIO  
 (Cz. BIEDULSKI, LUBLIN, POLLANDO)

La Darvina evolucio konceptas la mondon vivan jam sur la difinita etapo de ĝiaj evoluo kaj organizo. La kompleksaj esploroj koncernantaj la plej fruan historion de la Tero kaj ankaŭ lapaleontologiaj malkovroj en la lastaj jaroj permesas al ni penetri preskaŭ en la komencojn de la formado de la vivo sur nia terglobo. Konsiderinde estas antaŭ tio, ke tiuspecaj esploroj kreas la bazan elirpunkton al formuligo de la nova evoluciformo, nomata la evoluado biokemia aŭ simple, la evolua historio de la vivkemiismo. Ĉi-sube oni skizis certajn portempajn kadrojn por la rulanta vivagado kaj ankaŭ oni almontris la ekzaktan interdependecon inter la ekesto kaj la evoluo de la vivo kaj la medio.

La absoluta aĝo de sedimentoj de la malsupra Kambrio en multaj lokoj sur la terglobo oscilas inter la limoj de 502 ĝis 609 milionoj da jaroj.<sup>1/</sup> La Pariza Simpozio en la jaro 1957., dediĉita al la problemo de la limo inter la kambrio

kaj la antaŭanta ĝin periodo, konsentis konvencie je 600 milionoj da jaroj, kaj akceptis tiun interperiodon kiel malsupran limon de la kambrio kaj la komencon de la paleozoika erao.<sup>2/</sup> La tempo pli malsupre ekde tiu ĉi limo ĝis la supozeblaj komencoj de la vivo estas nomata, precipe en la literaturo pri biologio,<sup>3/</sup> la periodo de la prekambrio. En ĉi tiu referaĵo la vorton "prekambrio" ni uzos ĝuste en tiu ĉi vasta signifo. La komencojn de la vivo sur la Tero oni difinas nuntempe je 3,2 - 4,2 miliardoj da jaroj.<sup>4/</sup> La unua nombro difinas la aĝon de la plej fruaj, konataj hodiaŭ, elfoseblaj formoj de la vivo. Ili estas globformaj kreaĵoj, havantaj 5 - 50 mikronojn en la diametro, kiujn oni trovis en la Orienta Transvalo (Sud Afriko) en la tiel nomataj rokoj Fig-Tree.<sup>5/</sup> La periodon de pli ol kvar miliardoj da jaroj kiel la komencon de la vivo akceptas surbaze de certaj kalkuloj kaj ankaŭ surbaze de la paleontologiaj premisoj la Usona astronomo C. Sagan.<sup>6/</sup>

Malgraŭ tiel impone longa periodo de la vivekzisto, ĝia videbla evoluo - temas ĉi tie pri la sufiĉe bone dokumentita morfologia-specia evoluo - datiĝas nur ekde la kambrio aŭ ne multe pli frue. Sed el tiu ĉi tempoperiodo ni havas tre malmulte da elfoseblaj dokumentoj; kaj tiuj, pri kiuj ni disponas, pruvas la negrandan diferencigon de vivaj formoj, almontrante samtempe tre malrapidan kaj treege longan vojon de la evoluado. Eĉ tiel malrapidan, ke la geologiaj procezoj, ekz-e la montokreaĵoj, rigardataj kiel simbolo de malrapideco, kompare kun la tempo de formiĝado de la vivo, ili havas la rapidecon kelkdek foje pli grandan ol tiu de formiĝado de la vivaj formoj.<sup>7/</sup> Tiu disproporcio inter la ĝiskambria evolufazo kaj ceteraj periodoj ĝis niaj tempoj estas des pli okulfrapanta kaj pripensiga konsidere al la fakto, ke jam ĉe la fino nur de la kambrio mem, (antaŭ ĉirkaŭ 490 milionoj da jaroj)<sup>8/</sup> aperis preskaŭ ĉiuj nuntempaj formoj de la viva mondo

krom vertebruloj. De kie tia neegala ritmo de evoluado? Tiu demando direktas nin al la fundamenta elemento de la vivo - al ĝia medio.

