

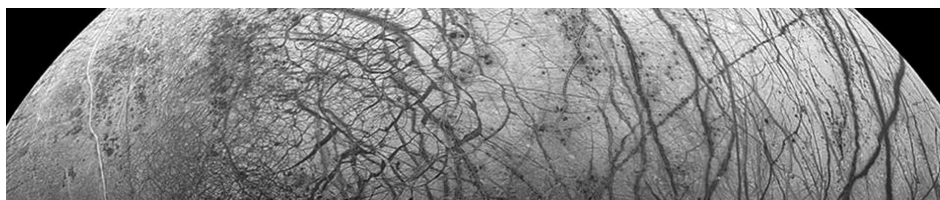
ДА ЛИ СЕ РАЂА НОВА ЕВРОПА?

ВЛАДО МИЛИЋЕВИЋ^{1,2}

¹*3VM Geo Ltd., Calgary*

²*Kokoro Energy Ltd., Calgary*

E-mail: vladomilicevic@shaw.ca



Резиме: У раду су представљени претходни резултати и анализе са досадашњих Јупитерових мисија, које су као ехо имале одраза на један од Галилејевих сателита – Европу. Делимично су приказане орбиталне и физичке карактеристике Европе, геолошке и тектонске особености, а дата је и перспектива развоја живог света испод леденог површинског покрива са освртом на слање нових космичких летелица према Јупитеровом месецу са циљевима тих мисија.

Кључне речи: Јупитеров сателит Европа, орбиталне и физичке карактеристике Европе, геологија и тектоника, могућ живот на сателиту, "нова Европа", космичке мисије *Војаџер 1 и 2*, *Галилео* и Јупитерова орбитална сонда *Џуно*, мисије ЕСА *ЏУС* и НАСА *Европа Клипер*.

1. УВОД

На удаљењу од око $778 \cdot 10^6$ km или на приближно 5,2 AU од Сунца налази се Јупитеров трабант Европа, један од четири позната Галилејева сателита [откривен 1610. године од стране италијанског астронома и физичара Галилео Галилеја (1564-1642), Blue, 2009]. Све до скоро Европа је претежно била само на листи Јупитерових пратилаца и скоро ништа више од тога – док орбитална летелица Галилео (у периоду између 1995. и 2003. године) није послала снимке овог сателита којима је индицирано постојање једног великог океана (Европиног "Панталаса" или свеокеана) испод његове залеђене и вероватно глатке површине (Слика 1).⁶⁹ Овим открићем потпуно ново светло бачено је не само

⁶⁹ Уколико би се ово показало тачним, тада би на Европи постојала количина воде која би вишеструко премашивала постојећу на Земљи (NASA, 2014).

на ово сазнавање о дубинским карактеристикама Јупитеровог месеца, већ је то аутоматски изазвало поређење са Земљиним условима постојања живота и чак допринело смелим идејама да је у читавом Сунчевом систему овај сателит најпотенцијални небески објекат за успешан развој живог света!



Слика 1. Јупитер (у средини, карикирано) и четири Галилејева сателита са својим путањама и приказом трајекторије Галилејеве летилице (ПГЛ) у осмогодишњем периоду рада од 1995. до 2003. године. У позадини слике налазе се бројне пукотине које су снимљене испод залеђене површине Европе. Јупитеров сателит детаљније је упознат тек по пријему првих снимака са летелица Војаџер 1 и 2 касних седамдесетих година XX века.

Човекова непресушна потреба за доказивањем да није "усамљена јединка" у овом делу васионског простора тиме се попела на још виши ниво космичке лествице, а као доказ томе могу да послуже две мисије:

- ✧ прва је већ остварена слањем летелице *ESA's JUICE* (European Space Agency - Jupiter Icy Moons Explorer или у преводу "Истраживач Јупитерових Залеђених Сателита"), која је полетела у априлу 2023. године са базичним задатком да истражи постојање органских молекула у тим срединама и, још важније, утврди да ли ти органски молекули могу да подрже процесе настанка живота;
- ✧ друга мисија је *НАСА Европа Клипер* (*NASA's Europa Clipper* или у слободнијем преводу "Европа Колекционар"), која је полетела 14. октобра 2024. године, доспеће у орбиту Европе 2030. године да би, по пројекту истраживања, 12 пута облетела око сателита са циљем да се потврде или оповргну Хаблове опсервације о "лутајућим гејзирима" или местима за која се сматра да имају повишену температуру испод залеђене шкољчане коре као могућег извора за настанак живота.

Да ли је овим успостављен празаметак нове Европе? Има ли у овим мисијама више претензионизма него реалних основа или је у питању лукаво "пребацивање лоптице" на друге светове? Под овим се подвлачи више него очигледна чињеница да су све идеје и настојања да се докаже постојање живота или макар воде на Марсу у његовој прошлости "склопљена књига"⁷⁰, да не кажемо грубље, пропала вишегодишња NASA потрага, тј. бескорисно потрошене енормне милијардерске инвестиције.

2. ОРБИТАЛНИ И ФИЗИЧКИ ПАРАМЕТРИ ЕВРОПЕ

Уколико занемаримо астрономске опсервације из ранијег периода и оне из XIX и раног дела XX века и подведемо их под категорију историјске, прве значајније информације о Европи потичу из седамдесетих година XX века када су летелице *Pioneer 10* и *Pioneer 11*, а затим *Voyager 1* (Војаџер 1 или Путник 1) и *Voyager 2* ушле у Јупитерову орбиту и послале ране снимке и корисне податке о међусобном гравитационом утицају сателита ове џин-планете. Ипак, највеће откриће, везано за Европу, било је постојање издужених тамнијих трака (претежно браон и тамно браон боје) испод залеђене површине, што је сугерисало локалне и регионалне пукотине, процепе или прекиде (некомпактности) унутар моћне ледене масе. Уједно, били су то основни геолошки подаци о Европи, као и поуздани наговештаји да ће се о њеној геологији морати да размишља на специфичан начин (слободније би могло да се каже о ефектима "тектонике леда" као пандан тектоници плоча на Земљи).

После више десетина година изучавања стања на Европи, преовладава мишљење да је ледени слој старости између $40 \cdot 10^6$ и $90 \cdot 10^6$ година. Овај апсолутистичко широки временски дијапазон може много и ништа да значи, јер:

много представља следеће:

- * како се дебљина леда процењује да износи између 16 km и 25 km, то указује да се за око $50 \cdot 10^6$ година стварао брзином од 1 m на 2.000 до 3.000 година или 1 mm на 2 – 3 године. Преведено у земаљске и релативне временске оквири, настајао је између горњег дела креде и еоцена, чиме је "меморисан" велики преокрет на Земљи између мезозоица и кенозоица (креда – терцијар импакт) пре око $65 \cdot 10^6$ година. Ипак, значајније од тога је да је ледена шкољчана кора (прекривка) релативно мале дебљине, уколико се посматра у односу на дужину временског периода заглечеравања сателита. У случају Европе не можемо ни по једном основу да говоримо о принципима Миланковићевих циклуса осунчавања, јер не само да су процеси стварања ледених наслага врло спори, већ су и елементи небеске механике потпуно другачији од Земљиног, нагиб осе ротације Европе само је $0,1^\circ$ (Bruce, 2005), ексцентрицитет 0,009 (NASA, 2014), а за циклус претесије, на бази вертикалне осе, претпоставља се

70 У ранијим фазама истраживања предмет потраге био је хематит, гвожђев минерал и оксид (Fe_2O_3) чији је настанак у тесној вези са постојањем воде, а када то није успело, тежиште проучавања се померило ка седиментолошким доказима и утврђивањем кањонских структура и стратиграфских профила као поузданим траговима постојања мора и океана током Марсове прошлости.

