

**ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ  
БУДІВНИЦТВА ТА АРХІТЕКТУРИ**  
**Архітектурний**

---

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))  
**Архітектурного проектування та містобудування**

---

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

**Пояснювальна записка**

до дипломного проекту (роботи)

**191 Архітектура та містобудування**

---

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему: **Особливості проектування обвалованих поселень на Місяці**

Виконав: здобувач вищої освіти,  
студент **2** курсу, групи **АРХ 20-2 мн**  
напряму підготовки (спеціальності)  
**191 Архітектура та містобудування**

---

(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

**Герєга В.В.**

---

(прізвище та ініціали)

Керівник: **Воробйов В.В**

---

(прізвище та ініціали)

Рецезент:

---

(прізвище та ініціали)

Оцінка захисту дипломного  
проекту

(сума балів, оцінка ЄТКС, оцінка за національною шкалою)

Секретар ЕК \_\_\_\_\_

(підпис)

(ім'я та прізвище)

Дніпро – 2022 року

## Зміст

Анотація.....	4
Вступ.....	5
Розділ 1. АНАЛІЗ УМОВ НА МІСЯЦІ, ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ТА СПОСОБИ КОМПЕНСАЦІЇ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ. АНАЛІЗ ДОСВІДУ ПРОЕКТУВАННЯ МІСЯЧНИХ ПОСЕЛЕНЬ	
1.1. Аналіз умов на Місяці.....	7
1.1.1. Загальна характеристика Місяця.....	7
1.1.2. Дослідження Місяця.....	9
1.1.3. Узагальнений аналіз умов на Місяці.....	15
1.2. Аналіз негативних факторів на поверхні Місяця. Їх вплив на організм людини та способи компенсації	
1.2.1. Біоастронавтика - як наукова база для колонізації космосу.....	18
1.2.2. Загальна характеристика впливу космічного польоту на організм людини.....	19
1.2.3. Характеристика негативних факторів в умовах космічного польоту, які впливають на організм людини.....	20
1.2.4. Характеристика негативних факторів на поверхні Місяця.....	24
1.3. Аналіз існуючих типів місячних поселень. Їх порівняльна характеристика.....	25
1.4. Висновок по розділу.....	28
Розділ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУРНИХ АСПЕКТІВ ПРОЕКТУВАННЯ ОБВАЛОВАНИХ МІСЯЧНИХ ПОСЕЛЕНЬ	
2.1. Технологія будівництва.....	29
2.2. Дослідження функціональної організації приміщень місячного поселення.....	30
2.2.1. Мінародна космічна станція, як об'єкт вивчення функціональної організації середовища для життя за межами Землі. Її загальна характеристика.....	30
2.2.2. Аналіз основних модулів станції та їх функціональне призначення.....	32
2.2.3. Аналіз бортових систем МКС та їх роль у життєзабезпеченні екіпажу.....	33
2.2.4. Аналіз побутових складових життя на МКС.....	36
2.3. Дослідження поняття «Система життєзабезпечення» та аналіз його складових.....	39
2.3.1. Загальне поняття терміну «Система життєзабезпечення».....	39
2.3.2. Аналіз складових системи життєзабезпечення.....	40

2.4. Аналіз способів створення автономних систем життєзабезпечення в умовах космічних польотів та поселень на Місяці.....	41
2.4.1. Аналіз факторів, які спонукають до розробки автономних систем життєзабезпечення.....	41
2.4.2. Способи створення автономних систем життєзабезпечення в умовах місячного поселення.....	43
2.5. Дослідження принципів формування генерального плану поселення на Місяці.....	48
2.5.1. Аналіз існуючого досвіду розробки проектних пропозицій генерального плану місячних поселень. Рекомендації щодо організації генерального плану поселення.....	48
2.5.2. Аналіз потенційних місць для місячного поселення.....	49
2.6. Висновки за розділом.....	51
<b>Розділ 3. ВИЯВЛЕННЯ ПРИНЦИПІВ ТА ПРИЙОМІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ МІСЯЧНОГО ПОСЕЛЕННЯ ОБВАЛОВАНОГО ТИПУ</b>	
3.1. Дослідження поняття електромагнітного випромінювання та його взаємодії з живими організмами.....	52
3.2. Теорія природи простору на основі просторових сіток та їх взаємодія з живими організмами.....	56
3.2.1. Класична теорія хімічної будови речовини.....	56
3.2.2. Міжмолекулярна взаємодія.....	57
3.2.3. Теорія просторових сіток, як принцип побудови Всесвіту.....	58
3.3. Концепція проєкції фрактальних космічних структур на поверхню Місяця.....	58
3.4. Гексогональні утворення, як основа для майбутнього поселення.....	59
3.5. Висновки за розділом.....	59
<b>Розділ 4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИЙ ПРОЕКТ МІСЯЧНОГО ПОСЕЛЕННЯ..</b>	
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	
<b>61</b>	