La vivo ekestis sur la kontakto de la lito-, hidro - kaj atmosfero. La kemia konsisto kaj la fizikaj ecoj de tiuj tri centroj, kiel de tiuj venontaj niĉoj ekologiaj de la biosfero dependis genetike de la kondiĉoj, en kiuj ekestis kaj formiĝis nia Planedo. Inter multaj publikigitaj ĝis nun hipotezoj kaj geogoniaj teorioj akceptataj estas hodiaŭ kiel ege verŝajnaj du antagonismaj hipotezoj pri la tiel nomata "varma" kaj "malvarma" ekesto de la Tero.<sup>9/</sup> Por nia temo, koncernanta la biogenezon, grava estas la konstato, ke sendepende de tio, por kiu el ili ni nin deklaras, ni devas konsenti kun la fakto, ke praatmosfero ne enhavis liberan oksigenon (ĝi havis do la karakteron reduktan). En tiu tempo ja la oksigero devis ekzisti nur en la kemiaj kombinoj kun hidrogeno, silicio, aluminio kaj fero pro grandaj parencecoj kun tiuj elementoj. Tute male aspektas la afero, se temas pri karbo. La karbo troviĝis ne tiom en la formo de  $CO_2$ , kvankam certa kvanto de tiu ĉi gaso de vulkana origino estis ĉeestanta, kiom prefere en la formo reduktita en kunitaĵoj hidrogenaj. Ne ekzistis ankaŭ elementa nitrogeno, kaj la hidrogeno - krom la vaporo de akvo - troviĝis en tiaj kombinoj, kiel  $CH_4$ ,  $NH_3$ ,  $H_2S$ .

Praoceano havis ankaŭ la karakteron alkalecan. Ĝia pH povis ŝanĝiĝadi loke pro vulkanaj ekshalacioj el la profundo de la oceano, ĉe kio la modifilo de pH povis esti HCl, kaj ankaŭ la ferkloridoj, liverantaj jonon Cl - dum la hidrolizo. En konsekvenco ekestis la ferhidratoj kaj NaCl, kio malrapide alkondukis al saleco de tiuj komence dolĉaj akvoj de la tera hidrosfero.<sup>10/</sup> Komprenoble, ke krom la jam menciitaj elementoj kaj iliaj kombinoj estis ankaŭ ĉeestantaj fosforo kaj sulfuro, kiuj povis ludi rolon de la originaj kataliziloj



en fruaj cikloj de energetikaj transformiĝoj.<sup>11/</sup> Tiuj kombinoj solvitaj kaj reagantaj kun si en akvo faris - kiel tion oni kutimas nomi laŭ Barnal - specon de "maldensa supo", aŭ originan "buljonon", kiu povis formi bonan nutraĵon por la ekestantaj makromolekuloj, kombinoj kvazaŭ-organikaj - de la unuaj simplaj heterotrofoj.

x x x

Certe ni neniam ekscios, kiel venis en konkreta okazintaĵo de nia Tero al ekesto de la unuaj vivaj estaĵoj, tamen kiam ni konsideros la supozeblajn - kaj eĉ kun sufiĉe granda probableco - kondiĉojn de la pramedio, el kiu emergis la vivo, ni devas akcepti kiel fakton preskaŭ nekontesteblan, ke la unua etapo en la procezo de biogenezo estis la etapo de neorganika sintezo de la kombinoj nomataj hodiaŭ organikaj. Ĉi tie grava estas la momento de historia-kemia naturo, nome manko de libera oksigeno en la praatmosfero. Ĝuste dank' al tio simplaj kombinoj de karbo, nitrogeno, sulfuro, hidrogeno, kaj antaŭe povas esti ankaŭ silicio, kreis molekulojn nomataj hodiaŭ organikaj, kiuj en *senoksigena* atmosfero fariĝadis metastabilaj/evoluodaŭre stabilaj. Ĝi estas treege grava eco sur la evolua vojo de tiuj kombinoj kemiaj al la vivo. Abelson en la 1959. jaro esprimis supozon, ke la proteinoj en akva medio estas tiel fortikaj, ke ili cedas al hidrolizo nur post centoj aŭ miloj da jaroj, kaj certaj liberaj aminaj acidoj, kiel ekz-e glicino, alanino, glutamina acido kaj aliaj, en malaltaj temperaturoj povas esti stabilaj eĉ dum milionoj da jaroj.<sup>12/</sup> Jen apenaŭ post dek jaroj tiu supozo estis plene konfirmita de paleontologiaj premisoj. Oni malkovris nome en specimenoj de rokoj en Rodezio kaj en Sud-Afriko, taksatajn je pli ol du miliardoj da jaroj relative grandajn kvantojn da karbonhidratoj, kiel glukozon, galaktozon, ribozon kaj ĝuste la simplajn aminoacidojn, tiajn kiel glicino, alanino, valino kaj glutamina acido.<sup>13/</sup>