да износи нешто више од неколико месеци. Са дужином дана од око 3,5 Земљина, високим вредностима албеда (од 65-70%) и истом страним сателита окренутом ка Јупитеру, климатске промене не могу бити драстичне, тако да је ово стање "релативне" стабилности или дуготрајно заглечеравање разумљиво;

ништа представља следеће:

- * ово гигантско "клизалиште" у Сунчевом систему може да опстане у садашњем стању можда и наредних $50 \cdot 10^6$ година, а потенцијални услови за живот да се развијају на великим дубинама (чак и већим од 50 km) и да читав систем задржи исти карактер као што га данас доказује откриће микроба на дубини од око 3 km у антарктичком језеру Восток 1 (Oswald & Robin, 1973; Kapitsa et al., 1996; Bulat et al., 2004; Zotikov, 2006). Са оваквим сценаријем све будуће мисије на Јупитеров сателит Европа биће само у функцији доказивања већ претпостављеног стања без обзира да ли се хипотетички океан Европиног "Панталаса" налазио под ледом у течном, чврстом или, извесно, загрејаном стању.

3. ГЕОЛОГИЈА И ТЕКТНИКА ЕВРОПЕ

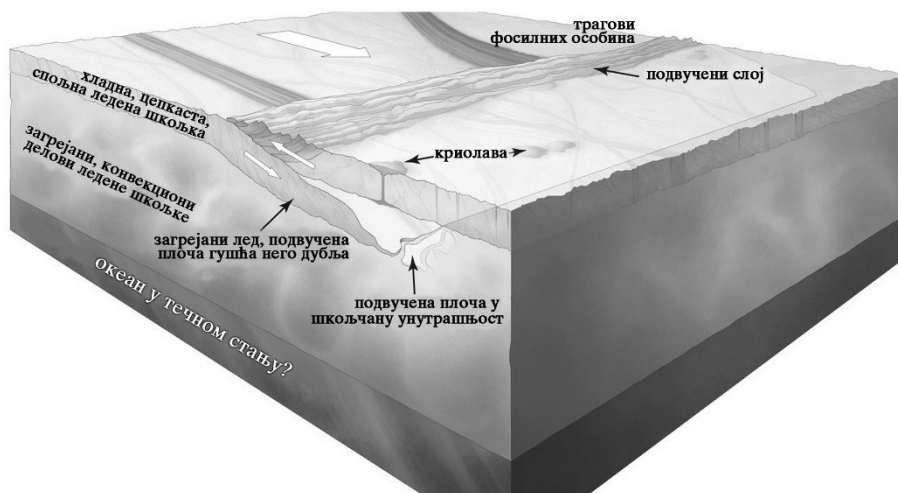
Досадашња сазнања о геологији и тектоници Европе на врло еклатантан начин потенцирају круцијално питање: "да ли је баш све тако како се интерпретира?" Оправдано се стиче утисак да су анализе снимака, посебно са космичких летелица Галилео (Geissler et al., 1998; Fuguredo & Greeley, 2000; Dombard & McKinnon, 2006) и НАСА Јупитерове орбиталне сонде *Јупо* (Јупо је ушла у Јупитерову поларну орбиту 2016. године са планом да се задржи до 2025.), нарочито њихово представљање, у великој мери бременито знањем које је стечено у току досадашњих проучавања Земљине унутрашње грађе (Clark et al., 1998; Greeley et al., 1998; Greeley et al., 2000). Наиме, испод залеђене коре сателита и подповршинског (и даље хипотетичког) океана за који се не зна да ли је његова вода у чврстом или течном стању, претпоставља се вулканско океанско дно и силикатни слој као покров језгра сателита (Слика 2). Силикатни слој и језгро сателита само су "копија" Земљине унутрашње грађе, посебно навођење да је средиште Јупитеровог пратиоца сачињено из тешких метала као што су гвожђе и никл (Greeley et al., 2004; Edwards, 2020).

Већина података у вези геологије Јупитеровог сателита Европа може да се подведе под категорију предикције или недовољно расположивих информација, јер су готово сви модели Европе базирани на сиромашним улазним дубинским подацима и анализама (Finnerty et al., 1981). Изузетак су помињани "лутајући гејзири", који имају смисао, јер су више пута опажани Хабловим телескопима, па следи логична могућност да је Европа тектонски врло активан сателит (Greenberg, 2004), са једне стране, а са друге, вероватно да се у бази подповршинског океана налазе загрејане вулканске стене. Уколико нам је дозвољена компарација са условима на Земљи, тада би геолошка ситуација са Исланда или Курилских острва могла да послужи као добра основа за овакву поставку (Allen et al., 1999; Neal et al., 2008; Rickers et al., 2013; Djordjevic & Georgen, 2016).



Слика 2. Претпостављена унутрашња грађа сателита Европе за коју би могло да се закључи да је двоструког карактера: (а) реалани приказ са залеђеном површинском кором, подповршинским океаном и вулканским дном океана и (б) предикционом представом са силикатним слојем и језгром унутар сателита.

Тектонска интерпретација стања на сателиту Европа полази од тектонике плоча на Земљи и скоро све представе механички преноси на сличне принципе, само би другачије могло да се назове "тектоника леда" (Helfenstein & Parmentier, 1980 & 1985; Billings & Kattenhorn, 2005; Aydin, 2006). Бојажљиво, делимично, па ипак препознатљиво коришћени су елементи субдукције, конвекције, циклоидних одлика (Норра et al., 1999), океанске коре, претпостављено је постојање вулканских стена у подлози океана (Crawford & Stevenson, 1988; Greenberg et al., 1998; Greenberg et al., 2002; Groenleer & Kattenhorn, 2008), а самим тим и унутрашње топлоте услед вулканске или тектонске активности да би се поставила хипотеза о постојању "загрејаног океана" (Han & Showman, 2005 & 2008; Dyches et al., 2014). Уколико би то заиста тако и било, лед са површине сателита делимично би се топио, тонуо у загрејани део океана или се "субдуковао", вероватно би у том случају постојали и хидротермални вентили (McDonald, 1982), коначно повољни услови за развој живота, односно двосмерна комуникација са површине до дна океана и обрнуто (Слика 3). Велика и још нерешена питања, међутим, гласе: (а) "да ли је океан на Европи у чврстом (залеђеном) или течном (животно дародавном) стању" (Cassen et al., 1979; Gaidos & Nimmo, 2000) и (б) "где се смешта (одлаже) материјал који доспева одоздо на површину сателита" (Buck, 1991; Lee et al., 2005; Kattenhorn & Marshall, 2006)?



