

Naabreid otsimas

Kui ma hea kolleegi Bill Vince väikeses koduaias Inglismaa lõunaosas ringi vaatasin, soovitas peremees järsku mul põdsastealuseid uurida. Mõne aja pärast leidsingi üsna pimedas varjus ennast peitva pardi. Kuna part oli üsna rahulik, küsisin:

“Miks see part ei liiguta ennast?”

“Sellepärast, et ta on surnud.”

“Miks ta siis surnud on?”

“Sest ta pole kunagi elanud!”

Miks inglased oma aedadesse partide “mudeleid” peidavad ei olnud mulle selge, küll aga näitab see seik, et isegi kahe meetri kauguselt pole eriti lihtne vahet teha elavate asjade ja nende asjade vahel, mis pole kunagi elanud. Kui nüüd aga selline part oleks Kuul, Marsil või kuskil veel kaugemal, mõne teise tähe ümber tiirutaval planeedil?

Just sellise ülesande – leida elu jälgi päikesesüsteemi-välistel nn eksoplaneetidel – on astronoomid enda jaoks üles seadnud.

Mitmel erineval moel

Eksoplaneete endid on võimalik avastada erinevaid vaatlustmeetodeid kasutades (J.Pelt, „Väikesed varjutajad, mõned neist varastatud”, Sirp 01.07.2016). Kirjutamise hetkel on tabelitesse kantud neid juba 4096, siis kui lugu lugejani jõuab aga juba mõnevõrra rohkem. Võiks öelda, et tegemist on igapäevase asjaga. Kui aga räägime võimalikust elust nendel planeetidel, on asi tunduvalt keerulisem.

Traditsiooniliste astrofüüsikaliste meetoditega on paljudel juhtudel üsna lihtne määrata planeedi suurust, tema kaugust kodutähest, tiirlemise perioodi ja veel mõnda parameetrit. Selle põhjal võib juba saada esimesed väga ligikaudsed hinnangud planeedi pinnal toimuva kohta. Kuna maasarnane elu on tihedalt seotud veega, siis esimene asi, millest juttu tehakse, on keskmine temperatuur planeedi pinnal. Normaalsel elukõlblikul planeedil peaks see siis kindlasti nulli ja saja kraadi vahel olema. Leheudiseks on sellise objekti avastamine suur asi, aga elu enda avastamiseks sellest ei piisa.

