

TOMASZ BRACHANIEC

*Uniwersytet Śląski
Wydział Nauk o Ziemi
Katedra Geochemii, Mineralogii i Petrografii
Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec
E-mail: tribal216@gmail.com*

PRZEGLĄD POTENCJALNYCH ŚLADÓW ŻYCIA POZAZIEMSKIEGO W METEORYTACH

Kwestia, gdzie i jak powstało życie od dawien dawna nurtuje ludzkość. Jedną z teorii, teoria panspermii mówi, że załączki życia przybyły na Ziemię z kosmosu. Jego nośnikiem miałyby być meteoryty nieustająco ją

bombardujące. Macierzystymi obiektami, na których rozwinęło się życie mogą być oblodzone obiekty typu komet oraz ciała większe niż Europa czy Enceladus (jeden z księżyców Saturna).

ZARYS HISTORYCZNY

Pierwsze wzmianki o teorii panspermii pojawiają się w pracach greckiego filozofa Anaksagorasa w V w p.n.e (O'LEARY 2008). W swych XIX-sto wiecznych opracowaniach m.in. BERZELIUS (1834) oraz THOMSON (1871) również rozważali to zagadnienie. W 1890 r. pojawiły się niczym nie udokumentowane przesłanki o skamieniałościach wewnątrz meteorytu. W 1908 r., laureat Nagrody Nobla z 1903 r., Svante Arrhenius zainicjował naukowe rozważania o kosmicznym pochodzeniu życia w swej książce zatytułowanej *Worlds in the Making*. W 1940 r. odkryciem potwierdzającym hipotezę panspermii miały być uspio-
ne kosmiczne bakterie. Podobnego odkrycia dokonał 21 lat później chemik Bartholomew Nagy (NAGY i współaut. 1961), co jednak zanegowano ze względu na liczne zanieczyszczenia próbek. W 1963 r. grupa naukowców pod jego kierownictwem (NAGY i współaut. 1963) zarejestrowała w meteorycie Orgueil struktury ich zdaniem przypominające ziemskie mikroorganizmy. W latach 70. i 80. XX w. astronomowie Fred Hoyle oraz Chandra Wickramasinghe ogłosili, że nośnikiem życia w przestrzeni kosmicznej są komety. Zamrożone w ich lodzie organizmy w większości miałyby być martwe bądź już częściowo sfosylizowane (WICKRAMA-

SINGHE i współaut. 2010). W 1984 r. PFLUG wykonał i analizował płytki cienkie z meteorytu Murchinson (o którym mowa dalej w tekście). Również on stwierdził obecność dziwnych struktur, które w jego mniemaniu przypominały ziemskie wirusy. Ciągłe zderzenia obiektów kosmicznych ze sobą, a w związku z tym przenoszenie cząsteczek życia, według niektórych badaczy (m.in. JOSEPH 2000, JOSEPH i SCHILD 2010a, b) podniosły teorię ewolucji Darwina do miana ogólnokosmicznej. Najważniejszą zasadą omawianej teorii jest nieustanna wędrówka cząsteczek niezbędnych do powstania życia, bądź jego samego, w przestrzeni kosmicznej oraz jego rozwoju po napotkaniu sprzyjających warunków środowiskowych. Wysoce niesprzyjające czynniki panujące w Kosmosie, takie jak ekstremalnie niskie temperatury czy promieniowanie powodują, że potencjalne istoty żywe transportowane w ciałach kosmicznych są mikro rozmiarów, tzw. litopanspermia. Dyskusje nad wielkościami cząsteczek życia w meteorytach stawały się przedmiotem wielu publikacji (m.in. WEBER i GREENBERG 1985, MELOSH 1988). Sam transport międzyplanetarny okruchów skalnych jest dobrze poznany, czego dowodem jest występowanie na powierzchni Ziemi marsjańskich meteorytów.