Kiel longe daŭris tiu preaktualeca (antaŭaktuala) atmosfero, aŭ - de kiu tempo ekzistas nuna, aktualeca oksigena atmosfero? La procezo de aliformiĝo de unu tipo de la atmosfero en la alian trapasadis malrapide. Kaj estas malfacile paroli pri preciza limo inter ili, tamen pritakse oni povas montri tian limon; ĉar manko de libera oksigeno, kaj poste ĝia aperigo, videbliĝis en la medio eĉ nur per konforma konsisto de rokoj, per specifa ilia kemia konsisto. Kaj tiel, indikaĵoj de la oksigena atmosfero estas tiel nomataj "ruĝaj precipitaĵoj" (sedimentoj, sedimento-precipitaĵoj), enhavantaj feron en stato altgrade oksidita, kutime en la formo de limonito  $Fe_2O_3 \cdot n H_2O$ . Jen por la plej tempaĝaj tiaj ruĝaj sedimentoj la proksimuma aĝo sumiĝas je unu miliardo da jaroj. Ĝi estas do minimuma aĝo de la nuna oksigena atmosfero. Aliflanke ekzistas tiaj sedimentaj rokoj, kies konforma konsisto montras al tio, ke ili devis ekesti en la atmosfero senoksigena, redukta. La aĝon de tiaj plej junaj rokoj oni determinas je 1700-2000 milionoj da jaroj.<sup>14/</sup> Signifas tio do, ke antaŭ ĉirkaŭ du miliardoj da jaroj la tera atmosfero estis ankoraŭ senoksigena, kaj antaŭ unu miliardo da jaroj ĝi estis jam oksigena. Kaj do, la procezo de akumulado de oksigeno daŭris ĉirkaŭ miliardon da jaroj. Ĝi estas grava indikaĵo, cetere ne nur portempa, por la evolucio biokemia. Montriĝas nome, ke fotosintezo, kiu sendube ludis gravan rolon en la intensigo de ritmo de la specia evoluado, ne aperis tamen en la historio de la vivo neatendite kaj - kio estas same grava - ne ĝi estis ĉe la starto de la vivo kaj ne ĝi partoprenis en longaj ankoraŭ de ĉi tiu vivo evoluaj luktoj.

Sekvas alia demando, nome: de kie venis la libera oksigeno por plenigi la teran atmosferon, se ĝi ne estis de la komenco?<sup>15/</sup> Antaŭ ol la biologoj komencis tion pripensadi, la fizikistoj kaj astronomoj esprimis supozon, ke la tuta oksigeno de la nuna atmosfero devenas el disocio de  $H_2O$  aŭ de

CO<sub>2</sub> efektivegita inter aliaj sub la influo de ultraviolaj radioj.

Hodiaŭ regas prefere la ĝenerala konvinko inter sciencistoj, ke la tuta libera atmosfera oksigeno sur nia Planedo estas de deveno biogena. Kaj do la ŝanĝon de la konsisto de la atmosfero de nia terglobo kaŭzis aŭtomataj procezoj, iniciatitaj de novekestinta kaj jam disvolvita sektoro de materio, nomata la materio viva. Oni vidas ĉi tie la specifikon de tiu viva materio, kiu sur certa etapo de sia evoluo kvazaŭ transprenas sur sin la iniciaton kaj subordigas al si la medion, el kiu ĝi emerĝis kaj plu aliformigas tiun medion. Tiu korelativeco de la vivo kaj de ĝia medio kaŝas en si gravajn konsekvencojn. Se oni nome volas ekkoni bone unu ĉeneron de ĉi tiu rilato, ne eblas analizi ĝin en izoliteco unu de la alia. Tamen ĝi estas jam aparta temo. Ĉi tie ni starigos nur la demandon, kion povas diri al ni la fakto mem konforme al la ŝanĝo de unu el tiuj ĉeneroj - de la medio kaj kion signifas la malegala ritmo de tiuj ŝanĝoj? Jen la vivo, estante en sia esenco mem dinamika kaj kun eksplicite antientropia aldirektigo, devis de la komenco baziĝi sur mekanismoj, dank' al kiuj ĝi povis akiri certan provizon da libera energio. Unuvorte, la vivo devis de la komenco ekregi unu aŭ kelkajn ĉenojn de energetikaj ŝanĝoj pro tio, por ke ĝi povu agi kaj transdaŭri. Tamen la rezulto de tiuj unuaj ŝanĝoj estis prefere tre mikra, se la evoluo de 1' novaj formoj de la vivo ekde la momento de ekesto de protoorganismoj ĝis ilia klara diferenciĝo notita en pli granda skalo nur ekde la malfrua prekambrio, estis tiel mirige malrapida, ĉar daŭranta 2 - 3 kaj eble eĉ multe pli da miliardoj de jaroj. Plej verŝajne la vivo en tiu longa periodo devis fari multajn provojn kaj serĉojn pli kaj pli efektajn manierojn por akiradi kaj enmagazenigadi la energion. Pledus por tio ne nur la logiko de la citita rezonado, sed ankaŭ la faktoj, kiujn malfacile estas interpreti alie. Temas ĉi tie nome pri la tiel nomataj



