

УДК 551.24(523.34:523.43)

DOI: 10.30838/J.BPSACEA.2312.310821.24.787

ТЕРАФОРМУВАННЯ МІСЯЦЯ І МАРСА: БАЗОВІ ПРИНЦИПИ

ВОРОБІЙОВ В. В.^{1*}, канд. арх., доц.,
ШИЛО О. С.², ст. виклад.

^{1*} Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (068) 424-98-19, e-mail: vivavo151151@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1539-3196

² Кафедра архітектурного проектування та містобудування, Придніпровська державна академія будівництва та архітектури, вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпро, Україна, тел. +38 (098) 212-48-80, e-mail: olgashilo2016@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9869-5474

Анотація. Постановка проблеми. Проекти тераформування інших планет Сонячної системи, в першу чергу Місяця і Марса, можуть розроблятися на основі різних методичних підходів. Якими б не були розміри поселень на Місяці і Марсі, скільки б людей в них не жило, яку б місію вони не виконували, з яких би матеріалів не створювалися місячні і марсіанські бази, в усіх цих випадках загальним буде урахування набору негативних, відносно переселенців із Землі, факторів, властивих кожній з планет, що по-своєму впливають на формування поселень тераформістів. **Мета статті** – розглянути роль небезпечних для людей середовищних факторів на Місяці і Марсі в контексті виявлення їх архітектурно-містобудівних особливостей; показати, як ці особливості можуть відбитися на формуванні поселень для колоністів із Землі; як може виглядати морфосинопсис мережі поселень на планеті після завершення її тераформування. **Висновок.** Підхід до формування матеріальної бази колоній з позиції врахування всіх негативних факторів, що існують на поверхнях розглянутих космічних тіл, до кінця не визначено, у зв'язку з чим з'являється можливість досліджувати цю проблему саме в контексті формування поселень для землян з урахуванням негативних впливів середовища планет.

Ключові слова: тераформування Місяця і Марса; фактори середовища на Місяці і Марсі; формування поселень на Місяці і Марсі; планувальний рисунок мережі поселень

LUNA AND MARS TERRAFORMING: FUNDAMENTAL PRINCIPLES

VOROBIOV V.V.^{1*}, Cand. Sc. (Arch.), Assoc. Prof.,
SHYLO O.S.², Assist. of Prof.

^{1*} Department of Architectural Design and Urban Planning, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (068) 424-98-19, e-mail: vivavo151151@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-1539-3196

² Department of Architectural Design and Urban Planning, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, 24-a, Chernyshevskoho Str., Dnipro, 49600, Ukraine, tel. +38 (098) 212-48-80, e-mail: olgashilo2016@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-9869-5474

Abstract. Formulation of the problem. Terraforming projects for other planets and celestial bodies of the solar system, primarily the Moon and Mars, can be developed on the basis of different methodological approaches. Whatever the size of the settlements on the Moon and Mars might be or however many people may stay or live there, whatever mission they will carry out, whatever materials the lunar and Martian settlement bases can be made of, all these projects should deal with the set of individual negative, in relation to the settlers from the Earth, factors inherent in either of the planets, which will definitely affect the formation of terraformist settlements. **The purpose of the article** is to consider the role of hazardous environmental factors for settlers on the Moon and Mars in the context of architectural and urban planning features of settlements, show how these features can affect the formation of settlements for colonists from the Earth, and identify what a morphograph of a network of those settlements might look like after its terraforming has been completed. **Conclusion.** All the member countries of the “space club”, located on different continents, have already entered an active phase of their projects aimed at developing the Moon and Mars surfaces. However, neither the projects for settlements on these planets nor the approaches to the formation of the material base of the colonies, which will take into account all the inherent negative factors on the surfaces of these celestial bodies, have been extensively developed yet. The opinions of experts on this matter differ, and therefore it becomes possible to study this problem more thoroughly in the context of developing settlements for earthlings, taking into account the negative influences of the environment on these celestial bodies.

Keywords: terraforming the Moon and Mars; environmental factors on the Moon and Mars; the formation of settlements on the Moon and Mars; layout drawing of a network of settlements

Постановка проблеми. Причин для освоєння інших планет досить багато: космічні наукові програми; освоєння ресурсів у вигляді корисних копалин; космічні небезпеки для Землі, здатні перервати її існування, зруйнувавши на частини і перетворивши на уламки, або перервати існування на ній життя; прийдешня перенаселеність планети і необхідність перетворення людства на мультипланетну цивілізацію, частини якої, опинившись у нових світах, поступово видозміняться анатомічно, ментально і духовно за впливу нових умов життя, створивши інші людства майбутнього, які об'єднались з розумними мешканцями планет у інших зірок [14]; воєнні стратегії міжпланетного типу; транспортні інтереси у розвитку далеких космічних польотів до інших світів; інші [3; 6; 10–12; 17].

У початковій стадії розвитку процесу переселення на інші планети важливою буде і відстань до Місяця та Марса. Вони – ближче інших планет до Землі, і обидві мають тверду поверхню.

Думки про тривалість процесу тераформування планет поки сильно розходяться.

Ідея тераформування планет, тобто перетворення їх на світи, придатні для життя в умовах, близьких до земних, прийшла з повісті американського письменника-фантаста Джека Вільямса, котрий випустив у 1942 році науково-фантастичну повість «Орбіта зіткнення». Головний герой книги, молодий інженер, провів тераформування астероїда і зробив його придатним для життя.

Не зважаючи на те, що тема тераформування планет – поки що тільки концепція, вона вже стала об'єктом серйозних інтересів і розбіжностей великих політичних гравців на Землі.

Перетворення Марса на планету з умовами, як на Землі, на думку деяких фахівців, може зайняти тисячі років. Однак навряд чи хто зараз з упевненістю може сказати, з якою швидкістю будуть розвиватися технології майбутнього, які зможуть скоротити цей час на порядки,

враховуючи, що кожен етап тераформування планети буде змінювати співвідношення небезпечних факторів, поступово зменшуючи їх число, але створюючи при цьому нові. Морфоконцепція поселень повинна бути з елементами адаптивності до поетапно постійно змінюваних планетарних умов.