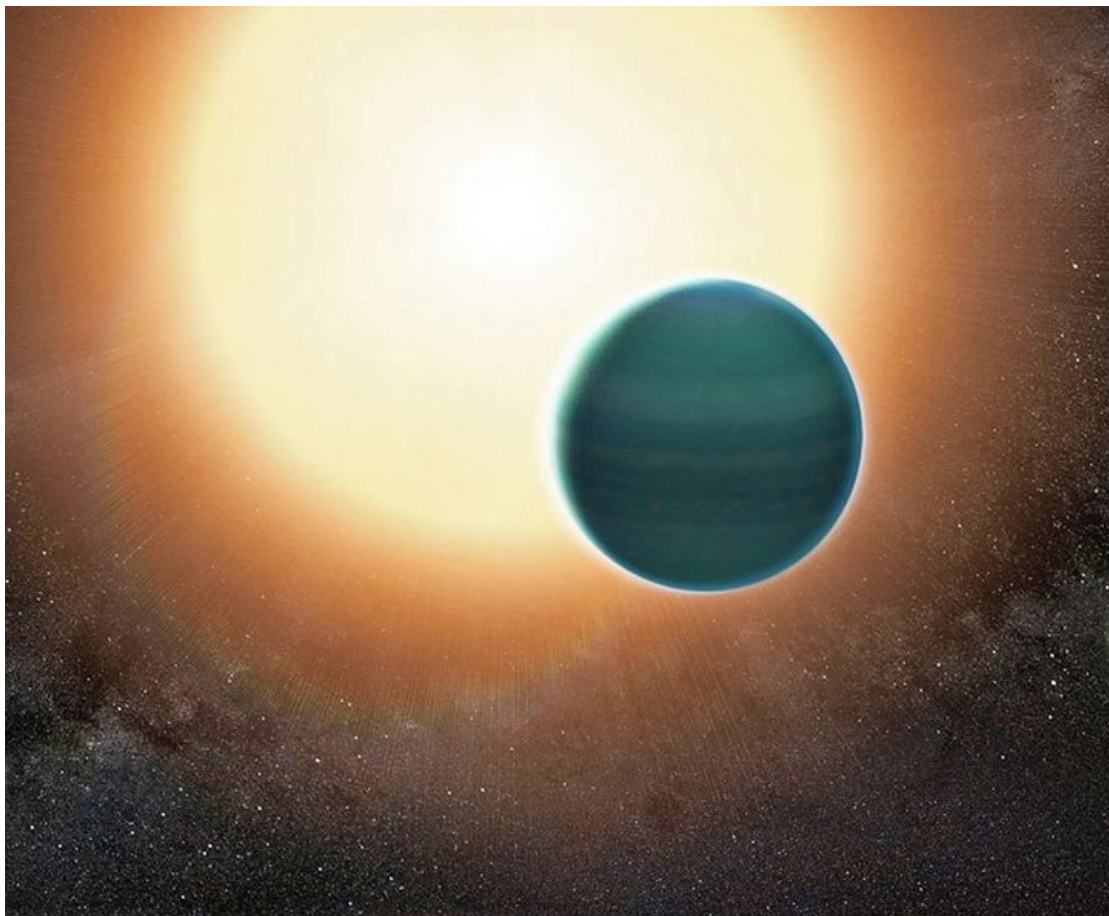
Kui me tahame teada, kas kaugel taevakehal on kedagi, kellel hing sees, siis peame eelkõige uurima hingamist. ***Kes elab, see hingab!***

Hingamise ja muu gaasivahetuse tulemusena muutub planeedi atmosfääri keemiline koosseis. Seega tuleb meil vaatluslikult tõestada, et ilmakehal on atmosfäär ja selles on näha kindlad elust rääkivad osised. Astrobioloogid (on olemas sellised teadlased) räägivad siin nn biosignatuuridest.

Põhiline meetod nii eksoplaneedi enda avastamiseks kui ka tema võimaliku õhkkeha vaatlemiseks on varjutusmeetod. Planeet tiirleb ümber tähe ja aegajalt läheb tema eest läbi või peitub tähe taha. Esimesel juhul väheneb süsteemi heledus selle tõttu, et osa tähevalgust on planeedi poolt kinni kaetud, teisel juhul aga kaob planeedile kuuluv koguvalguse osa. Meetod eeldab väga täpset tähelt saabuva valguse mõõtmist pika aja jooksul. Tüüpiliselt toimuvad sellised vaatlused maavälises ruumis tiirlevate teleskoopide abil.

Planeedil olevate gaaside uurimine toimub aga spektrograafi abil. See on seade, mis jagab tähevalguse footonid laiali pikale värvusskaalale. Jagamise tulemusel saab iga kindlat värvi mõõtev element väga väikese arvu tabamusi. Seega, kui tahame spektrit täpselt mõõta, peame me footoneid korjama tunduvalt pikemat aega.

Eksoplaneedi atmosfääri uurimiseks on meil vaja mõõta spektrit eriti täpselt ja veel ka mitu korda. Kõigepeal mõõdame süsteemi spektri siis, kui planeet on tähe taga. See on puhas tähespekter. Siis mõõdame spektri hetkel, kui planeet tuhiseb tähe eest mööda. Selles spektris on olemas ematähe valgus millest on maha lahutatud planeedi atmosfääris neeldunud valgus. Neeldunud komponent on väike, et mitte öelda imeväike. Kujutage ise ette Päikesest sada korda väiksema läbimõõduga Maad koos oma õhukese õhukihiga varjutamas ematähte. Kui heleduse mõõtmisel varjutab planeet kogu oma pinnaga, siis spektri mõõtmisel tulevad olulised andmed ainult ringikujulisest (ümber planeedi) õhukesest ribast (vt. Pilt 1.).