Слика 3. Могући модел површинских делова сателита Европе у светлу квази тектонике плоча и претпостављени односи хладних и загрејаних делова шкољчане коре. Двосмерним стрелицама (белим) назначени су делови колизије хладног и загрејаног леда као могуће зоне "субдукције".

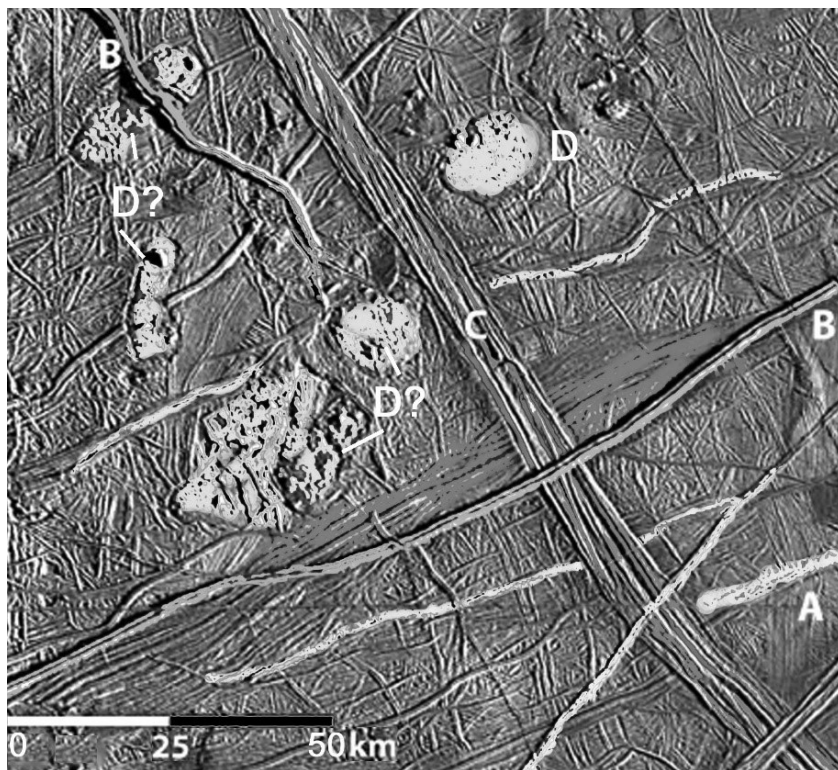
Ипак, да би се попунила "база података" о тектоници плоча Европе неопходно је потребно да буду испуњени бројни услови, а као примарни постоје следећи: колизије континенталних кора (стварање високих планинских система), дефинисање граница и активности плоча (могуће вулканске ерупције, сеизмичке зоне, субдукциони појасеви итд.), динамика плоча, ширење морског дна (тракасте магнетне аномалије), стварање океанских гребена и много тога још (McEwen, 1986; McKinnon, 1999; Collins et al., 2009). Према томе, бројни одговори и даље изостају из домена теорије тектонике плоча са Земље, па су и оправдана следећа очекивања:

- ✓ неопходно је прикупљање нових детаљнијих података (реанализе и реинтерпретације досадашњих) и стрпљиво очекивање снимака са најновијих космичких мисија и
- ✓ обнова и дубља проучавања стања ледених слојева са Антарктика и Гренланда како би се корелативним методама (можда и директно?) дошло до квалитетнијих сазнања о дубинској компоненти сателита Европа.

До сада је на сателиту Европа издвојено више различитих тектонских облика који говоре о релативно израженој активности, посебно у последњих $50 \cdot 10^6$ година. Ти тектонски облици су следећи: (а) **трогови (ровови)** "V" облика (Kattenhorn & Marshall, 2006), изоловани линеарни и закривљено-линеарни; (б) **нормални раседи** и мање фрактуре (Nimmo & Schenk, 2006); (в) **гребени** (Слика 4), од несигурних трагова до врло комплексних облика са плимским укљештењем, линеарним вулканизмом, интрузивима у облику дајкова (жица), компресионим особинама, са ореолима загревања, линеарним дијапиризмама (издизањима), запреминским деформацијама итд. (Sullivan et al., 1999; Figueredo

& Greeley, 2000; Patterson et al., 2006; Bader & Kattenhorn, 2007); (г) **слојеви** са различитим светлим бојама и малим албедом или потпуно бели, без албеда (Prockter et al., 2002; Patterson & Head, 2003; Kattenhorn, 2004) и (д) **набирања**, типични представници нађени су у регионима *Астипала Линеа* (Astypalaea Linea), *Либија Линеа* (Libya Linea) и *Мананан регији* (Manannán region), где је, на основу њихових индикација, покушано да се одреде карактери и дебљине Европине литосфере у времену деформација, као и природа стреса при стварању тих облика (Tufts et al., 1999; Prockter & Pappalardo, 2000; Greenberg et al., 2002; Sarid et al., 2002 & 2005).

Овом приликом само наводимо постојање кратера на површини Европе (неки их називају *хаосом*) са напоменом да ће њихови облици и димензије тек бити предмет детаљнијих проучавања.



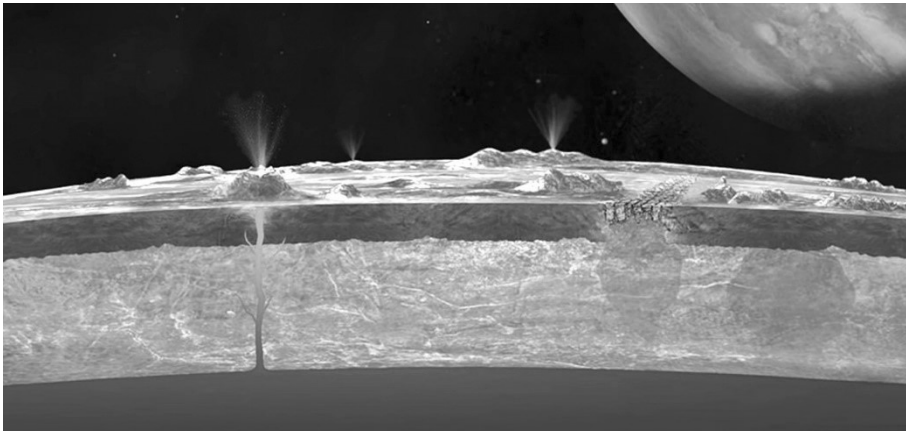
Слика 4. Различити типови гребена откривени на сателиту Европе: (А) трог са најпростијим обликом гребена или без њега (жуто); (В) двоструко развијени гребени (плаво); (С) комплексно развијени гребени (црвено) и (D и D?) кратер или могући кратери.