Тому потрібен аналіз факторів, здатних визначити формотворчі ефекти для будь-якого поселення на Місяці або Марсі, призначеного для тераформування цих планет. Технології, які можуть застосовуватися для тераформування, теж виявляються в числі факторів, що впливають на формування поселень.

Аналіз публікацій, присвячених тераформуванню Місяця і Марса, показав такі особливості середовища щодо умов на Землі [5; 6; 11; 17]:

1. На Марсі [1; 2]:

- низька гравітація, рівна 38 % від земної;
- відсутність магнітосфери, що захищає від сонячного вітру;
- високий рівень опромінення поверхні космічними частинками, радіацією;
- відсутність необхідної якості атмосфери; атмосферний тиск приблизно в 100 разів менший, ніж на Землі;
- низька температура – до -125°C ;
- більша, ніж у Землі, відстань до Сонця, яке породжує освітленість, рівну 59 % від земної;
- часті піщані бурі на гігантських територіях;
- тверда кам'яниста і піщана поверхня, наявність рельєфу, в тому числі циркоподібних форм, наявність найбільшої за висотою гори в Сонячній системі – Олімп (згаслий вулкан висотою 26 км і діаметром 540 км), а також гігантської долини Маринер (каньйон довжиною 4 500 км, шириною до 600 км і глибиною до 11 км);
- інші.

2. На Місяці [4; 17]:

- гравітація в 6 разів менша за земну;
- атмосфера і гідросфера практично відсутні; вони тут у край розріджені.

Це спричинює високий перепад температур на поверхні Місяця (від -173°C вночі до $+127^{\circ}\text{C}$ вдень на освітленій сонячними променями поверхні. При цьому температура порід, що залягають на глибині 1 м, постійна і дорівнює -35°C .

Колись Місяць мав повноцінну атмосферу. Завжди повернений до Землі однією стороною, він має видиму і невидиму для нас сторону.

Поверхня Місяця має низьку відбивну здатність – відображає всього 5...18 % сонячного світла.

Кольорових відмінностей на Місяці в цих умовах укрій мало. Видно лише «біле і чорне». А точніше, його поверхня має коричнево-сіре або чорно-буре забарвлення. Однак кольороподіл тут усе ж є, хоча і не активно виражений.

Зменшена альbedo поверхні в короткохвильовій частині спектра викликає ефект жовтуватості диска Місяця, коли дивитися на нього із Землі.

На Місяці немає однорідного магнітного поля. Хоча колись воно було за аналогією із Землею.

На Місяці існує сейсмічна активність.

Поверхня покрита реголітом – сумішшю тонкого пилу і скелястих уламків, що утворюються в результаті зіткнення метеоритів із місячною поверхнею; в цілому на Місяці безліч кратерів (цирків) круглої форми і ряд великих, залитих базальтовою лавою низин, названих у далекому минулому морями.

Процес формоутворення місячних і марсіанських поселень для тераформування планет повинен базуватися на ефектах і явищах, здатних ефективно захищати людей від негативних факторів, переводячи їх зі статусу небезпечних у статус сприятливих.

Більшість правових питань освоєння Місяця прийнято в 1967 році Договором про принципи діяльності держав щодо дослідження і використанню космічного простору, включаючи Місяць та інші небесні тіла. Юридичний статус планети описує Угода про Місяць 1979 року. Наразі міжнародне законодавство про Місяць та Марс розвивається [9; 13].

У літературі наведено кілька базових етапів тераформування Місяця і Марса [7; 8; 16]. Перший передбачає паратераформування – розміщення переселенців-тераформістів під великим куполом, із відтворенням земних умов життя. Точніше, – ілюзії земного життя.

Результати досліджень напрямків формоутворення об'єктів тераформування Місяця і Марса дозволили вивести наступне правило: будь-яка матеріальна форма у фізично виявленому світі Місяця і Марса – це структуротвірна реакція речових і енергоінформаційних потоків на динамічне (циклічно оборотне) й еволюційне (необоротне) поєднання векторів сил, що діють у тих чи інших діапазонах просторово-часового континууму в заданих системах координат, частот і імпульсів, а також моделей їх прямих і зворотних зв'язків із будь-якими іншими наповнювачами їх внутрішнього і зовнішнього середовища, які, у свою чергу, являють собою спадні і висхідні редукційні проєкції матриць із просторів із більшим чи меншим числом вимірів. Адитивний ефект впливу сил визначить фізичну, фізіологічну і психологічну трансформацію організму землян-переселенців і окреслить геометричні абрисы поселень і будівель, необхідних для їх життя.

Конкретні заходи щодо тераформування Марса пропонуються у вигляді нижченаведеного ряду концепцій, в яких доведеться не «озиратися» на земний досвід, а робити все з «чистого аркушу». На Землі будь-які споруди і поселення являють собою матеріальну форму боротьби з існуючими природними силами на основі принципів ентропії. На Марсі все доведеться робити на базі інверсії ентропії в негентропію. Тут з'явиться інша цивілізація.

Знижений рівень освітленості пропонується підвищити системою компенсації рівня освітленості за допомогою ареастаціонарних (Арес – давньогрецьке ім'я бога війни Марса, що входив до складу 12 олімпійських богів) дзеркал для керованого перевідображення сонячного світла на поверхню планети; за

допомогою орбітальних випромінювачів світла в діапазоні спектра, необхідного для життя; використання в приміщеннях систем ультрафіолетового опромінення за програмами і в місцях, що забезпечують адаптацію організмів до нових умов.

Із позиції формоутворення рисунки дзеркал і генераторів світла на орбітах навколо Марса будуть помітні з його поверхні і повинні створюватися на основі принципів астропланетарних мандол, з додатковою пропускнуою спроможністю випромінювань із тих секторів небесної сфери, які будуть актуалізовані для змінюваних життєвих форм.