NASA/GSFS (<https://exoplanets.nasa.gov/news/1436/warm-neptune-has-unexpectedly-primitive-atmosphere/>)

Kui kaks spektrit käes, võime me nad nüüd lahutada ja saada üleskirjutus planeedile kuuluvast spektriosast ja selle kaudu ka ettekujutuse tema atmosfääri koosseisust.

Varjutusmeetod töötab ainult siis, kui planeedi orbiit sattub olema vaatleja suhtes õigel tasandil. Ometi ei ole avastamisvõimalus täielikult kadunud ka meie suhtes nurga all paistvate süsteemide puhul. Juhul kui vaadeldav on planeedi tiirlemise tõttu tekkiv ematahe vudisemine, siis võime teada saada vajalikud orbiidi elemendid (näiteks tiirlemisperioodi). Nende abil võime kokku viia erinevad tiirlemise faasid ja väikesed spektraalsed muutused mõõdetavates tähespektrites. Kuna planeedi poolt mõjutatud valguse osa sõltub tiirlemise faasist, siis on keerulisi pöördülesandeid lahendades võimalik saada koguvalgusest andmeid ka eraldi planeedi enda kohta.

Kuna ematahe valgus on väga palju kordi suurem kui planeedilt peegeldunud või planeedi atmosfääri läbinud valgus, siis otsene planeedi pinna vaatlus on reeglina välistatud. Ometi uurivad astronoomid võimalikke skeeme, kuidas näha kaugete planeedisüsteemide pildiliselt lahutatud kujutisi. Selleks kasutatakse maailma kõige suuremaid teleskoope, tihti kombineerides neid mitu tükki interferomeetriliseks skeemiks. Samuti otsitakse võimalusi ematahe kunstlikuks varjamiseks (katmiseks). Suure, 2.4- meetrise peegluga kosmosetelekoobi ja temast 25000 km kaugusel asuva 34-meetrise läbimõõduga orbiidil asuva ringikujulise varjutiga püütakse jõuda optilise skeemini, kus sensorid fikseerivad planeedi kujutise eraldi ematahest. Huvitav on see, et varjuti servad ei ole siledad vaid on sakilised. Täpselt välja rehkendatud sakkide kuju ja arv määravad ära ratta kauguse varju serva "teravuse" ja koos sellega siis skeemi võime planeedi pilt tähe pildi kõrvalt "välja lõigata".

Eksoplaneetide atmosfääre on uuritud ja nendes erinevaid molekule (võimalikke biosignatuure) on vaadeldud selle sajandi algusest alates. Näiteks aastal 2000 vaatlusgrupp ameerika astronoomide eesotsas David Charbonneauga tähte nimega HD 209458. Tähe spektrit mõõdeti 684 korda nelja varjutuse vältel. Vaatlused toimusid Hubble nimelise taevateleskoobi spektrograafi abil. Pärast pikka ja põhjalikku andmetöötlust õnnestus eristada esimest korda planeedi (mitte ematahe) spektris naatriumi jooni. Biosignatuurina ei ole naatrium oluline, küll aga näitas see töö, et eksoplaneetide atmosfääride uurimine on tehniliselt võimalik.

Elu märgid

Umbes viiskümmend eksoplaneeti seni avastatute hulgas asub nn elukõlblikuse tsoonis ja on seega astronoomidele eriti huvitavad. Kuna seni on meile tuntud ainult elu Maal, siis on mõistlik alustada kaugemate eluvormide otsimist ja uurimist neist, mis on "nagu Maal". Kõige üldisemalt on elu Maal võimalik sellespärast, et siin on olemas energia allikas Päike, universaalne lahusti vesi ja vajalik hulk eluks vajalikke aineid.