## АНОТАЦІЯ

Метою роботи є дослідження закономірностей організації місячного поселення з урахуванням існуючих негативних факторів на поверхні Місяця та існуючого науково-технічного рівня розвитку людства. Задля цього в роботі розглянуті та проаналізовані умови на поверхні Місяці, які базуються на результатах експедицій на Місяця, експериментів та досліджень на поверхні Місяця, на земній орбіті в умовах Міжнародної космічної станції та дослідів на Землі.

Систематизовано та проаналізовано загальний досвід проектування місячних поселень, данні впливу негативних факторів космічного польоту на організм людини та способи їх компенсації, методи створення автономних систем життєзабезпечення в умовах місячного поселення та технологію бідвництва обвалованного типу поселення.

Розроблена архітектурна концепція формоутворення місячного поселення, яка базується на дослідженнях взаємодії організму людини з електромагнітним випромінюванням поза межами Землі. В результаті досліджень, виявлено закономірності формоутворення поселення на основі концепції проєкції фрактальних космічних структур на поверхню Місяця, а також використання гексогональних утворень, як основи для майбутнього поселення

На основі проведеного дослідження розроблен експериментальний проєкт місячного поселення з урахуванням необхідності протидії негативним факторам та створення комфортних умов проживання на рівні взаємодії з електромагнітним випромінюванням

## ВСТУП

### Актуальність теми

На даний момент Місяць має неймовірною науковою цінністю, як з точки зору його дослідження, як космічного об'єкта, так і з точки зору аванпосту для майбутніх досліджень космосу і подальшої колонізації інших планет. Безпосередньо, причиною актуальності питання колонізації Місяця і дедалі більше набираючих перегон освоєння космосу серед країн, є такі фактори:

- економічний фактор - Місяць має різноманітні та рідкісні ресурси, у тому числі цінні корисні копалини - алюміній, титан, залізо, а також має великі поклади елемента гелію-3 - це один з основних компонентів для термоядерних реакцій. На Землі гелію практичний немає, а до поверхні Місяця він долітає разом із сонячним вітром і поступово накопичується у верхніх шарах реголіту

- демографічний чинник - безперервне зростання населення Землі, призводить до збільшення темпів видобутку та використання ресурсів задля задоволення потреб цього населення. Ресурси планети кінцеві. Саме через це людство повинно продовжувати пошуки альтернативних джерел ресурсів і місць для майбутнього життя людства.

- перспективні наукові проекти та відкриття - в результаті місячної експедиції "Аполлон-17", на Землю були доставлені найстаріші зразки мантії відомі людству. Вік деяких зразків становив 4.5 мільярди років. Зразки подібно до віку були знайдені на Землі в одиничних екземплярах в Австралії та Гренландії. Через відсутність геологічної активності - подібні освіти можуть перебувати на поверхні Місяці у величезних кількостях, що дає необмежений потенціал вивчення історії формування Сонячної системи. Відсутність атмосфери робить Місяць ідеальним місцем для встановлення телескопів будь-якого діапазону та питання заселення Місяця подібними астрономічними лабораторіями – є питанням часу та розвитку необхідних технологій.

- виживання людства, як виду - більшість часу розвитку людської цивілізації припав на відносно спокійний період історії Землі - був різких змін клімату, падіння великих метеоритів і масштабної вулканічної активності. Але

немає стовідсоткової гарантії, що подібні небезпеки не загрожуватимуть людству в майбутньому.

Виходячи з усього вище перерахованого, питання про дослідження та проектування постійних поселень на інших планетах, є не просто темою для фільмів і книг про наукову фантастику, а реальною необхідністю для майбутнього людства. Існує кілька проектних типів поселень на Місяці, але найбільш пріоритетним і життєздатним типом є обвалований тип поселення.

### **Мета дослідження**

Розробка методики проектування обвалованого місячного поселення.