vivaj restaĵoj el la vera historio de la vivo aŭ pri bakterioj posedantaj diversajn tipojn de kemisintezo, t. e. la bakterioj sulfuraj, ferohavaj, hidrogenaj, siliciaj, metanaj, azotaj kaj fosforaj.<sup>16/</sup> En tiu ĉi kunteksto ne malfacile estas esprimi supozon ke la vivo mem flanke de siaj substanco enhavo kaj materia bazo, povis esti origine alia, aŭ almenaŭ rilate iujn elementojn.<sup>17/</sup> La vivo en la frua etapo de sia evoluo estis sendube pli plasta, strebanta ne al stabiligo, sed al serĉado de ĉiam pli kaj pli novaj solvoj. Sed tute videbla krizo de tiuj serĉadoj kaj provoj kun la prefero al la formoj hodiaŭ dominantaj, sekvis en la periodo de sinsekva transiro de la atmosfero senoksigena ĝis la oksigena, tio signifas de transiro elde vaste komprenata kemisintezo al fotosintezo. Tiu klare adaptiva kaj kreopova fazo traira povis daŭri, kiel estis jam dirite, ĉirkaŭ unu miliardon da jaroj aŭ eĉ iom pli. Ĉe tio oni vidas, ke konforme al la stabiligado de pli produktivaj energetike mekanismoj de organikaj ŝanĝoj bazitaj sur fotosintezo, intensiĝadis la ĉiam pli kaj pli evolucia impeto de la vivo tiel, por en la lastaj 500 milionoj da jaroj atingi vertiĝodonan rapidecon.

Sur tiu perspektiva kaj traktita tre konciza fono de la historio de la vivo kaj ĝia medio ekde la supozeblaj komencoj ĝis la krizaj periodoj de la prekambrio kaj kambrio, ŝajnas io tiel evidenta, ke oni devus jam hodiaŭ diri ne pri la evoluo ĝenerale, sed almenaŭ pri du ĝiaj tipoj: pri la evoluo biokemia kaj pri la evoluo morfologia-specia. Ĉi tiu lasta estas konata doktrino de Darwin pri la universala ŝanĝiĝemeco de la organikaj formoj, kaj la biokemia evolucio estus simple la "evolua historio de kemiismo de la vivo."<sup>18/</sup> Unu el tiel provoj, suprenlevanta la problemaron de la biokemia evolucio estus la tiel nomata teorio de la silicidoj.<sup>19/</sup> Oni devas ankaŭ supozi, ke evoluiganta nuntempe biologio molekula kaj submolekula ludos esencan rolon en la ekkono kaj diskonigo de la montrita proble