Ükski nendest tingimustest pole midagi erilist. Energiaallikaid – tähti – on meie galaktikas suurusjärgus 200 miljardit ja teisi galaktikaid on ka lugematu arv. Vesi

koosneb universumis kõige levinumast aimest vesinikust ja levikult kolmandal kohal asuvast hapnikust. Ei mingit muret. Natuke keerulisem on asi teiste ainetega. Maailma loomise ajal neid ei olnud ja nad tuli valmis küpsetada tähtedes või siis supernoovade plahvatustes sünteesida.

Maapealse elu üheks tunnuseks on süsinikku sisaldavate molekulide oluline roll. Praegu me veel ei tea, kas süsinikuaatomi paras kaal ja valentsus on komplekse keemia alusena ainus võimalus. Ometi on astrobioloogid suhteliselt ühel meelel, et praegusel hetkel ei ole esoteerilisemaid elu vorme mõtet otsida.

Eluga seotud oluliste gaaside otsimise eksoplaneetide atmosfääridest teeb keerulisemaks see, et erinevaid gaase on ilmaruumis palju ja nende sattumises ühele või teisele teavkehale või selle sisse, pole midagi väga haruldast. Biosignatuuriks muutub gaasi olemasolu atmosfääris siis, kui ühte või teist gaasi on rohkem kui eeldatakse puhtalt geofüüsikalistest ja atmosfäärifüüsikalistest arvutustest lähtudes.

Peamisteks gaasideks, mille suurem kontsentratsioon räägib võimalikust elutegevusest on hapnik (hingamine), osoon (atmosfääris hapnikust tekkinud), veeaur (piisav hulk vett), süsihappegaas ja vingugaas (süsinikkeemia ja kasvuhoone mehhanismi toimimine), diilämmastikoksiid ehk naerugaas (orgaanilise aine põlemine, kõdunemine jms) ja metaan (toodetud mikroorganismide poolt hapnikuvaeses keskkonnas).

Kõiki loetletud biosignatuure on juba vaadeldud suuremal või vähemal hulgal erinevate eksoplaneetide atmosfäärides. Kahjuks aga ainult sellistes, mis pigem sarnanevad Jupiterile kui Maale. Need gaasilised planeedid võivad olla üsna suured ja tihti tiirlevad nad emaplaneedile lähedal (varjutused on tugevad ja kestavad pikema osa tiirlemise perioodist). Maataoliste planeetide atmosfäärade uurimine on aga alles algusjärgus ja vajab selleks maailma suurimaid teleskoope, selliseid nagu ESO Väga Suurt Teleskoopi, alles ehitatavat Euroopa Ekstreemselt Suurt Teleskoopi või tuleval aastal orbiidile saadetavat James Webb-i nimelist taevateleskoopi.

Juhtudel, kus eksoplaneet on ematähdest optiliselt eristatav, võib vaadelda neeldumisspektrite kõrval ka peegeldus ja hajumisspektreid. Biomarkerina võib sellel juhul arvesse tulla isegi klorofüll, mis annaks märku Maale sarnase taimestiku olemasolust.

Regulaarsed raadiosignaalid ja laserisähvatused on ka spetsiaalsete uuringute aineks. Nendest, nn tehnomarkeritest, on aga lehesabades juba piisavalt juttu olnud (SETI jms).

Elu võimalikkus Maal

Millised on need tingimused, mis on teinud meie enda elu võimalikuks? Üks asi on selge, et peab olema vesi. Aga ainult mitte vesi nüüd ja praegu, vaid vesi pidevalt ja väga pika aja jooksul, miljardeid aastaid.

Malekäik E2-E4, sealt edasi veel parkümmend käiku ja ongi mäng läbi! Kui aga inimene annab Eesti Geenivaramule oma vere, siis koos sellega annab ta ka üle

mängu protokoll, milles on üle kolme miljardi käigu. See on olnud väga raske mäng. Iga käiku on kontrollitud suure hulga elude hinnaga. Näiteks kala peres võib olla kuni pool miljonit maimu, nendest aga keskmiselt ainult kahel on mäng edasi läinud, teised on ära söödud, nad ei ole õigesse kohta sattunud vms. Oluline on aga see, et meie isiklik protokoll on pidev käikude jada, seda ei ole katkestanud vee Maa pealt ära auramine, ookeanide külmumine, asteroidiga pihta saamine, vulkaanilise tolmu alla mattumine ja veel palju võimalikke õnnetusi. Seega elame me planeedil, mis on stabiilne.