### **Задачі дослідження:**

- Дослідити існуючі умови на Місяці
- Аналіз негативних факторів на поверхні Місяця, їх вплив на організм людини та способи компенсації негативних впливів
- Аналіз існуючого досвіду проектних пропозицій поселення на Місяці. Порівняльна характеристика типів поселень. Визначення поселення обвалованого типу як найбільш пріоритетним для початкової стадії колонізації Місяця
- Дослідження архітектурних аспектів проектування обвалованого типу місячного поселення
- Аналіз існуючих технологій будівництва обвалованого типу поселення
- Аналіз функціональної організації приміщень у позаземних поселеннях на основі МКС та існуючих проектних пропозицій
- Аналіз складових систем життєзабезпечення та способів забезпечення їхньої автономності в умовах місячного поселення
- Дослідження принципів створення генерального плану поселення на Місяці
- Виявлення принципів та прийомів формоутворення поселення, на основі концепції проєкції фрактальності космічних структур на поверхню Місяця та використання ігексагональних структур як основи для майбутнього поселення
- Розробка експериментального проекту місячного поселення обвалованого типу

**Об'єкт дослідження:** місячні поселення обвалованого типу.

**Предмет дослідження.** Особливості проектування, функціонально-планувальної та об'ємно-просторової структури обвалованих поселень на Місяці.

**Межі дослідження.** Місяць

**Методика дослідження**

Наукова робота ґрунтується на аналізі результатів місячних експедицій: Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO), Lunar Crater Observation and Sensing Satellite (LCROSS), Surveyor 7, Lunar Atmosphere and Dust Environment Explorer (LADEE), Apollo 11, Chandrayaan-1, а також експериментів на поверхні Місяця (Apollo Lunar Surface Experiments Package (ALSEP)), аналізі наукових статей, що публікуються американськими та європейськими космічними агенствами, аналізі подібних графічних та текстових джерел.

**Наукова новизна** Проведено комплексний аналіз умов на Місяці та виявлення необхідних факторів, які потрібно врахувати при розробці поселення на Місяці. Розкрито особливості проектування, технологій будівництва та функціональної організації приміщень у поселенні. Виявлені принципи формоутворення з урахуванням протидії негативним факторам та її взаємодії з організмом людини. Запропоновано концепцію створення поселення на Місяці з урахуванням протидії всім вище перерахованим факторам

**Структура роботи.** Наукова робота складається зі вступу, чотирьох розділів, проекту, висновків та списку бібліографії.

## **Розділ 1. АНАЛІЗ УМОВ НА МІСЯЦІ, ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ПОСЕЛЕНЦІВ ТА СПОСОБИ КОМПЕНСАЦІЇ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ. АНАЛІЗ ДОСВІДУ ПРОЕКТУВАННЯ МІСЯЧНИХ ПОСЕЛЕНЬ**

### **1.1 Аналіз умов на Місяці**

#### **1.1.1 Загальна характеристика Місяця**

Місяць є єдиним природним супутником Землі, що становить чверть від діаметра Землі. Це п'ятий за величиною супутник у межах Сонячної системи щодо своєї головної планети і набагато більше за будь-яку карликову планету в Сонячній системі. Місяць - це об'єкт планетарної маси, який утворив

диференційоване скелясте тіло, що робить його планетою-супутником за геофізичними визначеннями цього терміну. У Місяця відсутня значна атмосфера, гідросфера та магнітне поле. Його гравітація становить приблизно одну шосту від земної ( $g=0,1654$ ). Відстань від до Землі складає 384 000 км. (данну відстань екіпаж Аполону-11 подолав за 72 години польоту). Обертання місяця навколо землі має сидеричний період у 27 земних діб. Протягом кожного оберту навколо Землі, кількість видимої поверхні, освітленої Сонцем коливається від 0% до 100%, в результаті чого відбувається розділення місячні фази, які становлять основу для місячного календаря. Місяць припливно прив'язаний до Землі, а це означає, що у результаті повного обертання Місяця навколо своєї осі спостерігач із Землі бачить лише одну його сторону, так звана, ближня сторона Місяця.