Низька поверхнева гравітація, що дорівнює 38 % від земної, в контексті формоутворення архітектурно-містобудівних об'єктів викличе зміни в опорно-руховому апараті людини і тварин із Землі. Вони будуть пересуватися напівстрибками, з високим підскоком, що вимагатиме створення відповідних високих приміщень і їх розмірів у плані, прийнятих на основі модульного розміру напівстрибків; сходи та інші комунікаційні елементи – на тому ж принципі. На Марсі вони будуть іншими відносно земних. Усі елементи благоустрою територій поселень теж доведеться планувати на основі врахування нового типу і способу пересування в просторі.

На початковому етапі система компенсації недостатньої поверхневої гравітації може виглядати як пристрої, розміщені в поселенні, на вулиці, в приміщеннях, та як технічні модулі, що підвищують гравітацію в локальних просторах: у вигляді спеціальних приладів уздовж коридорів під покриттям підлоги; пристроїв у вигляді гравіконтурів навколо круглих або еліпсоїдних у поперечному перерізі коридорів тощо. Можуть застосовуватися магнітні види взуття та індивідуальні гравітаційні пояси.

Багато видів спілкування на Марсі зміняться саме через зменшену гравітацію. Наприклад, спортивні заходи. Доведеться кардинально переробити увесь комплекс видів спорту і всі пов'язані з ними заходи,

включаючи розміри спортзалів і відкритих майданчиків. Тут яскравіше буде виражена дія другого закону Ньютона – основного закону динаміки. Це потребує введення спеціальних елементів у планування будівель і на відкритих просторах.

Важливим етапом тераформування Марса постане відтворення на ньому необхідної атмосфери. Зараз там атмосферний тиск приблизно в 100 разів менший земного. Без скафандра перебувати там не можна. Крім того, на Марсі часто виникають дуже сильні піщані бурі, які видно в телескопи із Землі. Їх абразивний ефект такий, що вони, як наждачний папір, можуть поступово зменшувати товщину стінок поселення, протерши їх до дірок. Жорсткому «піскоструминному ефекту» можна запобігти створенням таких геометричних форм, які, на основі аеродинамічних явищ, частково загальмують, частково обігнуть навколо форми поселення, а частково розгорнуть у протилежному напрямку турбулентні потоки піщаної бурі, звідки б вона не прийшла. Мандальні морфотеми в цьому процесі формоутворення будуть найкращими.

На Марсі немає і такої кількості газів, щоб створити щільну атмосферу, придатну для дихання. Те, що називається сучасною марсіанською атмосферою, – середовище, не набагато щільніше вакууму. Щоб створити тут необхідну атмосферу, потрібно використовувати наявні планетарні ресурси і щось завезти із Землі та з Космосу. Зараз на кожен квадратний кілометр поверхні Марса припадає 173 000 тонн газів, 95 % із яких – діоксид вуглецю. А потрібно отримати 10 000 000 тонн газів на квадратний кілометр, з яких 22 % – кисень, а 78 % – азот. Азот робить атмосферу стабільною. Він не так активно фіксується біосферою, як окис вуглецю. Атмосферний азот, залучаючись до біохімічної реакції, стає найважливішою складовою молекул земних форм життя. Скільки потрібно завезти на Марс азотного і кисневого льоду, і звідки, як варіант – із деяких супутників Юпітера, де він є у великій кількості, можна

дізнатися на основі розрахунків, що спираються на моделі видового складу живих організмів і принципів їх розміщення по територіях, які тут необхідно створювати.

Скільки часу піде на перевезення кисневого й азотного льоду – залежить від транспортних технологій.

Станції відтворення атмосфери потрібно розташовувати на основі сітки з кроком 300 по довготі і широті. Вони теж повинні базуватися на мандальних принципах із центральноосової симетрії в полярних системах координат. Станції можуть розміщуватися як на ґрунті, так і над ним, на різних висотах у повітряному басейні, пов'язаних із градієнтами щільності атмосфери по вертикалі.

На Марсі зараз дуже низька температура. Мороз досягає -125°C . На Землі таких температур немає навіть на полюсах холоду. Наприклад, на антарктичному плюсі холоду в 2010 році було зареєстровано $-93,2^{\circ}\text{C}$ морозу. Станції формування нової атмосфери Марса повинні бути прив'язані сітками силового каркаса відповідного ієрархічного рівня і якості.

Інші автори пропонують своє бачення процесу відтворення марсіанської атмосфери. У тому числі – викидом в атмосферу Марса парникових газів – тетрафторметану, октофторпропану. Пропонується також застосувати ефект затемнення полярних шапок за допомогою наплення полімерних плівок, вибухове зменшення альbedo. Пропонується бомбардування астероїдами з водно-аміачних льодів. Є й інші концепції.

На Марсі немає магнітосфери, у зв'язку з чим сонячний вітер здуває залишки сучасної атмосфери і високоенергетичні частинки долітають із Космосу до самої поверхні марсіанської пустелі.

Питання про *магнітосферу* можна вирішити створенням штучного магнітного щита у вигляді «парасольки» на стабільній орбіті. Він буде постійно взаємодіяти з великим потоком заряджених частинок від Сонця, перетворившись на електромагнітне сонячне вітрило.

Відсутність магнітосфери буде впливати на гемоглобін в крові людини (в його складі є залізо) і на її пам'ять, записану на магнітній основі (ризик появи безпам'ятства!). До магнітного поля пристосовані і всі привезені із Землі на Марс живі організми – рослини і тварини. Без магнітосфери вони не зможуть тут жити. Цей момент теж говорить про необхідність відтворення магнітосфери Марса.

Відродження магнітосфери в рази зменшить звітрюваність відтворюваної до земного типу атмосфери в космічний простір.

Але можна спробувати оживити магнітосферу Марса адже вона колись у цієї планети була. Цей прийом дуже дорогий і складний, але він можливий: на марсіанській орбіті потрібно зібрати масивний супутник, що викликає припливи в ядрі планети, запустивши таким чином планетарне динамо. У цій версії важливо й те, в який бік буде обертатися це геодинамо – за чи проти годинникової стрілки, за чи проти обертання Марса навколо своєї осі. Марс, як і Земля, обертається проти годинникової стрілки. Кут нахилу осей обертання в обох планет близький: у Землі – 23° , у Марса – 25° . Це допоможе створити близькі до земних параметри магнітосфери, хоча точної копії магнітосфери, що дорівнює земній, зробити через цілу низку причин не вдасться.