Sellel stabiilsusel on mitmeid mehhanisme. Kõigepealt, meie asukoht suures mastaabis. Päike on olnud rahulik ja kindel energiaallikas. Elu 3.7 miljardi aasta pikkuse evolusiooni ajal on küll tema heledus paarkümmend protsenti kasvanud, kuid see kasv on senist elu pigem toetanud. Päikesetaolisi tähti on ilmaruumis väga palju ja seega on paljude eksoplaneetide energiavarustuse probleem lihtsalt lahendatav.

Maakera positsioon päikesesüsteemis on ka hästi valitud. Asume nn kiviplaneetide vöös, meie ümbrus on asteroididest ja muust prahist ilusasti puhtaks pühitud. Siinkohal peame tänulikud olema suure massiga Jupiterile.

Stabiilse aastaegade vaheldumise eest hoolitseb Kuu, kelle gravitatsiooniline mõju hoiab Maa telje enam-vähem kindla nurga all.

Termoregulatsiooniga on asi natuke keerulisem. Ilma atmosfäärita Kuu keskmine temperatuur on -18 Celsiuse kraadi. Kuna Maa pind on heledam kui Kuul, siis oleks temperatuur ilma atmosfäärita siin veel madalam. Seega on atmosfäär ja tema poolt esile kutsutud nn kasvuhuone efekt lausa hädavajalik.

Põhilised gaasid millest meie "soe tekk" kokku pannakse on vesi, süsihappegaas ja metaan. Ükski neist pole lihtsalt antud. Väikene kõrvalekaldumine tasakaalust võib kaasa tuua katastroofilise tulemi. Näiteks, kui elu teeb sellise käigu, et atmosfäärist eemaldatakse suur osa süsihappegaasist, võib maakera külmuda ja muutuda üheks suureks lumepalliks. Seda on mõned korrad ka juhtunud. Maakera ajaloos on olnud aegu, kus suur osa Päikese valgust ja soojust on valgete lume- ja jääväljade tõttu kohe maailmaruumi tagasi peegeldatud ja maapinna keskmine temperatuur on olnud 40 külmakraadi. Ja vastupidi, on olnud aegu, kus õhk on süsihappegaasi nii täis olnud, et maapinna keskmine temperatuur on tõusnud 60 soojakraadi tasemele. Õnneks **on elu sellest eluga pääsenud**, veel enam, selliste vapustuste tulemusel on elu areng kiirenenud.

Suurt rolli pikaajalises termoregulatsioonis mängib kurikuulus süsinik. On ta nafta, söe või põlevkivi koostisainena maa all, on kõik korras. Kaevad välja ja põletad ära – pahandust kui palju. Seda, kui tundlik on meie keskkond süsihappegaasi õhus oleva koguse suhtes, pole siin mõtet rõhutada, seda teavad koolilapsedki, eriti Norras.

Vähem on aga teada süsiniku pikaajalise ringkäigu mehhanism meie koduplaneedil. Nimelt on maa südamik ikka veel radioaktiivne ja väljuv soojus kuumutab ülemisi maa kihte, pannes need liikuma. Energiat jätkub isegi maakoore ja mandrite liigutamiseks. Näiteks eraldub Ameerika manner meist küünekasvu kiirusel.

Meie jaoks on oluline see, et koos suurte kivi, laava, liiva jne masside liigutamise ja liigub ka süsinik. Kord viiakse ta settetüüpide koosseisus nn sukeldustsoonides sügavale maa sisse, siis aga pääseb jälle süsihappegaasina vulkaanipursetega välja. Kokku on süsinikku sügaval maa sees umbes 2000 korda rohkem kui maapinnal ja ookeanides.