Тим не менш, 59% загальної поверхні Місяця можна побачити із Землі через зміщення перспективи через лібрацію космічного об'єкту. Найбільш загально прийнятою теорією походження Місяця, стверджує, що Місяць утворився 4,5 мільярдів років тому, незабаром після утворення Землі, з уламків в результаті зіткнення між щойно утвореною Землею та гіпотетичним тілом розміром з Марс під назвою Тея. В результаті, утворений уламок вийшов на навколосемну орбіту та утримується на ній через припливну взаємодію із Землею. Ближня сторона Місяця має характерні утворення - місячні моря - це великі темні базальтові рівнини на Місяці, які утворилися в результаті зіткнення супутника зі стародавніми астероїдами, що у свою чергу викликало вулканічну активність на зворотній стороні космічного об'єкту. Назва терміну походить від слова "maria", що на латині означає "море", оскільки ранні астрономи помилково прийняли данні утворення за справжні моря. Моря займають приблизно 16% місячної поверхні. Основна їх кількість розташована на видимій стороні Місяця. Місячна поверхня майже немає відбивної здібності, для порівняння, за відбивної здатністю поверхня Місяця трохи яскравіша за зношений асфальт. Однак, оскільки він має великий кутовий діаметр, повний місяць являється найяскравішим небесним тілом на нічному небі. Уявний розмір місяця майже подібний до розмірів сонячного диску, що дозволяє йому майже повністю закривати Сонце під час місячного затемнення. Його видимість



на нічному небі, наявність регулярних місячних фаз, вплив на земні припливи та явище затемнення забезпечували вплив на людське суспільство та культуру протягом всієї історії існування людської цивілізації. Такі впливи можна знайти в мові, календарних системах, мистецтві та міфології

### **1.1.2. Дослідження Місяця**

Першим штучним об'єктом, який досяг Місяця, був радянський космічний корабель «Луна -2» без екіпажу в 1959 році; за ним послідувала перша успішна м'яка посадка на поверхню Місяця апаратом «Луна 9» у 1966 році. На сьогоднішній день єдиними місяцями людини на Місяць були місії програми «Аполон» Сполучених Штатів, які висадили дванадцять людей на поверхню між 1969 і 1972 роками. Ці та інші місії без екіпажу повернулися зі зразками місячного реголіту, які були використані для вивчення складу місячної кори, вивчення історії походження Місяця, його тектонічної та вулканічної активності, а також експериментів з використання реголіту у якості будівельного матеріалу, видобутку кисню та води, використання у якості ґрунту для вирощування рослин.

В якості наукової бази та основними джерелами інформації для дипломної роботи були результати експедицій на Місяць організовані агенціями NASA - космічна агенція США, ESA - європейське космічне агенство та CNSA - китайське національне космічне агенство, їх наукові статті та експерименти, як на Землі, так і за межами нашої планети.

### **Експедиції на Місяць, їхні цілі та результати**

**Lunar Reconnaissance Orbiter (LRO)** - автоматична міжпланетна станція NASA, штучний супутник Місяця, зущений за допомогою ракети-носія « Атлас V », яке відбулось 19 червня 2009 року. 23 червня зонд вийшов на місячну орбіту. Планувалось, що апарат буде виведено на полярну орбіту терміном на рік. У розширені фазі місії, яка триватиме 5 років, апарат може служити ретранслятором для майбутніх місячних апаратів, які будуть знаходитись на поверхні Місяця.

Цілі експедиції:

- вивчення глобальної місячної топографії
- вимірювання показників радіації на місячній орбіті

- вивчення місячних полярних регіонів, що включає пошук покладів водяного льоду та дослідження параметрів освітленості
- складання точних карт з метою пошуку найкращих місць для посадкових майданчиків майбутніх пілотованих експедицій

Результати експедиції:

- 6 вересня 2011 NASA представила детальні знімки місць пілотованих експедицій “Аполлон”, зроблені LRO, для цього зонд був переведений на нижчу орбіту над поверхнею Місяця.
- 16 серпня 2012 року NASA повідомила про виявлення в атмосфері Місяця атомів гелію за допомогою спектроскопа LAMP. Також, у ґрунті на поверхні Місяця апарат виявив атоми аргону.
- На початку вересня 2012 року за допомогою легковажного радару із синтезованою апертурою (Mini-RF) було відкрито поклади водяного льоду, масова частка якого становить 5-10% речовини, що складає стінки кратера Шеклтона. Ці цифри перекрыли попередні консервативні оцінки кількості води у місячному ґрунті у 5-10 разів.
- За допомогою постійної фотофіксації Південного полюсу протягом всього часу експедиції, були виявлені закономірності освітлення на Місячних полюсах та виявлено зони постійного затемнення, які отримали назву “льодові пастки”

**Lunar Crater Observation and Sensing Satellite (LCROSS)** - назва атоматичної міжпланетної станції НАСА, запущеної, разом з Lunar Reconnaissance Orbiter 19 червня 2009 року.