POCZĄTKI ŻYCIA NA ZIEMI

Najstarsze skały osadowe na Ziemi znajdują się na Grenlandii. Ich datowanie wykazuje, że mają ok. 3,85 mld lat (NIBBET 2000, LEPLAND i współaut. 2005), natomiast najstarsze znane formy życia, czyli stromatolity, datuje się na ok. 3,4 mld lat (ALLWOOD i współaut. 2006). Szacuje się, że 3,9 mld lat temu miało miejsce najintensywniejsze bombardowanie Księżyca (COHEN i współaut. 2000), które dotknęło również planety wewnętrznej części Układu Słonecznego (KRING i COHEN 2002). W ten oto sposób cegiełki życia mogły trafić na Ziemię. Warunki panujące na początku jej istnienia nie sprzyjały życiu i rozwojowi organizmów, i dlatego naukowcy koncentrują się na poznaniu tzw. ekstremofili, mogących żyć w warunkach ekstremalnie niekorzystnych, takich jak wysokie lub niskie temperatury (PAVLOV i współaut. 2007). Jak się okazało ekstremofilami nie muszą być koniecznie prymitywne organizmy. W doświadczalnym projekcie Foton M-3 wykazano, że niesporczaki – bezkręgowce (Tardigrada),

potrafią przeżyć przebywanie w próżni kosmicznej (JONSSON i współaut. 2008). Eksperyment ten polegał na umieszczeniu na orbicie okołozemskiej organizmów celem obserwacji ich zachowania w próżni kosmicznej. Wynikiem przedsięwzięcia było jednoznaczne stwierdzenie, że przebywające w głębokich szczelinach meteorytu, mogą przetrwać podróż w Kosmosie (JONSSON i współaut. 2008). Tak więc bakterie chronione przed promieniowaniem grubą powłoką meteorytu mogły być transportowane miliony lat w próżni kosmicznej, aby w końcu trafić na Ziemię. Obecnie znane są organizmy odporne na silne promieniowanie, tzw. radiorezystanty. Jedną z najpopularniejszych jest bakteria *Deinococcus radiodurans* (MAKAROVA i współaut. 2001). W 2012 roku ogłoszono, że porosty umieszczone w laboratoryjnych warunkach marsjańskich na okres 34 dni przystosowały się do nowych warunków środowiska (DE VERA i współaut. 2012).

METEORYTY I DOWODY

W 1969 r. w Australii spadł meteoryt. Naoczni świadkowie widzieli jasnopomarańczową kulę ognia, która z hukiem przecięła niebo. Mowa o meteorycie Murchinson (Ryc. 1). Wyodrębniono z niego 92 różne aminokwasy (KVENVOLDEN i współaut. 1970). Spośród nich tylko 19 występuje na Ziemi. W grudniu 2001 r. naukowcom z NASA udało się wyodrębnić z niego związki oparte na cukrach.

W 1996 r. NASA ogłosiło na konferencji prasowej, że odnaleziono ślady życia w marsjańskich skałach, a wyniki badań opublikowano w prestiżowym czasopiśmie *Science*. Dowodów na pozaziemskie życie miał dostarczyć meteoryt odnaleziony w grudniu 1984 r. na Antarktydzie nazwany ALH 84001 (Ryc. 2). W momencie odkrycia jego waga wynosiła ok. 1,93 kg. Słynne doniesienie z *Science* autorstwa MCKAY'A i współaut. (1996) jakoby znaleziono w nim bakterio podobne skamieniałości wywołało burzę i debaty w naukowym świecie. ALH 84001 jest jednym ze 101 marsjańskich meteorytów na Ziemi. Warto podkreślić, że wszystkie są pochodzenia magmowego. Według najnowszych poglądów skały tej genyzy powstały na Marsie ok. 4 mld lat temu. Między 3,6 a

4 mld lat temu bardzo mocno popękały na skutek intensywnego bombardowania powierzchni planety przez meteoryty. Za spr-



Ryc. 1. Meteoryt Murchinson, źródło zdjęcia: pl.wikipedia.org.



Ryc. 2. Meteoryt ALH 84001, źródło zdjęcia: pl.wikipedia.org.

wą tych niszczycielskich procesów woda dostała się w powstałe szczeliny i pozwalała na depozycję minerałów węglanowych oraz rozwój bakterii. Około 16 mln lat temu uderzenie dużego ciała kosmicznego spowodowało wyrzut materiału skalnego z powierzchni Marsa w przestrzeń kosmiczną. Scenariusz ten jest wspólny dla wszystkich skał kosmicznych z potencjalnymi śladami życia. Ostatnim etapem był spadek ALH 84001 na teren Antarktydy 13 tys. lat temu. Pod skaningowym mikroskopem elektronowym uwidoczniło się struktury na jego powierzchni (Ryc. 3) przypominające węglanowe skamieniałości organizmów bakterio-podobnych. Ich wielkości mieszczą się w przedziale 20–100 nm, w związku z tym są one parokrotnie mniejsze niż ziemskie bakterie. W październiku 2011 r. ogłoszono, że za pomocą analiz izotopowych udało się zrekonstruować pierwotne środowisko depozycji węglanów obecnych na meteorycie (HALEVY i współaut.