4. "ЖИВИ СВЕТ" ЕВРОПЕ

Могло би се оправдано закључити да већина космичких мисија у данашње време претежно имају један заједнички циљ, па се логички чини као да се човек од свог настанка на Земљи све до данашњих дана разболео од страшне ксеноф-

обије (Dole, 1964; Sagan, 1996). Само да нисмо сами и све да није празнина око нас – мото је који важи од првих одлазака са Земље на друге светове (Lewis, 1971) и то ће се наставити даље све док се једног срећног дана не обелодани сазнање да су откривени најпримитивнији животи или бар пронађу трагови њиховог некадашњег постојања (Kolokolova & Steklov, 1981; Reynolds et al., 1983; Shylaja, 1997). Човек упорно тежи једном стању: жели себи да постане највећи утешитељ да није усамљен у Сунчевом систему, као и да му није довољно што се на сопственој планети често понаша као највећи копнени сисар у стакленику, биће крајње трапавих максима.

У том погледу сателит Европа није ни изнимка ни хиперестезија. И поред чињенице да је на Јупитеровом месецу површинска температура око -150°C , поларна чак око -200°C , према томе, апсолутно животу недародавно, ипак се људски оптимизам тиме није ни утешио ни угасио, с обзиром на већ поменуте могућности постојања енормно велике количине воде (океана) и повишених температура (Schenk & McKinnon, 1989) које би могле да доспевају из унутрашњости (криовулкана) на површину и на тај начин "загревају" ледене наслаге, стварајући повољне услове за настанак и развој живота (Слика 5). Очекивања о постојању живота или двосмерне пропагације унутар Европе у тој су мери оптимистична да не само да превазилазе све неизвесности будућих космичких мисија, већ се унапред "граде" разноразна сценарија (перспективе) како свет на Земљи не би био затечен будућим оригиналним научним и техничким изненађењима у "суноврату" хомоцентризма (Edwards, 2020).



Слика 5. Претпостављени вулкански вентили (пробоји и гејзири) на Европи помоћу којих би се загревали приповршински делови и омогућавали развој живота на Јупитеровом сателиту.

За сада преовладавају три, рекло би се, оправдана предуслова о постојању живота у било ком делу света, а она су следећа:

- ⊗ вода у течном стању;
- ⊗ постојање (одржање) одговарајућих хемијских, посебно биогенетских елемената и
- ⊗ дејство Сунчеве, плимске или неког другог облика енергије.

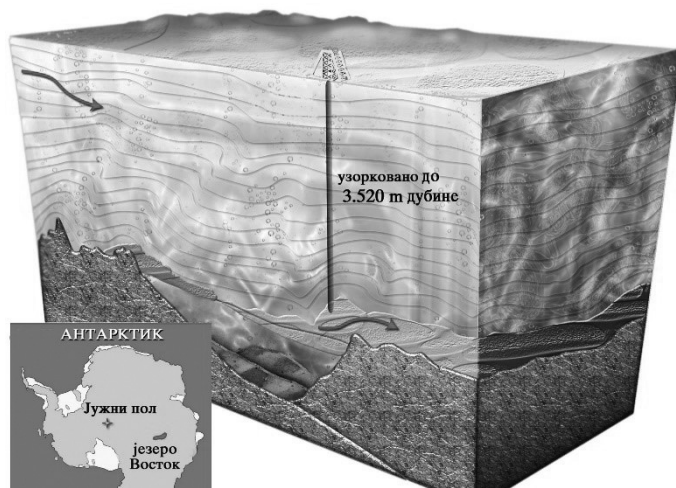
Прва два услова на Европи постоје (бар је засад преовлађујуће мишљење), океански слој је дебео од око 5 km до 100 km, унутрашњи стенски садржај сличан као на Земљи (?), док је трећи услов (Сунчева енергија) у великој мери непознаница, алbedo је између 65-70% (Buratti & Veverka, 1983), што Европу чини изразито сјајним небеским телом са можда највећом рефлексијом у Сунчевом систему. Ипак, на великим океанским дубинама или испод ледених наслага на Земљи откривени су "екстремофилни" животи: (а) цевасте облици захваљујући вулканској активности и емисији топлоте навише и (б) микроби у антарктичком језеру Восток на дубинама од преко 3 km (Слика 6) и то улива научни оптимизам да је нешто слично могуће и на Европи (Oswald & Robin, 1973; Kapitsa et al., 1996; Bulat et al., 2004; Zotikov, 2006; Alekhina et al., 2017; Livingstone et al., 2022; Bulat et al., 2011).⁷¹

Постоји још нешто на шта треба скренути посебну пажњу, а то је магнетно поље Европе и њене бројне пукотине (скоро кањони) на површини тела (Sullivan et al., 1998; Schulson, 2002; Spaun et al., 2003).

Галилео мисија је показала да Јупитерово магнетно поље на изванредан начин нарушава стање око Европе. Мерењем је доказано да се тиме индукује специфичан облик магнетног поља чије је порекло из дубоких зона. За сада је прихватљиво да је тај магнетни утицај потекао из моћног сланог океана, премда стоји чињеница да су познати подаци о језгру сателита сачињеном од гвожђа. Да ли у овом случају можемо да говоримо о јединственом "двоструком" магнетном пољу или чак "троструком" са пореклом из: (а) језгра сателита, (б) широког сланог океана и (в) интерактивног магнетног поља Јупитера и Европе? Према томе, да ли се у оваквим случајевима изнад Европе јављају константне манифестације ауре еврoпеис⁷² и да ли Сунчев ветар има изразито ослабљен утицај на Европину магнетосферу?

71 Антарктичко језеро Восток садржи посебно занимљиву и драматичну причу, која је по свом садржају не само изједначена са великим географским открићима из времена освајања Новог Света или поларним експедицијама током XIX и раних година XX века, већ је у читавом низу појединачних аспеката у тој мери јединствена да се с пуним правом сврстава у још незавршену аргонаутску епопеју. У њене поре, између осталих, сврстава се и успешно светско интелектуално генерацијско наслеђе руске породице Капица. Потомак славног физичара и Нобеловца Пјотра Леонидовича Капице (Пётр Леонидович Капица, 1894-1984), Андреј Петровић Капица (Андрей Петрович Капица, 1931-2011), педесетих година XX века, први је поставио хипотезу о постојању језера Восток испод залеђених наслага Антарктика, што је каснијим детаљним истраживањима и потврђено. Његов рођени брат био је физичар, демограф и популаризатор науке – Сергеј Петровић Капица (Сергей Петрович Капица, 1928-2012), док им је деда по мајчиној линији био Алексеј Николајевич Крилов (Алексей Николаевич Крылов, 1863-1945), познати морнарички инжењер, математичар и иноватор у подводној техници. Наследници Сергеја Петровића Капице, такође, су високо рангирани стручњаци у областима филологије, психологије и медицинских наука, док Андреј није имао потомке. Антарктичко језеро Восток остало је његово најрођеније чедо за сва времена.

72 Термин *аура еврoпеис* искоришћен је као пандан познатим аурама на Земљи: *бореалис* (за северну хемисферу) и *аустралис* (за јужну).



Слика 6. Географски положај језера Восток на Антарктику (доле лево) и блок-дијаграм ледених наслага са бушотином којом су се узорковала језгра до дубине од 3.520 m. У горњим деловима језера, које је у течном стању, нађени су микроби или докази постојања живота у екстремних условима, што је истраживачима овог континента послужило за размишљања о сличној ситуацији на залеђеним сателитима, посебно Европи.