У підсумку може статися пробудження марсіанського вулканізму і, як наслідок, підживлення атмосфери вулканічними газами.

Поява в небі Марса масивного третього супутника, розміром близько двох кілометрів (за розрахунками), на додаток до Деймоса і Фобоса, може стабілізувати кут нахилу осі обертання Марса, запустивши нові планетарні прогнозовані цикли життя на Червоній планеті, за аналогією з циклами Місяця, які впливають на Землі на життєдіяльність живих організмів, в тому числі людей. На відміну від місячних, марсіанські цикли за необхідності можна зрідка перезапускати на нові моделі, зміщуючи масивний штучний супутник на

інший орбітальний рівень. Хоча і тут багато невирішених проблем, одна з яких – трансформація організмів, які почали нову історію свого життя на Марсі, в режим безпроблемного переходу із циклу в цикл. Як людина, котра знає декілька мов, вільно переходить з однієї на іншу залежно від ситуації, так і в живих організмів повинна виробитися здатність до адаптаційних перелаштувань на зміщення супутника.

Пропонується і ще один варіант запуску процесів, що допоможуть відтворенню магнітосфери Марса – на основі активізації вузлів і ребер силового каркаса планети, що йде від ядра планети до її поверхні і далі – в Космос. Силкові каркаси планет мають як подібності, так і відмінності за морфологією, циклічністю активності і латентності, потужністю, ієрархічністю, функціональним зв'язком із тими чи іншими шарами і процесами в надрах планети. На мережі, пов'язаній з можливістю активізації геофізичних процесів у глибинах Марса, що ведуть до відродження магнітосфери, на поверхні ґрунту, під поверхнею, в атмосфері, на орбітах за межами залишків атмосфери, можна розмістити строго по вузлах мережі пристрої-активатори (станції активізації), що запускають природні механізми відродження магнітосфери.

Наступний варіант запуску магнітосфери Марса – за допомогою технології збільшення в малому обсязі середовища (аж до декількох метрів) маси простору, яка спрацює приблизно навіть як важкий штучний супутник на орбіті Марса. Або як біла або чорна діра в просторово-часовому континуумі.

«Точка» діаметром всього у кілька сантиметрів, перебуваючи на розрахунковій орбіті над Червоною планетою, буде виконувати таку ж роль, як Місяць у небі Землі.

Не знімається з порядку денного ще одна технологія, яка викликає запуск планетарного динамо: підганяння до Марса астероїда необхідної маси і розмірів. Тим більше, що Марс відрізняється від інших планет Сонячної системи тим, що його «місяці» – це об'єкти неправильної форми,

тобто уламки іншої планети, або, інакше, астероїди. Найближчий пояс астероїдів, в котрому можна підібрати потрібний зразок, поруч – між орбітами Марса і Юпітера. Інші астероїдні пояси в Сонячній системі (включаючи пояс Койпера, хмару Оорта та ін.) навряд чи будуть потрібні для цього, але все залежить від рівня розвитку технологій. Вони продовжать еволюціонувати.

Воду на Марс теж доведеться привозити з інших планет Сонячної системи. Своєї тут украй мало. Полярні шапки Червоної планети не мають потрібних для тераформування запасів води.

Багато води є на супутниках планет-гігантів – Юпітера, Сатурна, Урана і Нептуна. Наприклад, вона в достатку присутня на таких тілах як Рея, Титанія, Оберон, Тритон, Еріс, Орк, Седна, Каллісто, Ганімед, Енцелад та інших.

Станції прийому та перерозподілу привезеної на Марс води потрібно розміщувати по периметру майбутніх континентів. Їх абрис неважко вирахувати за відмітками рельєфу Червоної планети. Питання лише в тому, яка відмітка води буде прийнята за проектну. Два великі континенти, які утворюються в процесі відродження єдиного марсіанського океану, або не будуть мати поділу між собою, або поділ буде, але зі збереженням зв'язевого сухопутного перешийка, що з'єднує материки.

Морфологічний рисунок точок розміщення поселень по периметру континентів, а також на їх внутрішній території, з'єднаних мережею транспортних коридорів, наводиться на рисунку 1.

Багато прибережних поселень на цій карті представлені винесеними на акваторії і з'єднаними із сушею естакадами як форми-осцилятори, здатні генерувати в просторі ефекти тераформування, на які вони розраховані. Сценарій і потужність ефектів пов'язані з місцями вузлів або центрів осередків силового мережоподібного каркаса Марса.

Кожне поселення з позиції формоутворення, за умови взаємодії з вузлами – осциляторами, має створюватися

на основі правил центрально-осьової симетрії, в структурі якої вони можуть виконувати відповідні генерувальні функції.

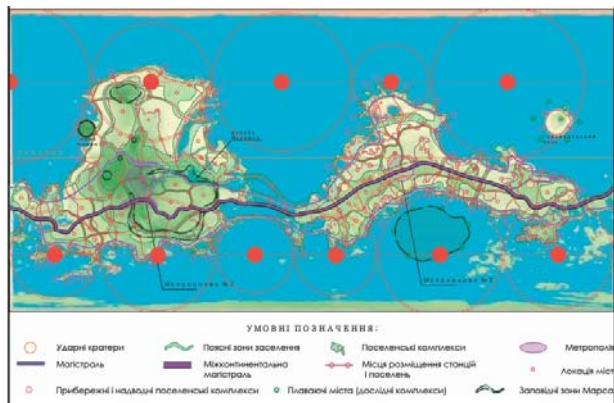


Рис. 1. Мережа поселень і транспортних коридорів по периметру й на внутрішніх територіях майбутніх континентів Марсу. (Концепція; архітектори В. В. Воробйов, О. С. Кербунова, ПДАБА, 2019–2021 рр.)