Ryc. 3. Obraz z mikroskopu elektronowego fragmentu ALH84001 struktur będących hipotetycznymi skamieniałościami form życia, źródło zdjęcia: pl.wikipedia.org.

2011). Temperaturę sedymentacji oszacowano na 18°C, zaś ciek wodny miałby mieć nie więcej niż kilka metrów głębokości. Nie udało się ustalić powierzchniowego bądź podziemnego charakteru zbiornika. Dodatkowym wynikiem badań przeprowadzonych przez Halewiego i współautorów było stwierdzenie obecności dwutlenku węgla w ówczesnej marsjańskiej atmosferze. Mimo wszystko, jeśli struktury w ALH 84001 okazałyby się rzeczywiście drobnoustrojami mogłyby pochodzić z ziemskiego zanieczyszczenia meteorytu. Przeprowadzono badania związków organicznych, które ujawniły obecność aminokwasów takich jak: glicyna, seryna i alanina (BADA i współaut. 1998) oraz policyklicznych węglowodorów aromatycznych: fenantrenu, pirenu, chryzenu, perylenu oraz benzopirenu (MCKAY i współaut. 1996). Wykryte aminokwasy są podobne do tych, które stanowią produkt uboczny działalności ziemskich bakterii. Jednak każdy z wyżej przedstawionych dowodów można kontrargumentować, a więc nie stanowią one dla środowiska naukowego jednoznacznego świadectwa na istnienie życia na Marsie. Mimo to ostatnie badania (ELSILA i współaut. 2009) wykazują, że teoria panspermii nie może być do końca odrzucana. Naukowcy z NASA dzięki sondzie Stardust, w łodzie komety Wild 2 odkryli glicynę, która jest aminokwasem budującym białka. W 2011 r. badacze tej samej placówki zarejestrowali w meteorytach występowanie fragmentów DNA, z których udało się zidentyfikować adeninę i guaninę (CALLAHAN i współaut. 2011, STEIGERWALD 2011). Według nich może to jednoznacznie świadczyć o powstawaniu życia na innych obiektach kosmicznych. W marsjańskich meteorytach, na powierzchniach węglanowych globulek, odkryto również kuliste nanokryształy magnetytu (BUSECK i współaut. 2001), które zdaniem badaczy mogą stanowić produkt działalności życiowej kosmicznych bakterii. Na potwierdzenie swojej teorii przedstawiają zjawisko wytwarzania tego minerału przez bakterie na Ziemi.

Badacze, którzy w 1996 r. próbowali przekonać świat o odkryciu pozaziemskiego życia twierdzili również, że znaleźli dowody na nie w innych meteorytach. Miałby ich dostarczyć m.in. meteoryt Nakhla (Ryc. 4), który spadł w 1911 r. w Egipcie. Późniejsze badania wykazały, że także i on pochodzi z Marsa. Badania elektronowym mikroskopem skaningowym wykazały obecność zaokrąglonych struktur. Pojawiły się sugestie, że są