Бројно снимљене пукотине на Европи могу имати плимско порекло (Tobie et al., 2005). Многи научници верују да се Европа, крећући се по својој орбити, приближава Јупитеру, а то изазива снажнију плиму на њој, тј. океану испод леда, што проузрокује пуцање на површини сателита (Sotin et al., 2002). Ово логично објашњење и одржање комуникације по вертикалној равни у оба смера може битно да утиче на стварање и одржање живота на Европи.

За сада преовладава мишљење да се, уколико живот и постоји у океану Европе, могу очекивати само најпримитивнији облици, микроби, можда бактерије или најпростији једноћелијски организми и да су у том погледу испуњена сва наша очекивања (Chyba & Phillips, 2001).

5. РАЂА ЛИ СЕ НОВА ЕВРОПА?

Према свему до сада представљеном у вези сателита Европа, као логичан наставак досадашњих сазнања, намеће се једно неумитно и изазовно питање: рађа ли се нова Европа?

Поред Ганимеда и Калиста, Сатурнових сателита Титана и Енцелада и Нептуновог Тритона, Европа, такође, садржи велике количине воде (чак 10 пута више него што је на Земљи!), па је потенцијално интересантна по питању трансфера ове сировине у случају загађења или било ког облика водне кризе на матичној планети.

Већ смо раније навели да су, поред воде, за развој живог света неопходно потребни и други повољни услови, а један од њих је одржање енергије (Hand et al., 2007; Weber et al., 2022). Сунчева је ипак недовољна на Европи (само до Јупитера светлост путује око 45 min и то није једини "недостатак");

плимска енергија се одржава захваљујући синхроној ротацији сателита (орбиталној резонанци), па су зато оправдана очекивања да би додатни облици унутрашње енергије требало да постоје за испуњење позитивних очекивања (радиоактивно распадање, активан вулканизам, *евротермална* енергија⁷³ итд.).

Моделовани процеси плимског загревања, рецимо, показали су да се у силикатном мантилу, као и код хидротермалних система, успешно одржавају метаногенски или сулфатно-редукциони организми, захваљујући томе што користе растворене атоме водоника из серпентинизације као енергетског извора (Zolotov & Shock, 2001).⁷⁴

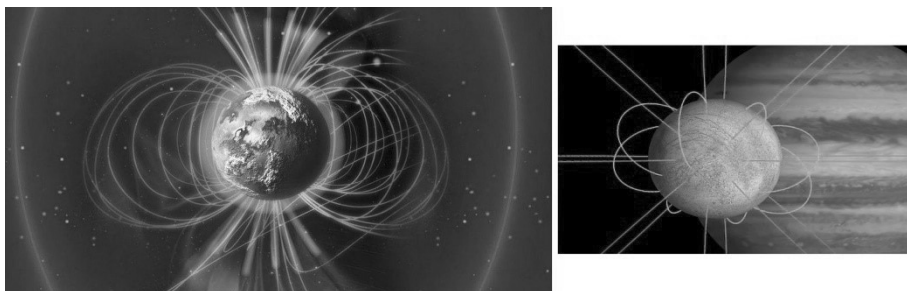
Многи научници и истраживачи Европе претпостављају да је интеракција између чврстих стенских маса овог сателита (подлоге океана) и фантастично дубоког незалеђеног воденог басена (око 100 km дубине!) круцијална за хемијске и биохемијске реакције и развој живота. Исто тако, кроз абисалне хидротермалне вентиле могу да избијају гасови ка површини, па, према томе, и повишене температуре из субмаринског вулканизма, што би додатно поспешивало настанак живота (Carlson et al., 1999; Hesse et al., 2022).

У времену када је овај рад писан, читав низ претпоставки, непознаница и несигурних детерминација садржано је у досадашњем познавању Европе (примери су, рецимо, физичке карактеристике океана, Nimmo et al., 2004; Billings & Kattenhorn, 2005; Thompson et al., 2021), те је сиромаштво упоришних и поузданих података несразмерно велико у односу на информације из досадашњих космичких мисија, лабораторијских модела, еластичне топографије или флексури гребена. То, ипак, не значи да се неће прибећи извесним облицима апроксимација и дедукције, па се, нпр., за велики океан износи да је киселости око 4-6 (Tan et al., 2021, Melwani Daswani et al., 2021), под притиском од 110-260 MPa (Vance et al., 2007 & 2016), док му се дубина процењује између 5 km и 100 km! Уколико само за пример узмемо астробиологију Европе (или њене шире оквире), лако ћемо запазити са колико бременитости и муко-трпности она функционише или са колико се земаљских случајева поштапа да би се указало на нека прихватљива решења. Зато са пуно оправдања и постављамо следеће питање: да ли су примери са Земље адекватни за Европу? Или: да ли процеси настанка живота имају униформни карактер у читавом Сунчевом систему?

Ако за пример узмемо магнетно поље Земље и оно за које се мисли да је важеће за Европу, наћићемо велику и неочекивану разлику, потпуно другачије дејство, карактер, одржање током времена, структуру итд., али са истим коначним ефектом – очувањем потенцијалног живота од Сунчевог ветра и његовог штетног дејства (Слика 7). Па ипак, ни то не може бити коначно сазнање, провере тек предстоје, а изненадни обрти су нешто што се у науци назива "најнормалнији догађај".

73 Израз *евротермална енергија* = *геотермална* енергија на Земљи, а примењен је као одговор на астрономска посматрања Европе и констатације о гигантским гејзирским ерупцијама на њој.

74 Серпентинизација је хидротермални процес у коме се магнезијумом богати силикатни минерали претварају или замењују серпентинитским минералима. Најпознатији серпентинитски минерали су антигорит, лизардит и хризотил.



Слика 7. Компаративна представа магнетног поља Земље (лево) и могућег магнетног поља сателита Европе са додатним утицајем магнетног поља Јупитера.

Две будуће космичке мисије, *Европа Клипер* и *Еса Џус* (ESA's JUICE) тек треба да употпуне настојања да се још боље упозна овај изазовни Јупитеров сателит. Уколико све буде по предвиђеном плану, Европа Клипер ће 2030. године стићи до Јупитера, али и проћи на само 26 km изнад површине Европе.⁷⁵ Можемо да замислимо са колико ће нових и значајнијих информација да се располаже по пријему детаљних снимака са тог дела Сунчевог система.

Са друге стране, *Еса Џус* ће до Јупитера стићи 2032. године, методично снимити и истражити Ганимед, Калисто и Европу, а посебно трагати за доказима постојања сланог течног европског океана испод залеђене површине са циљем да се потврде или оповргну предвиђања о постојању живота на овом сателиту (Vilella et al., 2020; Tacconi et al., 2021).

Ипак, без обзира на све изнето и под условом да обе космичке мисије не доживе нешто непредвиђено (катастрофално), већ сада можемо са великом храброшћу и поузданошћу да кажемо: "да, рађа се нова Европа!"