Hetkel on inimene süsiniku igavesse ringkäiku oma väikseid kuid suure jõuga korrektsioonide teinud, kuid loodus saab sellega kümnete tuhandete aastate jooksul hakkama, *elu pääseb eluga ka seekord*.

Elu pikaajalist mängu toetav termostaat, mis garanteerib kasvuhoonegaaside stabiilse olemasolu on meil tektoonilise konveierina olemas, aga paar olulise ohu allikat on veel jäänud. Esiteks on need kosmilised kiired, mis võivad Maad kimbutada nii Päikeselt kui ka tähtedevahelist ruumist siia jõudes. Kui meil vajalikku kaitset nende vastu ei oleks, siis sarnaneks meie elu eluga tuumareaktori plahvatuse ümber tekkinud veidra tsooniga. Liiga tugev kiirgusvoog võib terve planeedi täiesti steriilseks muuta.

Ka siin tuleb meile appi maa sees toimuv konvektsioon. See haarab kaasa muu hulgas ka palju rauast koosnevat materjali ja rauavoogude keerised tekitavad Maa magnetvälja. See, kuidas Maa magnetväli ja kosmilised kiired omavahel maad jagavad on hästi näha virmaliste puhul.

Oluliseks ohu allikaks on ka Päikeselt saabuv tugev ultraviolettkiirgus. Kui meid ei kaitseks atmosfääri osoonikiht, oleks kuri karjas.

Kui nüüd eksoplaneetide juurde tagasi tulla, siis selge on see, et kõigi eluks tarvilike tingimuste täidetust me nende puhul otseselt kontrollida ei saa.

Suures plaanis on tänapäevaste vahenditega võimalik vaadelda tähti, millel on mitu erinevat planeeti, sealhulgas osa neist on gaasilised nagu meie Jupiter, teised aga väiksemad ja kivised. Ka on juba vaadeldud kolme-nelja eksokuud. Päril täpset kodusüsteemi koopiit pole veel leitud, küll aga üsna sarnaseid.

Termoregulatsiooni ja kiirguskaitsega seotud otseste vaatlustega on asjad hullemad, siin oleks vaja lisaks biosignatuuridele veel nn geosignatuure ja keerulisematel juhtudel isegi tehnosignatuure. Varem või hiljem need leitakse, aga seni peame piirduma eksoplaneetide arvutimudelite ja laboratooriumites läbiviidavate eksperimentidega.

Elu kandvad planeedid arvutis ja laboratooriumis

Kõige abstraktsemad elu maailmaruumis käsitlevad mudelid on puhtalt matemaatilised. Oluliseks näiteks on rakuautomaatides tekkivate isepaljunevate struktuuride uurimine. Lihtsamaid rakuautomaate saab visualiseerida arvutiekraanil, kus helendavad täpid kustuvad või hakkavad uuesti helendama olenevalt oma ümbrusest. Sellised kunstliku elu mudelid on efektsed, kuid tegeliku elu kirjeldamiseks siiski liiga primitiivsed.

Tunduvalt olulisemat teavet annavad geneetiliste infoprotsesside mudelid. Arvutites pannakse arenema terved kunstlike olendite populatsioonid ja uuritakse siis, kui kiiresti nad arenevad. See võimaldab saada ettekujutust ajalistest mastaapidest, mis on vajalikud ühe või teise eluvormi arenemiseks (vähemalt suurusjärgudena). Kui kasvuhoonegaaside hulk ja muud vajalikud tingimused muutuvad väga aeglaselt, siis jõuab loodus oma evolutsioonilised malekäigkud ära teha. Liiga kiired muutused võivad olla ohtlikud.

Edasi tulevad erinevad füüsikaliste protsesside arvutimudelid. Modelleeritakse tähtede siseehitust ja supernoovade plahvatusi selleks, et teada kui kiiresti ja milliseid aineid erinevates tingimustes sünteesitakse. Juba valmis aine levimine ilmaruumis, planeedisüsteemide teke ja areng, planeetide siseehitus – ka kõige selle jaoks on olemas vajalikud arvutimudelid.