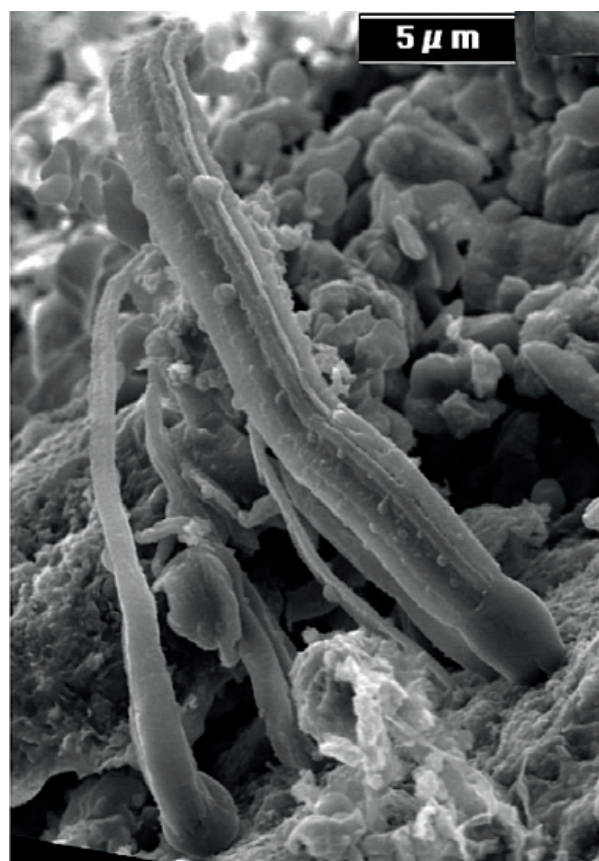
Ryc. 4. Meteoryt Nakhla, źródło zdjęcia: pl.wikipedia.org.

one być może zmineralizowanymi szczątkami marsjańskich bakterii. Należy zaznaczyć, że każdy marsjański meteoryt jest niezwykle cenny ze względu na informacje jakich dostarcza na temat samej planety. Sztandarym przykładem jest meteoryt EETA 79001, w którym pęcherzyki gazu przyniosły na Ziemię cząstkę atmosfery czerwonej planety.

W marcu 1998 r. w pobliżu teksańskiego miasta Monahans spadł kosmiczny okruch, który przyniósł na swej powierzchni kryształ halitu (chlorku sodu). Na Ziemi halit stanowi składnik soli kamiennej i powstaje podczas wysychania zasolonych zbiorników wodnych. Zgadza się to ze strukturą meteorytu, w którym znaleziono również wodę.

W marcu 2011 r. cały naukowy świat zwrócił uwagę na artykuł HOOVERA (2011). Autor publikacji twierdzi, że znalazł dowody życia spoza Ziemi w meteorytach spadłych w 1800 r. we Francji oraz Tanzanii (Alais, Ivuna, Orgueil). Astrobiolog NASA, Richard Hoover twierdzi, że widoczne na Ryc. 5 maleńkie włókniste struktury są najprawdopodobniej biologicznym odpowiednikiem ziemskich sinic. Jak w każdym tego typu przypadku rozgorzała dyskusja, czy wspomniane struktury są rzeczywiście pochodzenia biologicznego czy też są efektem ziemskich zanieczyszczeń. Hoover twierdzi jednak, że struktury te (20 μm) kształtem i wielkością przypominają sinice. Kolejnym argumentem stał się brak obecności azotu, który powinien być zarejestrowany w badaniach ziemskich cyjanobakterii. Badacz mimo wszystko nie potrafi wyjaśnić ewentualnego scenariusza na pochodzenie tajemniczych struktur (HOOVER 2011).

Przeprowadzono analizy za pomocą spektroskopii masowej na 11 chondrytach węgli-



Ryc. 5. Zdjęcie spod mikroskopu skaningowego pokazujące włókniste struktury w meteorycie Ivuna, przypominające ziemskie cyjanobakterie. Źródło zdjęcia: overcomingbias.com.

stych. Próbowano potwierdzić bądź zaprzeczyć obecności nukleotydów budujących RNA i DNA. Odkryto w ten sposób 3 nukleinowe związki: purynę; 6,8-diaminopurynę oraz 2,6-diaminopurynę. Związki te były nieobecne w pobliżu miejsc spadków meteorytów, a więc może to świadczyć o ich kosmicznym pochodzeniu.

Zespół badaczy pod kierownictwem naukowca NASA D. Glavina przeprowadzał analizy fragmentu asteroidy 2008TC3, który spadł w październiku 2008 r. na pustyni w Sudanie i tor jego lotu był obserwowany przed uderzeniem w Ziemię. Badania te zostały opisane w *Meteoritics & Planetary Science* przez GLAVINA i współaut. (2010). Jako że obiekt skalny był narażony na bardzo wysokie temperatury i liczne kosmiczne kolizje Glavin i in. nie spodziewali się dokonać żadnego znaczącego odkrycia. Mimo to odkryli niezwykle rzadkie czy wręcz niewystępujące na Ziemi aminokwasy. Nie udało się wytworzyć ich w warunkach laboratoryjnych, a więc ich pochodzenie pozostaje zagadką.