6. ЗАКЉУЧЦИ

Јупитеров сателит Европа свакако има перспективу у погледу развоја живог света, али и као потенцијални резервоар водене масе. На основу досадашњих снимака из космичких летелица и на бази и даље ограничених сазнања, ипак се може закључити да је то вредан небески објекат који ће још дуго времена изазивати пажњу истраживача. Будуће космичке мисије *Европа Клипер* и *Еса Џус* детаљно ће трагати за одговорима на слична најважнија питања.

У времену ишчекивања нових снимака и резултата са Европе, постављају се најразличитије интерпретације и спекулације у вези овог Јупитеровог сателита, нарочито у домену астробиологије. Настанак живота, као једна од најинтригантнијих научних тема данашњице, још дуго ће представљати проблем, који не само да неће моћи да реши монодисциплина (ма колико буде усресређена на то), већ ће неизоставно отворати њена најразличита поглавља у најразноврснијим условима опстанка. Неизоставно је да ће се овај "планетарни" или "космички

⁷⁵ Џуно је прелетео изнад Европе на висини од 352 km, према томе, ово значи да ће Европа Клипер послати неупоредиво корисније и детаљније снимке (13,5 пута ближе ће бити Европи), па може доћи до неочекиваних, чак спектакуларних открића и одговарајућих резултата.

дарвинизам" запутити оригиналним стазама и да ће се појам *настанка живота* трансформисати у нови научни преокрет, можда чак и револуционарно светско откриће широког међупланетарног значаја.

Оправдано је питање: да ли Европа све то нуди? Ако одговор буде позитиван, онда ће значити да свет није у зависности од укореењених и шаблонизованих схватања, већ је нешто што се мора назвати *јединственом инхеренцијом* или *акцидентијом према супсанији*. Ни теорија хаоса није нужна трансформација аморфности – то је законитост ка фазном уређењу система.

ЛИТЕРАТУРА

- Alekhina I., Ekaykin A., Moskvina A., Lipenkov V.: 2017, Chemical characteristics of the ice cores obtained after the first unsealing of subglacial Lake Vostok, *Geol. Soc. London, Spec. Publ.* **461**, 187-196, doi:10.1144/SP461.3. S2CID 219193990.
- Allen R.M., Nolet G., Morgan W.J., Vogfjörd K., Bergsson B.H., Erlendsson P., Foulger G.R., Jakobsdóttir S., Julian B.R., Pritchard M., Ragnarsson S., Stefánsson R.: 1999, The thin hot plume beneath Iceland, *Geoph. J. Inter.*, **137**, 51-63.
- Aydin A.: 2006, Failure modes of the lineaments on Jupiter's moon, Europa: Implications for the evolution of its icy crust, *J. Struc. Geol.*, **28**, 2222-2236.
- Bader C., Kattenhorn S. A.: 2007, Formation of ridge-type strike-slip faults on Europa (abs.), *Eos Trans. AGU*, **88(52)** (Fall Meet. Suppl.), P53B-1243.
- Billings S. E., Kattenhorn S.A.: 2005, The great thickness debate: Ice shell thickness models for Europa and comparisons with estimates based on flexure at ridges, *Icarus*, **177**, 397-412.
- Blue J.: 2009, Planet and Satellite Names and Discoverers, USGS, The IAU Minor Planet Center, original on 25 August 2009.
- Bruce B.: 2005, Free and forced obliquities of the Galilean satellites of Jupiter, *Icarus*, **175(1)**, 233-247, doi:10.106/j.icarus.2004.10.028.
- Buck W. R.: 1991, Modes of continental lithospheric extension, *J. Geophys. Res.*, **96**, 20 161-20 178.
- Bulat S. A., Alekhina I., Blot M., Petit J.-R., de Angelis M., Wagenbach D., Lipenkov V. Y., Vasilyeva L., Wioch D. M., Raynand D., Lukin V. V.: 2004, DNA signature of thermophilic bacteria from the aged accretion ice of Lake Vostok, Antarctica: implications for searching for life in extreme icy environments, *Inter. J. Astrobiology*, **3(1)**, 1-12, doi:10.1017/S1473550404001879.
- Bulat S.A., Alekhina I.A., Marieb D., Martinsd J, Petit J.R.: 2011, Searching for life in extreme environments relevant to Jovian's Europa: Lessons from subglacial ice studies at Lake Vostok (East Antarctica), *Advances in Space Res.* **48**, 697-701, ScienceDirect, available online at www.sciencedirect.com.
- Buratti B., Veverka J.: 1983, Voyager Photometry of Europa, *Icarus*, **55**, 93-110.
- Carlson R.W., Anderson M.S., Johnson R.E., Smythe W.D., Hendrix A.R., Barth C.A., Soderblom L. A., Hansen G. B., McCord T. B., Dalton J. B., et al.: 1999, Hydrogen Peroxide on the Surface of Europa, *Science*, **283**, 2062-2064.
- Cassen P., Reynolds R. T., Peale S. J.: 1979, Is there liquid water on Europa?, *Geophys. Res. Lett.*, **6**, 731-734.

- Clark B. E., Helfenstein P., Veverka J., Ockert-Bell M., Sullivan R. J., Geissler P. E., Phillips C.B., McEwen A.S., Greesley R., Neukum G., Denk T., Klaasen K.: 1998, Multispectral terrain analysis of Europa from Galileo images, *Icarus*, **135**, 95-106.
- Collins G. C., McKinnon W. B., Moore J. M., Nimmo F., Pappalardo R. T., Prockter L.M., Schenk P.P.: 2009, Tectonics of the outer planet satellites, in: *Planetary Tectonics*, (Watters, Schultz, eds.), Cambridge Univ. press, 264-350.
- Crawford G.D., Stevenson D.J.: 1988, Gas-driven water volcanism in the resurfacing of Europa, *Icarus*, **73**, 66-79.
- Chyba C. F., Phillips C. B.: 2001, Possible ecosystems and the search for life on Europa, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, **98**, 801-804.
- Dole S.H.: 1964, *Habitable Planets for Man*, Blaisdell Publ. Co., 1-177.
- Dombard A. J., McKinnon W. B.: 2006, Folding of Europa's icy lithosphere: An analysis of viscous-plastic buckling and subsequent topographic relaxation, *J. Struct. Geol.*, **28**, 2259-2269.
- Dyches P., Brown D., Buckley M.: 2014, *Scientists Find Evidence of 'Diving' Tectonic Plates on Europa*, NASA Archived, from the original on 04 April 2014.
- Djordjevic M., Georgen J.: 2013, Dynamics of plume-triple junction interaction: Results from a series of three-dimensional numerical models and implications for the formation of oceanic plateaus, *J. Geophys. Res., Solid Earth*, **121**(3), 1316-1342, doi:10.1002/2014JB011869.
- Edwards C.: 2020, *Alien life may be lurking in hidden Earth-like ocean on nearby Jupiter moon*, NASA admits, Digital Tech. Sci Rep. Publ, published on 25 June 2020.
- Figueredo P. H., Greeley R.: 2000, Geologic mapping of the northern leading hemisphere of Europa from Galileo solid-state imaging data, *Icarus*, **144**, 54-88.
- Finnerty A. A., Ransford G. A., Pieri D. C., Collerson K. D.: 1981, Is Europa surface cracking due to thermal evolution?, *Nature*, **289**, 24-27.
- Gaidos E. J., Nimmo F.: 2000, Tectonics and water on Europa, *Nature*, **405**, 637.
- Geissler P.E., Greenberg R., Hoppa G., McEwen A., Tufts R., Phillips C., Clark B., Ockert-Bell M., Helfenstein P., Burns J., Veverka J., Sullivan R., Greeley R., Pappalardo R.T., Head J.W., Belton M.J.S., Denk T.: 1998, Evolution of lineaments on Europa: Clues from Galileo multispectral imaging observations, *Icarus*, **135**, 107-126.
- Greeley R., Sullivan R., Coon M.D., Geissler P.E., Tufts B.R., Head J.W., Pappalardo R.T., Moore J.M.: 1998, Terrestrial Sea ice morphology: Considerations for Europa, *Icarus*, **135**, 25-40.
- Greeley R., Collings G. C., Spaun N. A., Sullivan R. J., Moore J. M., Senske D. A., Tufts B. R., Johnson T. V., Belton M. J. S., Tanaka K. L.: 2000, Geologic mapping of Europa, *J. Geophys. Res.*, **105**, 22 559-22 578.
- Greeley R., Chyba C.F., Head J.W., McCord T.B., McKinnon W.B., Pappalardo R.T., Figueredo P.H.: 2004, Geology of Europa, In: *Jupiter: The Planet, Satellites, and Magnetosphere* (Bagenal, Dowling, McKinnon, eds.), Cambridge Univ. press, 363-396.
- Greenberg R., Geissler P., Hoppa G., Tufts B. R., Durda D. D., Pappalardo R., Head J. W., Greeley R., Sullivan R. Carr M. H.: 1998, Tectonic process on Europa: Tidal stresses, mechanical response, and visible features, *Icarus*, **135**, 64-78.
- Greenberg R., Geissler P., Hoppa G., Tufts B. R.: 2002, Tidal-tectonic processes and their implications for the character of Europa's icy crust, *Rev. Geophys.*, **40**, 1004.