Створення біосфери – наступна складова процесу тераформування Марса. Маса земної біосфери, за підрахунками експертів, становить в середньому $4\,700\text{ т/км}^2$. У різні геологічні періоди Землі вона була іншою. Для Марса, якщо його тераформувати, потрібно мати біосферу в $680\,000\,000\,000\text{ т}$. Однак в умовах Червоної планети виникає питання: скільки необхідних для життя хімічних елементів містять марсіанські породи, скільки і чого до них потрібно додавати? Для цього потрібно створювати профільні спеціалізовані станції для відродження ґрунтів і підстилкових шарів. Крім того, у зв'язку з тим, що відстань від Марса до Сонця більша, ніж у Землі, породний склад рослин і видовий склад інших життєвих форм незабаром після переселення почнуть серйозно відрізнятися від земних. Як почне змінюватися їх зовнішній вигляд і через зменшення гравітації і змінення спектра сонячних променів, що проходять через відроджену атмосферу? Розрахунки показують, що зміни торкнуться багато чого. Наприклад, люди почнуть пересуватися не стільки кроками, скільки великими стрибками.

Біота Марса стане зовсім іншою порівняно із земною. Це позначиться на формоутворенні будь-якого елементу

благоустрою територій та інтер'єрах приміщень.

За даними фахівців, зріст людей на Марсі досягне 3...5 м через меншу, ніж на Землі, гравітацію, в силу розм'якшення кісток, у першу чергу, черепа – через вимивання кальцію. Голова стане значно більшою, руки і ноги – тяж. Кістки – ширшими. Тіло – худим. Зміняться і людські ембріони. Звичайні люди не зможуть через слабку гравітацію дати здорове потомство. Кістки таза у породіль будуть ламатися, як сірники.

Люди, народжені на Марсі, ніколи не зможуть ступити на Землю. Або зможуть це зробити тільки в спеціальному скафандрі – і це буде парадоксом: колишня планета-мататьківщина перетвориться для них на вороже середовище.

Харчовий раціон переселенців буде кардинально відрізнятися від земного – мало які рослини, привезені із Землі, зможуть тут рости. А ті, що виростуть, даватимуть плоди з абсолютно іншим смаком. Це викличе зміну хімічного складу тіл переселенців із Землі. Хімія змінить реакції людини на всі зовнішні і внутрішні процеси. Колоністи будуть бачити і чути зовсім в іншому діапазоні. Зміниться форма носа і нюх. Люди на Марсі стануть короткозорими. Переселенці піддадуться в 5 000 разів сильнішій радіації, ніж на Землі, оскільки у Марса відсутня магнітосфера. Реакцією на це буде зміна кольору шкіри. Всі вони стануть яскраво-червоношкірими. Зміниться принцип дихання.

Список трансформацій можна продовжувати. Ці зміни настануть, за розрахунками Р. С. Соломона, вже через два покоління людей. (За покоління береться тривалість часу, що дорівнює 20 рокам – від народження до 20-річного віку – репродуктивної фази життя).

Можна стверджувати: щоб визначити правильні геометричні форми поселень людей на Марсі, а також конфігурації планетарних моделей їх територіального розміщення на поверхні планети, потрібно побудувати просторово-часову матрицю векторів сил різного генезису, виявити види

і характер їх впливу на колоністів із Землі, визначити міру їх участі в метаболізмі соціуму й окремої людини, після чого актуалізувати ті «решітки» матриці, які будуть модульною багатовимірною палеткою-визначником поліморфічних абрисів мережі марсіанських поселень, мережі генеральних планів окремих поселень і, нарешті, об'ємно-просторової структури кожної будівлі та споруди в складі поселень. Будь-яка людина за такого підходу до марсіанської дійсності буде ланкою в системах обмінних зв'язків між Марсом і Космосом. Тобто об'єктивною ланкою свого Нового Світу, а не інопланетним імплантатом, який намагається вціліти в чужорідних умовах. Будь-який негативний аспект для переселенців, аспект життя на новій планеті повинен розглядатися не як обставина, з якою потрібно боротися, від якої потрібно захищатися, а як унікальний біопозитивний фактор-інверсор, тобто фактор, що перетворює негатив на позитив, що дозволяє проявити в матриці вселенських сил адаптивний організм людини і резонансні з ним форми фізичних споруд (марсіанських поселень колоністів-тераформаторів) для життя в багатовимірних осередках такої матриці (рис. 2, 3).



Рис. 2. Концепція формоутворення Метрополії переселенців-тераформістів на плато Оксія в північній півкулі Марса. Загальний вигляд. (Архітектори В. В. Воробйов, О. С. Кербунова, ПДАБА, 2020–2021 рр.)



Рис. 3. Концепція формоутворення бази переселенців-тераформістів на плато Оксія, поблизу Метрополії, в північній півкулі Марса. Загальний вигляд. (Архітектори В. В. Воробйов, О. С. Кербунова, ПДАБА, 2020–2021 рр.)

Тераформування Місяця – супутника Землі може спиратися на видозмінені підходи до тераформування Марса. Прискорення вільного падіння на Місяці скраповить 1,62 м/с. Місяць здатний утримати більш-менш щільну атмосферу, але в силу невисокої гравітації така атмосфера, навіть якщо в її складі будуть щільні гази (водяна пара, кисень, азот, вуглекислий газ і аргон), буде повільно її втрачати. Будучи один раз створена з привізних матеріалів (з водогазового льоду астероїдів), атмосфера повинна буде поповнюватися ввезенням нових матеріалів. У Місяця занадто тонкий шар атмосфери (екзосфера) і летючих елементів украй мало.

Землянам буде потрібно змінити кут нахилу осі Місяця, надати їй добове обертання. Місяць із 24-годинним циклом став би більш доступним для тераформування. Для колонії переселенців можна використовувати і кратери, заповнені льодом. Як, наприклад, кратер Шеклтон на південному полюсі Місяця, де фахівці КБ «Південне» (м. Дніпро) припускають створити місячне поселення.

Поверхневу воду можна утворити і з водяного льоду в місячному ґрунті, а також полярних схованок. Для цього потрібно додати аміачні або метанові льоди, які можна добути з поясу Койпера.