Paberil tehtavatele rehkendustele ja arvutisimulatsioonidele lisaks on astrobioloogidel ka tugev laboratoorne baas. ***Just, elu võimalust eksoplaneetidel uuritakse maapealsetes laboratooriumites!***

Aastal 2017 külastas päikesesüsteemi külaline väljaspoolt – objekt nimega Oumuamua. Seda, et ta väljapoolt tuli, saadi teada tema orbiidi uurimise abil. Aga kui juba sellised suured tükid ringi lendavad, siis ka väiksemad. Ei ole välistatud, näiteks, et Kuu armilises näos on mõni jälg ka päikesesüsteemi-välise objekti tekitatud. Kuna Kuu pind on juba paar miljardit aastat väga rahulik, siis võiks kuutolmu sees leida molekule, mis reedaksid võimalikku kauget elu. Teadlaste kasutuses on seda kuutolmu ja ka suuremaid kive olemas üle 400 kilo! Ja juba viiskümmend aastat (põhjus pidu pidada).

Seda, et aine võib sattuda ühelt planeedilt teisele, on näidanud Marsi päritoluga meteoriidide leidmine (vähemalt 224 leidu, jaanuar 2019 seisuga). Kui Marss saab väga tugevalt pihta asteroidiga, siis lahti löödud killud võivad lõpuks sadada Maale. Samal viisil võib rännata ka päikesesüsteemi-välise päritoluga aine (eksoaine).

Lisaks otseste elu jälgede otsimisele eksoainest on laboratooriumites palju muud teha. Näiteks elu tekkimise uurimiseks püütakse luua kunstlikke ainesegusid, mis sarnanevad ookeani põhjas olevates kuumaveeallikates olevatele. Amiinhappeid on sellistes katsetes suhteliselt lihtne saada, aga suuremate molekulide (valkude) spontaanse tekkimiseni pole veel jõutud. Teoreetiline analüüs ja ka arvutuslikud meetodid näitavad, et põhimõtteliselt võiks elu alata nn autokatalüütilistest tsüklistest, keemilistest segudest, mis energiat tarbides omavad paljunemise võimet.

Väga huvitavat tööd tehakse sünteetilise bioloogia laborites. Nendes lähtutakse tänapäevaste mikroorganismide geeniridadest. Mikroobe geenitehnoloogia abil modifitseerides uuritakse kunstliku elu võimekust hakkama saada eriti rasketes tingimustes.

Samuti kasutatakse füüsikute poolt ehitatud osakeste kiirendeid makromolekulide “pommitamiseks” uurimaks nende eluvõimet hulludes tingimustes.

Astrobioloogilisi eksperimente viiakase läbi ka rahvusvahelises kosmosejaamas. Näiteks Jaapani mooduli Kibō välispinnale kinnitati 2015 aastal Tanpopo (Päevalill)

nimelise missiooni käigus kosmilise tolmu kogujad ja aerogeeli blokid. Kolme aasta jooksul koguti tolmu selleks, et maapealses laboratooriumis uurida võimalikke elu märke. Samuti eksponeeriti maapealseid kuivatatud ja külmutatud mikroobe avakosmose tingimustele. Nende eksperimentide eesmärgiks oli tuntud panspermia idee katseline uurimine - kas lihtsamad eluvormid on võimelised üle elama kosmilisi rännakuid. Tanpopo materjalid on juba maa peal ja toimub laboratoorne uurimine.

Eksogeoloogid kasutavad maailma kõige suuremaid lasereid selleks, et kahe teemanti vahele pressitud aine viia rõhu alla, mis sarnaneb tingimustele maa(planeedi)põues. Nii saadakse andmeid tektooniliste mudelite jaoks. Ehk siis, selleks, et uurida eksoplaneedi kliimat, seal toimivat tektoonilist süsinikukonveierit ja muud säärast, peame teadma, mis toimub planeedi sees. Sinna me kunagi ei jõua, isegi oma Maa sisse me ei pääse, aga teada ju tahame!