- Greenberg R.: 2004, The evil twin of Agenol: Tectonic convergence on Europa, *Icarus*, **167**, 313-319.
- Groenleer J. M., Kattenhorn S. A.: 2008, Cycloid crack sequences on Europa: Relationship to stress history and constraints on growth mechanics based on cusp angles, *Icarus*, **193**, 158-181.
- Han L. J., Showman A. P.: 2005, Thermo-compositional convection in Europa's icy shell with salinity, *Geophys. Res. Lett.*, **32**, L20201.
- Han L. J., Showman A. P.: 2008, Implications of shear heating and fracture zones for ridge formation on Europa, *Geophys. Res. Lett.*, **35**, L03202.
- Hand K. P., Carlson R. W., Chyba C. F., Bush T., Bryce C., Direito S., Fox-Powell M., Harrison J., Cammer H., Landenmark H. et al.: 2007, Energy, Chemical Disequilibrium, and Geological Constants on Europa, *Astrobiology*, **7**, 1006-1022.
- Helfenstein P., Parmentier E.M.: 1980, Fractures on Europa: Possible response of an ice crust to tidal deformation, *Proc. Lunar Planet. Sci. Conf.*, **11**, 1987-1998.
- Helfenstein P., Parmentier E. M.: 1985, Patterns of fracture and tidal stresses due to nonsynchronous rotation: Implications for fracturing on Europa, *Icarus*, **61**, 175-184.
- Hesse M. A., Jordan J. S., Vance S. D., Oza A. V.: 2022, Downward Oxidant Transport Through Europa's Ice Shell by Density – Driven Brine Percolation, *Geophys. Res. Lett.*, **49**, e2021GL095416, <https://doi.org/10.1029/2021GL095416>.
- Hoppa G., Tufts B. R., Greenberg R., Geissler P.: 1999, Formation of cycloidal features on Europa, *Science*, **285**, 1899-1902.
- Kapitsa A. P., Ridley J. K., Robin G. de Q., Siegert M., Zotikov I. A.: 1996, A large deep freshwater lake beneath the ice of central East Antarctica, *Nature*, **381(6584)**, 684-686, doi:10.1038/38/684a0.
- Kattenhorn S. A.: 2004, Strike-slip fault evolution on Europa: evidence from tail crack geometries, *Icarus*, **172**, 582-602.
- Kattenhorn S. A., Marshall S. T.: 2006, Fault-induced perturbed stress fields and associated tensile and compressive deformation at fault tips in the ice shell of Europa: Implications for fault mechanics, *J. Struc. Geol.*, **28**, 2204-2221.
- Kolokolova L.O., Steklov A.F.: 1981, On the possibility of origin of microorganisms on the Jupiter satellites, *Microbiological J.*, **43(6)**, 791-796.
- Lee S., Pappalardo R. T., Makris N. C.: 2005, Mechanics of tidally driven fractures in Europa's ice shell, *Icarus*, **177**, 367-379.
- Lewis J. S.: 1971, Satellites of the outer planet: Their physical and chemical nature, *Icarus*, **15(2)**, 174-185.
- Livingstone S. J., Li Y., Rutishauser A., Sanderson R. J., Winter K., Mikucki J. A., Björnsson H., Bowling J. S., Chu W., Dow C. F., Fricker H. A.: 2022, Subglacial lakes and their changing role in a warming climate, *Nature Rev. Earth, Environ.* **3(2)**, 106-124. doi:10.1038/s43017-021-00246-9.
- McDonald K. C.: 1982, Mid-ocean ridges: Fine scale tectonic, volcanic, and hydrothermal processes within the plate boundary zone, *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.*, **10**, 155.
- McEwen A.S.: 1986, Tidal reorientation and the fracturing of Jupiter's moon Europa, *Nature*, **321**, 49-51.
- McKinnon W.B.: 1999, Convective instability in Europa's floating ice shell, *Geophys. Res. Lett.*, **26**, 951-954.