Під час тероформування Місяця можна використовувати його ресурси. У тому числі для захисту від радіації. Місячний ґрунт – риголіт містить багато гелію-3, який використовується в термоядерних реакторах. Поселення у вигляді місячного купола, створеного за допомогою 3D-друку, може розглядатися як деяка перевалочна база для далеких космічних місій. В першу чергу – на Марс (рис. 4–6).

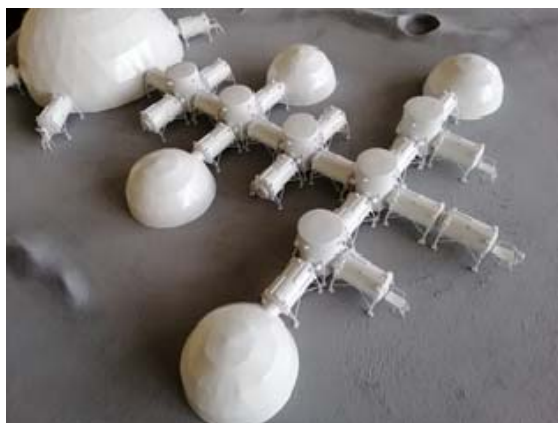


Рис. 4. Макет концептуального вигляду місячної промислово-дослідної бази на валу кратера Шеклтон, на Південному полюсі Місяця, проєктованої в КБ «Південне». Устаткування для її будівництва за допомогою 3-D-друку розробляється в Придніпровській державній академії будівництва та архітектури. У складі поселення – купольні елементи (стан – на 2019 р.). У ході робіт у проєкт вводяться нові елементи і зазнають змін деякі колишні рішення

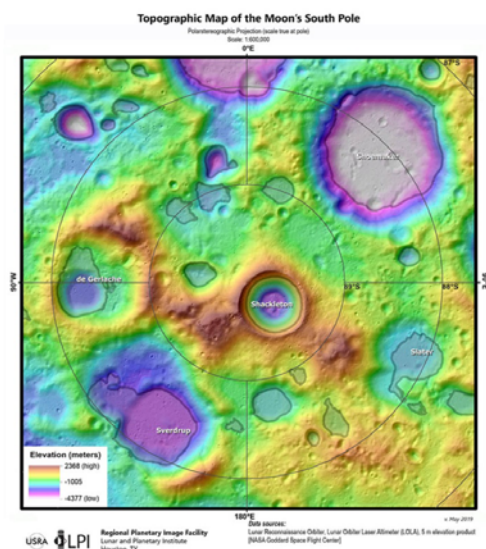


Рис. 5. Кратер Шеклтон, Південний полюс Місяця (Джерело: N + 1). Опублікований атлас Південного полюса Місяця (Дата звернення – 11.4.2021). У ньому виявлені великі запаси льоду

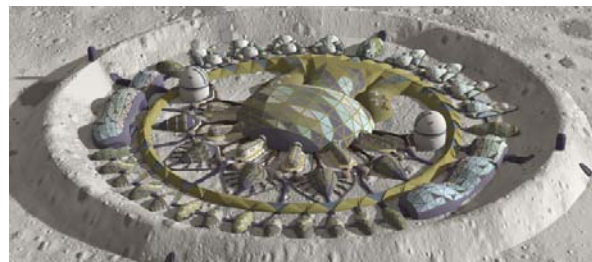


Рис. 6. Проєкт поселення в цирку Кассіні, на краю Моря Дощів, на видимому боці Місяця (Архітектори В. В. Воробйов, Л. А. Саричева. 2014 р. ПДАБА). В основі формоутворення – мандальні принципи

Місяць не має магнітосфери і не може протистояти сонячному вітру. Способи тераформування Місяця відносно Марса нечисленні і не такі масштабні. До них відносять: бомбардування астероїдами з водно-аміачними льодами; біогенний вплив земними бактеріями і водоростями, стійкими до первинної штучної атмосфери Місяця й умов жорсткої сонячної радіації.

Альтернативою тераформуванню планет поки вважається тільки створення автономних, ізольованих біосфер, що менш затратно. Але такі колонії більш уразливі.

Тераформування Місяця, як і Марса, теж викличе зміни зовнішнього вигляду, фізіології, психіки, свідомості, форм взаємовідносин, соціальної організації суспільства, укладу життя і релігії у всіх переселенців із Землі, які вирішили стати селенітами. Характер змін матиме як позитивні, так і негативні сторони.

Зокрема, зменшена гравітація змінить розподіл рідини в організмі людини і тварин, так само як і рослин. М'язи до певного рівня атрофуються. Зміниться сприйняття смаку їжі. Зміниться дихання. Зміниться розмір кроку (за рахунок перетворення ходьби на подібну стрибків). Зміниться багато іншого. Як і у випадку з Марсом, зміни потребуватимуть спорудження будівель і поселень із форм, геометрія і обсяг яких зможуть відповідати фізіологічним, психологічним і антропометричним особливостям неоселенітів.

Висновки. Тераформування Марса і Місяця може здійснюватися в чотири етапи:

1. Створення атмосфери з тиском, за якого було б можливе існування води в рідкому агрегатному стані.

2. Підвищення температури в приекваторіальній зоні до $+20^{\circ}\text{C}$ (за допомогою парникового ефекту, створеного перфторвуглеводневими сполуками).

3. Створення аналога озонового шару для захисту від ультрафіолетового випромінювання.

4. Створення біосфери.

Тобто процес тераформування включає в себе заселення, утворення інфраструктури, розгортання технологічних процесів для формування атмосфери. Для створення повітря, насиченого киснем, крім рослинності для харчування, створюватимуться підземні плантації теплиць для вироблення кисню в атмосферу. У верхні шари атмосфери необхідно ввести карбон діоксиду і створити спеціальні магнітні пастки для утримання його над поселеннями.

У ближньому Космосі над атмосферою вирощуватиметься сільгосппродукція в повітряних агрофермах. Збирання урожаю здійснюватиметься системою penetрації. Крім продуктових видів, будуть висаджуватися рослини для медичних цілей, для формування озеленення на поверхні Марса тощо.