W ciągu ostatnich 200 lat obserwowano 43 spadki chondrytów węglistych. Niestety

żaden z nich nie przyniósł niepodważalnych dowodów na istnienie pozaziemskiego życia.

PRZEGLĄD POTENCJALNYCH ŚLADÓW ŻYCIA POZAZIEMSKIEGO W METEORYTACH

Streszczenie

Początki naukowego udowodnienia hipotezy panspermii sięgają końca XIX wieku. W latach 70 i 80tych XX wieku wysunięto twierdzenie jakoby komety były nośnikami życia w przestrzeni kosmicznej. Spadki meteorytów: Murchinson, Orgueil czy Nakhla skierowały wzrok badaczy ku Marsowi, jako poten-

cjalnie zasiedlonej przez mikroorganizmy planecie. W ciągu wielu lat badań chondrytów węglistych zaobserwowano wiele struktur, które swą morfologią i wielkością przypominają ziemskie bakterie. Pomimo tego nie znaleziono jednak niepodważalnych dowodów na istnienie pozaziemskiego życia.

OVERVIEW OF POTENTIAL TRACES OF EXTRATERRESTRIAL LIFE IN METEORITES

Summary

The origins of scientific evidence of panspermia hypothesis back to the late nineteenth century. In the 70s and 80s of the twentieth century the claim that the comets are the source of life in space has been put forward. Fall of meteorites like: Murchison, Orgueil and Nakhla directed attention of researchers

to Mars, as a planet potentially inhabited one time by microorganisms. Over the years studies of carbonaceous chondrites recorded many structures the morphology and size of which proved similar to those of Earth's bacteria. Despite this there is still no clear evidence for the existence of extraterrestrial life.

LITERATURA

- ALLWOOD A. C., WALTER M. R., KAMBER B. S., MARSHALL C. P., BURCH I. W., 2006. *Stromatolite reef from the Early Archaean era of Australia*. *Nature* 441, 714-718.
- BADA J. L., GLAVIN D. P., McDONALD G. D., BECKER L., 1998. *A search for endogenous amino acids in Martian meteorite ALH84001*. *Science* 279, 362-365.
- BERZELIUS J. J., 1834. *Analysis of the Alais meteorite and implications about life in other worlds*.
- BUSECK P. R., DUNIN-BORKOWSKI R. E., DEVOUARD B., FRANKEL R. B., MCCARTNEY M. R., MIDGLEY P. A., POSFAI M., WEYLAND M., 2001. *Magnetite morphology and life on Mars*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 98, 13490-13495.
- CALLAHAN M. P., SMITH K. E., CLEAVES H. J., RUZICKA J., STERN J. C., GLAVIN D. P., DOM C. H., DWORKIN J. P., 2011. *Carbonaceous meteorites contain a wide range of extraterrestrial nucleobases*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 108, 13995-13998.
- COHEN B. A., SWINDLE T. D., KRING D. A., 2000. *Support for the Lunar Cataclysm Hypothesis from Lunar Meteorite Impact Melt Ages*. *Science* 290, 1754-1756.
- DE VERA J.P., KOHLER U., 2012. *The adaptation potential of extremophiles to Martian surface conditions and its implication for the habitability of Mars*. *European Geosciences Union General Assembly 2012*; http://media.egu2012.eu/media/filer_public/2012/04/05/10_solarsystem_devera.pdf
- ELSILA J. E., GLAVIN D.P., DWORKIN J. P., 2009. *Cometary glycine detected in samples returned by Stardust*. *Meteoritics & Planetary Science* 44, 1323-1330.
- GLAVIN D. P., CALLAHAN M. P., DWORKIN J. P., ELSILA J. E., 2010. *The effects of parent body processes on amino acids in carbonaceous chondrites*. *Meteoritics & Planetary Science* 45, 1948-1972.
- HALEVY I., FISCHER W. W., EILER J. M., 2011. *Carbonates in the Martian meteorite Allan Hills 84001 formed at 18±4°C in a near-surface aqueous environment*. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 108, 16895-16899.
- HOOVER R. B., 2011. *Fossils of Cyanobacteria in C11 Carbonaceous Meteorites*. *J. Cosmol.* 13; <http://journalofcosmology.com/Life101.html>.
- JONSSON K. I., RABBOU E., SCHILL R. O., HARMS-RINGDAHL M., RETTBERG P., 2008. *Tardigrades survive exposure to space in low Earth orbit*. *Curr. Biol.* 18, 729-731.
- JOSEPH R., 2000. *Astrobiology, the origin of life, and the Death of Darwinism*. University Press, California.
- JOSEPH R., SCHILD R., 2010a. *Biological cosmology and the origins of life in the Universe*. *J. Cosmol.* 5, 1040-1090.
- JOSEPH R., SCHILD R., 2010b. *Origins, Evolution, and distribution of life in the cosmos: Panspermia, genetics, microbes, and viral visitors from the stars*. *J. Cosmol.* 7, 1616-1670.
- KRING D. A., COHEN B. A., 2002. *Cataclysmic bombardment throughout the inner solar system 3.9-4.0 Ga*. *J. Geophys. Res.* 107, 4.1-4.6.
- KVENVOLDEN K. A., LAWLESS J., PERING K., PETERSON E., FLORES J., PONNAMPERMA C., KAPLAN I. R., MOORE C., 1970. *Evidence for extraterrestrial amino-acids and hydrocarbons in the Murchison meteorite*. *Nature* 228, 923-926.
- LEPLAND A., VAN ZUILEN M., ARRHENIUS G., WHITEHOUSE M., FEDO C., 2005. *Questioning the evidence for Earth's earliest life – Akilia revisited*. *Geology* 33, 77-79.
- MAKAROVA K. S., ARAVIND L., WOLF Y. I., TATUSOV R. L., MINTON K. W., KOONIN E. V., DALY M. J., 2001. *Genome of the extremely radiation-resistant bacterium Deinococcus radiodurans viewed from the perspective of comparative genomics*. *Microbiol. Molec. Biol. Rev.* 65, 44-79.