- Melwani Daswani M., Vance S.D., Mayne M.J., Glein C.R.: 2021, A Metamorphic Origin for Europa's Ocean, *Geophys. Res. Lett.*, **48**, e2021GL094143.
- NASA: 2014, *Overview of Europe Facts*, Archived from the original on 26 March 2014.
- Neal C., Rybin A., Chibisova M., Miller E.: 2008, *Active Volcanoes of the Kurile Islands: A Reference Guide for Aviation Users*, Open File Report, USGS, pp. 1-18.
- Nimmo F., Giese B., Pappalardo R.T.: 2004, Estimates of Europa's ice shell thickness from elastically-supported topography, *Geophys. Res. Lett.*, **30**, 37-137-4.
- Nimmo F., Schenk, P.: 2006, Normal faulting on Europa: Implications for ice shell properties, *J. Struct. Geol.*, **28**, 2194-2203.
- Oswald G. K. A., Robin G. de Q.: 1973, Lakes Beneath the Antarctic Ice Sheet, *Nature*, **245**, 251-254, doi:10.1038/2455/a0.
- Patterson G. W., Head, J. W.: 2003, Crustal spreading on Europa: Inferring tectonic history from triple junction analysis (abs.). *Lunar Planet. Sci. Conf. XXXIV*, 1262, Houston, TX, Lunar, Planet. Inst. (CD-ROM).
- Patterson G. W., Head J. W., Pappalardo, R. T.: 2006, Plate motion on Europa and nonrigid behavior of the icy lithosphere: The Castalia Macula Region, *J. Struct. Geol.*, **28**, 2237-2258.
- Prockter L. M., Pappalardo, R. T.: 2000, Folds on Europa: implications for crustal cycling and accommodation of extension, *Science*, **289**, 941-944.
- Prockter L. M., Head J. W., Pappalardo R. T., Sullivan R. L., Clifton A. E., Giese B., Wagner R., Neukum G.: 2002, Morphology of European bands at high resolution: A mid-ocean ridge-type rift mechanism, *J. Geophys. Res.*, **107**, doi:10.1029/2000JE001458.
- Reynolds R. T., Squyers S. W., Colburn D. S., McKey C. P.: 1983, On the habitability of Europe, *Icarus*, **56**(2), 246-254.
- Rickers F., Fichtner A., Trampert J.: 2013, The Iceland – Jan Mayen plume system and its impact on mantle dynamics in the North Atlantic region: Evidence from full-waveform inversion, *Earth Planet. Sci. Lett.*, **367**, 39-51, doi:10.1016/j.epsl.2013.02.022.
- Sagan C.: 1996, Circumstellar Habitable Zones: an introduction, *Proc. I Inter. Conf.* (Doyle, ed.), 3-14.
- Sarid A. R., Greenberg R., Hoppa G. V., Hurford T. A., Tufts B. R., Geissler P.: 2002, Polar wander and surface convergence of Europa's ice shell: Evidence from a survey of strike-slip displacement, *Icarus*, **158**, 24-41.
- Sarid A. R., Greenberg R., Hoppa G. V., Brown D. M., Geissler P.: 2005, Crack azimuths on Europa: The G1 lineament sequence revisited, *Icarus*, **173**, 469-479.
- Schenk P. M., McKinnon W. B.: 1989, Fault offsets and lateral crustal movement on Europa: Evidence for a mobile ice shell, *Icarus*, **79**, 75-100.
- Schulson E. M.: 2002, On the origin of a wedge crack within the icy crust of Europa, *J. Geophys. Res.*, **107**, doi:10.1029/2001JE001586.
- Shylaja B.: 1997, Life on Europa?, *Bull. Astron. Soc. India*, **25**, 157-158.
- Sotin C., Head J. W., Tobie G.: 2002, Europa: Tidal heating of upwelling thermal plumes and the origin of lenticulae and chaos melting, *Geophys. Res. Lett.*, **29**, doi:10.1029/2001GL013844.
- Spaun N. A., Pappalardo R. T., Head J.W.: 2003, Evidence for shear failure in forming near-equatorial lineae on Europa, *J. Geophys. Res.*, **108**, doi:10.1029/2001JE001499.

- Sullivan R., Greeley R., Homan K., Klemaszewski J., Belton M. J. S., Carr M. H., Chapman C. R., Tufts B. R., Head J. W., Pappalardo R., Moore J., Thomas P.: 1998, Episodic plate separation and fracture infill on the surface of Europa, *Nature*, **391**, 371-373.
- Sullivan R., Moore J., Pappalardo R.: 1999, Mass-wasting and slope evolution on Europa (abs.). *Lunar Planet. Sci. Conf. XXX*, 1747. Houston, TX: Lunar and Planetary Institute (CD-ROM).
- Tacconi L. J., Arridge C. S., Buonanno A., Cruise M., Grasset O., Amina Helmi A.: 2021, *Voyage 2050: Final Recommendations from the Voyage 2050 Senior Committee*, Technical Report, ESA, Paris.
- Tan S., Sekine Y., Shibuya T., Miyamoto C., Takahashi Y.: 2021, The role of hydrothermal sulfate reduction in the sulfur cycles within Europa: Laboratory experiments on sulfate reduction at 100 MPa, *Icarus*, **357**, 114222.
- Tobie G., Mocquet A., Sotin C.: 2005, Tidal dissipation within large icy satellites: Applications to Europa and Titan, *Icarus*, **177**, 534-549.
- Thompson S. P., Kennedy H., Butler B. M., Day S. J., Safi E., Evans A.: 2021, Laboratory exploration of mineral precipitates from Europa's subsurface ocean, *J. Appl. Crystallogr.*, **54**, 1455-1479.
- Tufts B. R., Greenberg R., Hoppa G., Geissler P.: 1999, Astypalaea Linea: A large-scale strike-slip fault on Europa, *Icarus*, **141**, 53-64.
- Vance S. D., Harnmeijer J., Kimura J., Hussmann K., Demartin B., Brown J. M.: 2007, Hydrothermal System in Small Ocean Planets, *Astrobiology*, **7**, 987-1005.
- Vance S. D., Hand K. P., Pappalardo R. T.: 2016, Geophysical controls of chemical disequilibria in Europa, *Geophys. Res. Lett.*, **43**, 4871-4879.
- Vilella K., Choblet G., Tsao W.E., Deschamps F.: 2020, Tidally Heated Convection and the Occurrence of Melting in Icy Satellites: Application to Europa, *J. Geophys. Res. Planets*, **125**, e2019JE006248.
- Weber J. M., Marlin T. C., Prakash M., Teece B. L., Dzurilla K., Barge L. M.: 2023, A Review on Hypothesized Metabolic Pathway on Europa and Enceladus: Space-Flight Direction Considerations, *Life*, **13**(8), 1726, <https://doi.org/10.3390/life13081726>.
- Zolotov M.Y., Shock E.L.: 2001, Composition and stability of salts on the surface of Europa and their oceanic origin, *J. Geophys. Res. Planets*, **106**, 32815-32827.
- Zotikov I.A.: 2006, *The Antarctic Subglacial Lake Vostok: Glaciology, Biology and Planetology*, Springer Praxis Books, pp.1-158.

DOES THE NEW EUROPA RISES?

In this paper, we present sequential data and analysis from previous missions to Jupiter, with a particular focus on its satellite Europa. Europa plays a crucial role in our understanding of the Jovian system. We examine its orbital and physical characteristics, geological and tectonic features, and the potential for life beneath its icy surface. Recent and upcoming missions to Europa in 2023 and 2024 are expected to significantly enhance our understanding of this intriguing moon. These missions may offer new insights into the origin of life, the composition and dynamics of Europa's subsurface ocean, and other physical characteristics. High-resolution imag-

es and scientific data from these missions may help answer pressing questions: Is Europa undergoing geological renewal? And more importantly, could microbial life exist in the depths of its hidden ocean?

Keywords: Jupiter's satellite Europa, orbital and physical characteristics, geology and tectonics, possible life on the moon, "new Europa", space mission *Voyager 1* and *Voyager 2*, *Galileo* mission, Jupiter orbital lander *Juno*, space mission ESA's *JUICE* and NASA *Europa Clipper*.