Ділянки планети будуть освоюватися поетапно відповідно до програми тераформування.

У сучасних умовах Марс дуже сильно відбиває світло. Для біологічних організмів такі умови несприятливі. Світло потрібно розсіювати або перенаправляти за допомогою підвісних локальних дзеркал. Або, поки відсутній рослинний покрив, створити напilenня, яке, у свою чергу, зможе дати кольорові розводи та інші цікаві явища.

Для вирішення проблеми відсутності мікробіологічної бази необхідно поставити станції відродження мікрофлори і мікрофауни.

У рамках концептуального проекту «Архітектурно-містобудівні комплекси для тераформування Марса» (архітектори

В. В. Воробйов, О. С. Кербунова, 2019–2021 рр., Придніпровська державна академія будівництва та архітектури) запропоновано такі об'єкти тераформування та їх формотворчі концепції:

1) поселення колоністів на фінішній стадії тераформування;

2) комплекси НДІ для розроблення продуктів харчування для колоністів;

3) інженерно-технічні системи обслуговування орбітальних станцій компенсації відсутніх показників якості середовища;

4) комплекси генерації відсутніх компонентів атмосфери;

5) комплекси для медико-біологічної адаптації людей, тварин і рослин;

6) оранжерейні комплекси для відродження рослинного покриву Марса.

Усі їх геометричні форми – це форми, народжені перетинами силових полів, які утворюють у просторі каркаси – сітки. Це природні силові сітки, сітки простої адитивності, складної адитивності та інтегральні сітки, на які зверху опускаються проекційні сітки частот, які йдуть вище. Сітки силових полів входять одна в одну зустрічним напрямком, в результаті на перетині виникають пояси певних форм. Об'єкти таких форм вписуються в енергоінформаційний процес обмінних матриць усіх типів, які є в даному місці, у даний час, в даному географічному просторі.

Будівлі на Марсі не можуть мати абрис, схожі на будівлі земні. В умовах багатовекторних сил іншої комбінаторики повинні застосовуватися форми, які самі по собі є або блокувальниками негативних елементів, або генераторами зустрічних потоків які блокують джерело негативного випромінювання.

У рамках цього проекту запропоновано не тільки ефекти формоутворення наземних і підземних споруд, а й уся мережева система об'єктів тераформування, розташованих по ярусах: під ґрунтом; на марсіанському рельєфі; на невеликих висотах над рельєфом; на різних висотних

ешелонах в атмосфері; на декількох орбітальних рівнях.

Всі мережеві системи об'єктів прив'язані до своїх типів мереж у складі полімережеподібного силового каркаса Марса. Для кожної функціональної задачі з тераформування Марса відібрано мережі з такими якостями, які найповніше відповідають процесам відродження конкретних властивостей Червоної планети. Розмір осередків силових мереж, крок їх вузлів по географічних довготі і широті, особливості вкладення в інші мережі з більшим чи меншим розміром осередків, а також їх геометричним контуром, мають значення.

Для розміщення столиці тераформування Марса – Метрополії Оксія вибрано місце, вже рекомендоване іншими фахівцями – це плато (рівнина) Оксія.

За їхніми висновками, рівнина Оксія (Oxia Planum) – одна з трьох можливих точок посадки місії «ЕкзоМарс», розташована поблизу екватора в Північній півкулі Марса, на схід від рівнини Хриса, біля кордону високогірних регіонів і низовин. За наявними даними, тут не дуже багато великих ударних кратерів, але досить багато сухих русел, які зливаються у

напрямку до більш низької рівнини Хриса. Передбачається, що саме із цієї та трьох інших точок почнеться освоєння Марса.

Формотворчі ефекти поселень для тераформування Місяця, запропонованих у 2014 році (рис. 6), ґрунтуються на зв'язку просторово-часової структури багатовимірних, багатопросторових мандол – одного з найбільших досягнень стародавніх високотехнологічних ведичних цивілізацій, що колись існували на Землі, з динамікою та еволюцією фізичних просторів і живих організмів, які населяють їх, включаючи людей, в будь-якій точці простору-часу, не залежно від її локації – буде вона на Землі, на іншій планеті Сонячної системи або у просторах Галактики.

Представлені у статті матеріали отримані під час виконання науково-дослідної роботи за темою «Розвиток наукових основ будівельних технологій створення житлового модуля місячної бази» д/б 27 № держреєстрації 0121U109794. Етап 1. Архітектурно-конструктивні рішення будівель і споруд житлово-виробничого модульного поселення Місячної бази.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бронштэн В. А. Планета Марс. Москва : Наука, 1977. 180 с.
2. Бурба Г. А. Номенклатура деталей рельефа Марса. Москва : Наука, 1981. 85 с.
3. Воздействие полетов в космос на мужчин и женщин [Электронный ресурс]. URL: <https://www.vremya.eu/stati/zdorove-imedicina/vozdeistvie-poletov-v-kosmos-na-muzhchin-i-zhenschin1938878737.html> (дата обращения : 01.02.2020).
4. Галкин И. Н., Шварев В. В. Строение Луны. Москва : Знание, 1977. 64 с.
5. Золотухин В. А. Колонизация космоса : проблемы и перспективы. Тюмень : Изд-во Тюменского гос. университета, 2003. 180 с.
6. Как и зачем люди будут строить базы на Луне [Электронный ресурс]. URL: [Forbes.ruhttps://www.forbes.ru/tehnologii/371919-kak-i-zachem](https://www.forbes.ru/tehnologii/371919-kak-i-zachem) (дата обращения: 10.4.2021).
7. Какими будут наши космические колонии [Электронный ресурс]. URL: [BBC News ...https://www.bbc.com/141007_vert_fut_space_colonie](https://www.bbc.com/141007_vert_fut_space_colonie) (дата обращения: 10.4.2021).
8. Колонизация космоса – это билет в один конец [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kommersant.ru/doc> (дата обращения: 10.4.2021).
9. Космонавтика XXI века : попытка прогноза развития до 2101 года. Под ред. Б. Е. Чертока. Москва : Изд-во «РТСофт», 2010. 864 с.
10. Кричевский С. В. Аэрокосмическая деятельность : междисциплинарный анализ. Москва : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. 384 с.
11. Кричевский С. В. Расселение человечества вне Земли : проблемы и перспективы. *Пилотируемые полеты в космос*. 2012. № 1(3). С. 155–160.
12. «Неочеловечество-2045». Глобальная стратегия дальнейшей эволюции человечества в третьем тысячелетии. 26.09.2011. [Электронный ресурс]. URL: <http://2045.ru/news/29045.html> (дата обращения : 10.4.2021).