Цілі експедиції:

від польоту LCROSS очікувалося отримати остаточні відомості про наявність водяного льоду на південному полюсі Місяця, яке могло б відіграти важливу роль для майбутніх пілотованих експедицій на Місяць.

Хід дослідження:

9 жовтня 2009 на поверхню Місяця, в районі кратера Кабеус (англ. Cabeus), впав спрямований туди розгінний блок «Центавр». Внаслідок падіння викинуто хмару з газу та пилу. LCROSS пролетів крізь викинуту хмару, аналізуючи речовину, підняту з дна кратера. З місячної орбіти за падінням

стежив зонд LRO

Результати експедиції:

висота хмари частинок від вибуху складала 1,6 кілометра, що унеможливило спостереження із наземних телескопів, проте викинутої кількості породи вистачило для її аналізу LCROSS, і 14 листопада 2009 року НАСА опублікувало попередні результати, з яких можна було зробити висновок, що хмара містила не менше 100 кілограмів води. 22 жовтня 2010 року в журналі “Science” опубліковані результати досліджень зонда LCROSS. Повідомляється, що на полюсах супутника Землі було виявлено поклади льоду та інших речовин. Особливо несподіваною для вчених стала наявність на Місяці великої кількості ртуті та срібла.

**Surveyor 7** - останній місячний апарат американської програми Surveyor без екіпажу, надісланим для дослідження поверхні Місяця запущений у 1968 році

Цілі експедиції:

- вивчення місячного рельєфу
- вивчення складу місячного ґрунту - реголіту за допомогою альфа розсіювання
- вивчення фізичних умов на поверхні Місяця

**Lunar Atmosphere and Dust Environment Explore** - програма вивчення місячної та пилового оточення її орбіти. Апарат запущено 7 вересня 2013 року.

Цілі експедиції:

- Визначення загальної щільності та складу екзосфери Місяця, до її обурення подальшою діяльністю людини, а також пошук природних процесів, що впливають на атмосферу
- Визначення причини розсіяного світіння, яке спостерігалось астронавтами «Аполонів» за 10 кілометрів над поверхнею Місяця;
- Визначення розмірів, форми та просторового розподілу частинок космічного пилу, що рухаються електростатичними полями.

- Визначення можливого впливу місячної атмосфери на майбутні польоти та можливість проведення астрономічних спостережень з поверхні Місяця.
- Випробування системи двостороннього лазерного зв'язку між Місяцем і Землею, яка дозволить суттєво збільшити швидкість передачі даних у порівнянні з існуючими системами далекого космічного зв'язку, що використовують для передачі радіохвилі.

Результати експедиції:

- Команда нейтрального мас-спектрометра (NMS) шукала дані щодо видів вихлопних газів, таких як вода, монооксид вуглецю вуглекислий газ та азот.
- Апарат відстежував лінії викидів атомарного кисню і зафіксував викиди, які могли вказувати на присутність як заліза (Fe), так і титану (Ti), які очікувалися, але їх ніколи раніше не спостерігали.
- Визначено що гази гелій, аргон і неон є найбільш поширеними видами в місячній екзосфері. Було виявлено, що гелій і неон надходять від сонячного вітру.
- 17 серпня 2015 року на основі досліджень з космічним кораблем LADEE вчені NASA повідомили про виявлення неону в екзосфері Місяця.

**Аполлон-11** - перша американський пілотований космічний корабель серії «Аполлон», під час польоту якого 16—24 липня 1969 року жителі Землі вперше в історії здійснили посадку на поверхню іншого небесного тіла -Місяця. 20 липня 1969 о 20:17:39 UTC командир екіпажу Ніл Армстронг і пілот Базз Олдрін посадили місячний модуль корабля в південно-західному районі Моря Спокою. Вони залишалися на поверхні Місяця та 21 годину 36 хвилин та 21 секунди.

Цілі експедиції:

- висадка людини на поверхню Місяця
- вивчення впливу польоту та перебування на поверхні місяця на організм людини.
- збір зразків місячного ґрунту.