## P I E D N O T O J

1. Znosko J., W sprawie pozycji stratygraficznej eokambryjskich sparagmitów. *Kwartalnik Geologiczny*, 4 (1961), 737. // Pri la stratigrafia pozicio de eokambriaj sparagmitoj. *Jarkvarona Geologia Revuo*, 4 (1961), 737.
2. Bankwitz (eld.), *Präkambrium*, Stuttgart 1966, 4-5.
3. Kuhn-Schnyder E., Paläontologie als Stammesgeschichte - ichtliche Urkundenforschung (en: Die Evolution der Organismen, Stuttgart 1967, Bd I, 253).
4. Welte D.H., Das Problem der frühesten organischen Lebensspuren, *Die Naturwissenschaften* 54 (1967) 325 - 329.
5. Barghoorn E. S., Schopf J.W., Microorganisms Three - Billion Years old from the Precambrian of South Africa, *Science* 152, (1966) 759.
6. Szklowski J.S., *Wszechświat życie myśl*, tł. Zbigniew Jethon, Warszawa 1965, 199. // *Universo vivo penso*, trad. Zbigniew Jethon, Varsovio 1965, 199.
7. Rutten M.G., *Powstanie życia na ziemi a świadectwa geologiczne*, tł. Marian Jurecki, Warszawa 1966, 23. // *Formiĝo de la vivo sur la Tero kaj la geologiaj atestoj*, trad. Marian Jurecki, Varsovio 1966, 23.
8. Kulp J.L., The geological time-scale - en: Th. Sorgenfrei (eldonisto), *Reports 21st International Geology Congress*, Copenhagen 3 (1960) 18 - 27.
9. Florin M., *Aspects of the origin of life*, London 1960, 199. Polański A., Smulikowski K., *Geochemia*, (Geokemia), Warszawa (Varsovio) 1969, 24.
10. Sedlak W., *Ewolucja Biochemiczna i teoria silicydów*. *Poczniki filozoficzne VII* (1959) z. 3. 103. // *Evolucio biochemia kaj la teorio de la silicidoj*, *Filozofiaj Jarkolektoj VII* (1959) kajero 3, 103.
11. Wilson A.T., *Synthesis of macromolecules*, *Nature* 188 (1960) 1007.
12. Abelson P.H., *Geochemistry of Organic Substances* - en: *Researches in Geochemistry*, New York, 1952, 79-108.
13. Oberlies F., Prashnowsky A., *Biogeochemische und elektronenmikroskopische Untersuchung präkambrischer Gesteine*, *Die Naturwissenschaften* 55 (1968) 1, 25-28.



14. Rutten, verko citita, 116-134.
15. Marhañ L. C., Nadine G. F., The evolution of oxygen and nitrogen in the earth's atmosphere: with notes on the evolution of life on earth and the martian atmosphere, *School Science and Math*; 1, 13-30. La aŭtoroj skribas, ke antaŭ ĉirkaŭ 620 milionoj da jaroj en nia atmosfero la libera oksigeno estis en kvanto 0,01 de la hodiaŭa enhavo. Tiam povis aperi la ozona ekrano ŝirmanta la ĉesupraĵajn tavolojn de oceanaj akvoj kontraŭ ultraviolaj radiuoj. Antaŭ 420 milionoj da jaroj estis jam 0,1 da oksigeno de la hodiaŭa enhavo. La pligrandigita tavolo de la ozono ŝirmis jam eĉ la supraĵon de la tero, kio koincidas kun la eliro de la animala mondo sur la teron.
16. Sedlak, verko citita, 83-84.
17. Sedlak W., Teoretyczno-naukowe perspektywy silicydalnej ewolucji biochemicznej, *Zeszyty Naukowe KUL* 4 (1961) 3. 109. // Teoriaj-sciencaj perspektivoj de silicida evolucio biokemia, *Sciencaj kajeroj de KUL* (Katolika Universitato en Lublin) 4 (1961) 3. 109.
18. Sedlak, verko citita, 96.
19. Krom la jam menciitaj verkoj de la sama aŭtoro vidu: Teoria silicidów i jej praktyczne znaczenie dla nauk biologicznych, *Zeszyty Naukowe KUL* 5 (1962) 1, 57-82; Rola krzemow ewolucji biochemicznej życia, Warszawa 1967. // Teorio de silicidoj kaj ĝia praktika signifo por la sciencoj biologiaj, *Sciencaj Kajeroj de KUL* 5 (1962) 1, 57-82; La rolo de silicio en la biokemia evoluo de la vivo, Varsovio 1967.

## G L O S A R O

(de terminoj ne entenitaj en la "Plena Ilustrita Vortaro")

- GON- en kunmetaĵoj: 1. angulo; figuro geom. kun difinita nombro da anguloj. 2. seksa; naska, genera; semo.
- (-GENIO) Generacio; plimultiĝo, deveno, maniero de ek-esto, naskiĝo de io; genealogio.
- EKSHALACIO, - (elspiro); eligado de gasoj kaj vaporoj el la profundo de la Tero, ligita kun akvideco de vulkanoj aŭ kun la putrado de organikaj substancoj en marĉa medio kaj eligado de metano ( $\text{CH}_4$ ).