- MCKAY D. S., GIBSON JR. E. K., THOMAS-KEPRTA K. L., VALI H., ROMANEK CH. S., CLEMETT S. J., CHILLIER X. D. F., MAECHLING C. R., ZARE R. N., 1996. *Search for past life on Mars: Possible relic biogenic activity in Martian meteorite ALH84001*. Science 273, 924-930.
- MELOSH H. J., 1988. *The rocky road to panspermia*. Nature 332, 687-688.
- NAGY B., MEINSCHEN W. G., HENNESSY D. J., 1961. *Mass spectroscopic analysis of the Orgueil meteorite: evidence for biogenic hydrocarbons*. Ann. NY Acad. Sci. 93, 25-35.
- NAGY B., FREDRIKSSON K., ÜREY H.C., CLAUS G., ANDERSON C.A., PERCY, J., 1963. *Electron probe microanalysis of organized elements in the Orgueil meteorite*. Nature 198, 121-125.
- NISBET E., 2000. *The realms of Archaean life*. Nature 405, 625-626.
- O'LEARY M., 2008. *Anaxagoras and the origin of panspermia theory*. iUniverse publishing Group.
- PAVLOV A. K., SHELEGEDIN V. N., KOGAN V. T., PAVLOV A. A., VDOVINA M. A., TRET'YAKOV A. V., 2007. *Can microorganisms survive upon high-temperature heating during the interplanetary transfer by meteorites?* Biophysics 52, 640-644.
- PFLUG H.D., 1984. *Ultrafine structure of organic matter in meteorites*. [W:] *Fundamental studies and the future of science*. WICKRAMASINGHE C.(red.). Cardiff University College Press, 24-37.
- STEIGERWALD J., 2011. *NASA Researchers: DNA building blocks can be made in space*. NASA; <http://www.nasa.gov/topics/solarsystem/features/dna-meteorites.html>.
- THOMSON (Lord Kelvin) W., 1871. *Inaugural Address to the British Association Edinburgh. We must regard it as probably to the highest degree that there are countless seed-bearing meteoritic stones moving through space*. Nature 92, 261-278.
- WEBER P., GREENBERG J. M., 1985. *Can spores survive in interstellar space?* Nature 316, 403-407.
- WICKRAMASINGHE J. T., WICKRAMASINGHE N. C., NAPIER W. M., 2010. *Comets and the Origin of Life*. World Scientific Publishing.