13. Создание поселений на других планетах обсудят [Электронный ресурс]. URL: <https://yandex.com › news › story> (дата обращения: 10.4.2021).
14. Уиллис Джон. Все эти миры – ваши. Научные поиски внеземной жизни. Willis Jon. All These Worlds Are Yours: The Scientific Search for Alien Life. Альпина Паблишер, 2018. 286 p.
15. Эксперт заявил о необходимости поселений на Марсе [Электронный ресурс]. URL: <https://www.m24.ru › news › nauka> (дата обращения: 10.4.2021).
16. Хокинг : чтобы выжить, человек должен колонизировать космос [Электронный ресурс]. URL: 10.08.2010. <http://www.voanews.com/russian/news/science-technology/howking-space-2010-08-09-100308909.html> (дата обращения : 10.4.2021).
17. Шкуратов Ю. Г. Луна далёкая и близкая. Харьков : Харьковский нац. университет им. В. Н. Каразина, 2006. 182 с.

REFERENCES

1. Bronstein V.A. *Planeta Mars* [Planet Mars]. Moscow : Nauka Publ., 1977, 180 p. (in Russian)
2. Burba G.A. *Nomenklatura detaley rel'yefa Marsa* [Nomenclature of Mars relief details]. Moscow : Nauka Publ., 1981, 85 p. (in Russian)
3. *Vozdeystviye poletov v kosmos na muzhchin i zhenshchin* [The impact of space flights on men and women] [Electronic resource]. URL: <https://www.vremya.eu/stati/zdorove-imedicina/vozdeystvie-poletov-v-kosmos-na-muzhchin-i-zhenshin1938878737.html> (date of access: 01.02.2020). (in Russian)
4. Galkin I.N. and Shvarev V.V. *Stroyeniye Luny* [The structure of the Moon]. Moscow : Znaniye Publ., 1977, 64 p. (in Russian)
5. Zolotukhin V.A. *Kolonizatsiya kosmosa: Problemy i perspektivy* [Colonization of space : Problems and prospects]. Tyumen : Publishing house of the Tyumen State University, 2003, 180 p. (in Russian)
6. *Kak i zachem lyudi budut stroit' bazy na Lune* [How and why people will build bases on the Moon]. [Electronic resource]. URL: [Forbes.ru https://www.forbes.ru › tehnologii › 371919-kak-i-zach ...](https://www.forbes.ru › tehnologii › 371919-kak-i-zach) (date of access: 10.04.2021). (in Russian)
7. *Kakimi budut nashi kosmicheskiye kolonii* [The expert guide to space colonies] [Electronic resource]. URL: BBC News ... https://www.bbc.com › 141007_vert_fut_space_colonie (date of access: 10.04.2021). (in Russian)
8. *Kolonizatsiya kosmosa – eto bilet v odin konets* [The colonization of space is a one-way ticket] [Electronic resource]. URL: <https://www.kommersant.ru › doc> (date of access: 10.04.2021). (in Russian)
9. *Kosmonavtika XXI veka: Popytka prognoza razvitiya do 2101 goda* [Cosmonautics of the XXI century: An attempt to predict the development up to 2101]. Ed. by B.E. Chertoka. Moscow : Publishing house “RTSoft”, 2010, 864 p. (in Russian)
10. Krichevskiy S.V. *Aerokosmicheskaya deyatel'nost': Mezhdistsiplinarnyy analiz* [Aerospace activities : Interdisciplinary analysis]. Moscow : Book House “LIBROKOM”, 2012, 384 p. (in Russian)
11. Krichevskiy S.V. *Rasseleniye chelovechestva vne Zemli : problemy i perspektivy* [Resettlement of mankind outside the Earth : problems and prospects]. *Pilotiruyemyye polety v kosmos* [Piloted Flights into Space]. 2012, no. 1 (3), pp. 155–160. (in Russian)
12. “*Neochelovechestvo-2045*”. *Global'naya strategiya dal'neyshey evolyutsii chelovechestva v tret'yem tysyacheletii* [“Nehumanity-2045”. Global strategy for the further evolution of mankind in the third millennium]. 26.09.2011. [Electronic resource]. URL: <http://2045.ru/news/29045.html> (date of access: 10.04.2021). (in Russian)
13. *Sozdaniye poseleniy na drugikh planetakh obsudyat* [The establishment of settlements on other planets will be discussed] [Electronic resource]. URL: <https://yandex.com › news › story> (date of access: 10.04.2021). (in Russian)
14. Willis John. *Vse eti miry – vashi. Nauchnyye poiski vnezemnoy zhizni* [All These Worlds Are Yours. The Scientific Search for Alien Life]. Alpina Publisher, 2018, 286 p. (in Russian)
15. *Ekspert zayavil o neobkhodimosti poseleniy na Marse* [The expert stated the need for settlements on Mars] [Electronic resource]. URL: <https://www.m24.ru › news › nauka> (date of access: 10.04.2021). (in Russian)
16. *Khoking: chtoby vyzhit', chelovek dolzhen kolonizirovat' kosmos* [Hawking : Humanity Must Colonize Space to Survive]. [Electronic resource]. URL: 08/10/2010. <http://www.voanews.com/russian/news/science-technology/howking-space-2010-08-09-100308909.html> (date of access: 10.04.2021). (in Russian)
17. Shkuratov Yu.G. *Luna dalokaya i blizkaya* [The Moon is distant and close]. Kharkiv : V.N. Karazin Kharkiv National University, 2006, 182 p. (in Russian)

Надійшла до редакції: 21.07.2021.