Ka väga laialdased võimaliku elu otsingud Marsi pinnal on eksoplaneetide kontekstis olulised. Kui sealt leitaks (varasema) elu märke, siis eksouuringute entusiasm kasvaks veelgi. Süües kasvab isu!

Kui leitakse?

Arvesse võttes kaugel elu otsimise mastaapsust ja sellele pühendatud vahendite hulka, siis varem või hiljem hakkame me lugema sensatsioonilisi uudiseid – seal või teisel leiti elule viitavaid tunnuseid. Kui hakkame asja lähemalt uurima, saame teada, et praktiliselt alati lisavad tõsiselt võetavad uurijad tulemustele mingi ettevaatlikkusele kutsuva klausli – nagu näiteks “leidsime küll, aga on 10% võimalus, et tegemist on valehäirega”. Absoluutse tõsikindluseni ei jõua me enne, kui oleme kohal käinud. Aga valdava osa eksoplaneetide jaoks on kohal käimine välistatud.

Täiesti selge on see, et päikesesüsteemivälise elu avastamine ei muuda meie igapäevases praktilises elus midagi. Grammigi võid ei lisandu meie võileibadele ega ükski auto ei sõida selle tõttu kiiremini.

Miks siis tegeleda päikesesüsteemi välise astrobioloogiaga, kui on ette teada, et uurimiste lõpptulemused on ebakindlad ja praktiliselt kasutud?

Lisaks kõigile filosoofilistele, religioossetele ja pedagoogilistele argumentidele **kaugel elu uuriva elukauge teaduse** toetuseks võiks tuua veel kolm.

Esiteks, astrobioloogia on teisi teadusharusid ühendav, sünteetiline teadus. Praktiliselt iga astrofüüsika, bioloogia, geofüüsika ja elukeemia uurimise tulemus omab otsest või kaudset väljundit astrobioloogia kontekstis. Naljaga pooleks võiks isegi soovitada, et astrobioloogiast tuleks teha põhiline loodusteaduslik aine üldhariduskoolides. Sellest piisaks. Füüsika, keemia, geoloogia ja bioloogia põhitõed saaksid siis selgeks õpilastele tunduvalt põnevamate probleemide lahendamisel.

Teiseks, insenerid ütleks, et astrobioloogilised signaalid on ääretult nõrgad. Nende mõtmiseks, töötlemiseks ja analüüsiks vajatakse tehnoloogilist võimekust, mis ületab kordades lennukite või autode tootmiseks vajaliku taseme. Meist kümnete triljonite kilomeetrite kaugusel asuvate planeedisüsteemide ematähtede pinnavõngete kiirusi uuritakse täpsusega paar sentimeetrit sekundis. Kuult toodud kivimite või Marsilt

pärit meteoride keemiat ja võimalikke biosignatuure uuritakse vaata et üksikute molekulide kaupa. Jne,jne. Varem või hiljem, ühel või teisel moel, jõuavad astrobioloogia kontekstis välja töötatud meetodid igapäevaellu ja tavatehnikasse.

Ja lõpuks, päiksesüsteemivälise elu otsimise programm on väga kallis ja nõuab erinevate teadmiste ja kogemuste suuremahulist kombineerimist. Rahvusvaheline koostöö on siin absoluutselt vältimatu. Ja selle nentimine tuletab pratamatult meelde külma sõja aja poliitiku, USA esindaja ÜRO-s, Adlai Stevenson II -se toredad, kosmoseajastu koidikul öeldud, sõnad: „Maailmaruumi majesteetlikkuse ees ei saa me enam kunagi olla omavahel kaklevate natsioonide kari.“ (We can never again be a squabbling band of nations before awful majesty of outer space). ***Otsides kauget elu õpime ehk arukamalt elama siin ja praegu.***

Ja inglased ka. Billil on ju lapselapsed. Kuidas sa muidu õpid otsima, uurima ja leidma, kui sa ei alusta põõsaste alla peidetud partidest?