- встановлення обладнання ALSEP яке включало пакет пасивних сейсмічних експериментів, що використовуються для вимірювання місячних поштовхів , і ретрорефлекторну решітку, яка використовується для експерименту місячного лазерного визначення дальності.

**Apollo Lunar Surface Experiments Package (ALSEP)** - набір наукових експериментів на поверхні Місяця, які проводились астронавтами в кожній п'ятій місії програми "Аполон". Загалом було проведено п'ятнадцять експериментів, які мали наступні цілі та результати:

- Активний сейсмічний експеримент (ASE)
- Експеримент із місячним середовищем із зарядженими частинками
- Іономір з холодним катодом (CCIG)
- Експеримент із датчиком холодного катода (CCGE)
- Експеримент теплового потоку (HFE)
- Лазерний ретрорефлектор (LRRR)
- Експеримент зі складом місячної атмосфери (LACE)
- Експеримент з місячним викидом і метеоритами (LEAM)
- Експеримент місячного сейсмічного профілювання (LSPE)
- Гравіметр місячної поверхні (LSG)
- Магнітометр місячної поверхні (LSM)
- Пасивний сейсмічний експеримент (PSE)
- Пакет пасивних сейсмічних експериментів (PSEP)
- Експеримент зі спектрометром сонячного вітру (SWS)
- Експеримент із надтепловим детектором іонів (SIDE)

**Chandrayaan-1** - перши зонд індійської місячної програми. запуснений 22 жовтня 2008 року за допомогою ракети PSLV-XL

Цілі експедиції:

- Мінералогічне та хімічне зображення високої роздільної здатності постійно затінених північно- та південно-полярних регіонів
- Пошук поверхневих або підповерхневих місячних вод - льоду, особливо на місячних полюсах
- Ідентифікація хімічних речовин у місячних високогірних породах
- Хімічна стратиграфія місячної кори за допомогою дистанційного

зондування центральних височин великих місячних кратерів і регіону Ейткен Південного полюса (SPAR), очікуваного місця внутрішнього матеріалу

- Картографування зміни висоти особливостей місячної поверхні
  - Спостереження рентгенівського спектру більше 10 кеВ і стереографічного покриття більшої частини поверхні Місяця з роздільною здатністю 5 м
  - Надання нового розуміння походження та еволюції Місяця
- Результати експедиції:

- Підтвердження наявності заліза у складі гірських порід, за допомогою приладу NASA під назвою Moon Mineralogy Mapper
- У 2018 році було оголошено, що інфрачервоні дані були повторно проаналізовані, щоб підтвердити існування води на широких просторах полярних регіонів Місяця
- Виявлення рентгенівських сигналів алюмінію, магнію та кремнію, які були зафіксовані рентгенівською камерою C1XS . Сигнали були отримані під час сонячного спалаху , що викликало феномен рентгенівської флуоресценції .
- LLRI охоплював як місячні полюси, так і додаткові місячні регіони, що представляють інтерес, HEX зробив близько 200 обертів над місячними полюсами, а Mini-SAR забезпечив повне покриття як Північного, так і Південного полярних регіонів Місяця.
- Камера картографування місцевості на борту Chandrayaan-1, окрім створення понад 70 000 тривимірних зображень, записала зображення місця приземлення американського космічного корабля Apollo 15
- 18 листопада 2008 року зонд Moon Impact Probe був випущений з Chandrayaan-1 на висоті 100 км . Під час свого 25-хвилинного спуску, Chandra's Altitudinal Composition Explorer (CHACE) зафіксував ознаки води в 650 показаннях мас-спектрів, зібраних за цей час.
- Зафіксовано тунель, який було виявлено поблизу місячного екватора, який являє собою порожню вулканічну трубу, розміром близько 2 км (1,2 миль) в довжину і 360 м в ширину. За словами AS Arya, вченого SF з Ахмедабадського центру застосування космічних засобів (SAC), це може

бути потенційним місцем для поселення людини на Місяці

### **1.1.3. Узагальнений аналіз умов на Місяці**

Базуючись на результатах експедицій та експериментах на поверхні Місяця, можна зробити висновок у вигляді узагальнення основних умов на Місяці та дати комплексну оцінку та характеристику. Основні умови, які беруться до уваги, при аналізі впливу на організм людини та безпосередньо впливають на формоутворення проектної пропозиції, включають наступну групу умов для аналізу:

#### **Характеристика гравітаційного поля**

Гравітаційне поле Місяця було виміряно шляхом відстеження доплерівського зсуву радіосигналів, що випромінюються орбітальними космічними кораблями. Сила гравітаційного поля Місяця становить близько 16% від сили тяжіння землі або 0,166 гю. Одною із характерних особливостей гравітаційного поля Місяця є наявність максонів - областей кори Місяця, які мають позитивну гравітаційну аномалію. Їх природа пов'язана з деякими гігантськими характерними ударними басейнами - морями, які частково викликані густими потоками базальтової лави, що заповнюють ці басейни. Данні аномалії можуть впливати на орбіту космічних кораблів, які курсують навколо Місяця.

#### **Характеристика магнітного поля**

Місяць не має глобального дипольного магнітного поля. Існує теорія, що на початку свого зародження, Місяць мав дипольне поле як і на Землі, проте з плином часу, Місяць втратив ці властивості через кристалізацію свого ядра. В результаті експериментів на поверхні Місяця, все ж вдалось знайти та виміряти значення існуючого магнітного поля, яке складає 0,2 нанотесла або менше стотисячної магнітного поля Землі.

Проте існує інше явище пов'язане з магнітним полем Місяця, а саме контакт Місяця з магнітним хвостом Землі. Магнітний хвіст Землі - це викривлення магнітного поля Землі під дією сонячного вітру. Обертаючись навколо Землі, Місяць перетинає траєкторію магнітного хвоста, що приводить до накопичення напруги на поверхні Місяця.

Цитата Тіма Стаббса, ученого з Університету Меріленд, який працює в Центру космічних польотів ім. Годдарда: “Хвіст магнітосфери Землі простягається далеко за межі орбіти Місяця, і раз на місяць Місяць здійснює оберт навколо нього. Це може мати наслідки, починаючи від місячних “пилкових бурь” та закінчуючи електростатичними розрядами”

Результ впливу взаємодії Місяця із магнітним полем Землею, зафіксували учасники експедицій “Аполон”, коли електризований місячний пил прилипав до костюмів космонавтів та обладнання на поверхні Місяця.

### **Характеристика атмосфери**

Атмосфера Місяця являє собою вкрай розріджену газову оболонку, яка у десять разів менш щільна, порівняно із земною атмосферою. Тиск на поверхні складає приблизно 10 нПа. У рамках експедицій LCROSS та Аполон були проведені дослідження складу атмосфери Місяця, внаслідок яких було виявлено присутність у ній атомів аргону, гелію, іони натрію та калію. Джерелами атмосфери Місяця є як внутрішні процеси (виділення газів із кори Місяця та вулканізм), так і зовнішні (падіння метеоритів та вплив сонячного вітру). Однак, Місяць не утримує на собі всі газоподібні елементи, що виділяються, оскільки має слабку гравітацію. Більшість газів, що піднімаються з її поверхні, розсіюються в космос.

### **Характеристика температурного режиму**

Через відсутність щільної атмосфери, на поверхні Місяці спостерігаються екстремальні перепади температури. Амплітуда температурних коливань може складати від +127 °C вдень (в залежності від ступеня освітленості) до -173 °C в нічний час. Такі екстремальні перепади температури призвели до відсутності стійких рідких сполук на поверхні Місяця. Однак, потрібно звернути увагу на закономірності розподілу температури на поверхні Місяця. В результаті експедиції LCROSS та висновків додаткових місій запланованих із ціллю дослідження атмосфери Місяця, були виявлені закономірності розподілу температури по поверхні Місяця та створення карти розподілу температури. З її допомогою можна зробити висновок, що амплітуда зміни температури зменшується в районах місячних полюсів.



Додатковою характерною особливістю температурного режиму на Місяці є наявність крижаних пасток на полісах. Так як нахил місячної осі до площини екліптики лише півтора градуси, в районі полюсів спостерігаються постійно затемнені області у кратерах, в яких зареєстрована постійна температура  $-249^{\circ}\text{C}$ . Саме завдяки наявності такого явища, під час експедиції LCROSS були виявленні поклади льоду в кратерах на Південному полюсі Місяця. Протиоложним до явища “льодових пасток” є наявність постійно освітлених зон на гребні кратерів на полюсах. Данна особливість може вирішити питання забезпечення роботи сонячних панелей на безперервній основі.

### **Характеристика метеоритної небезпеки**

На основі даних зонда LRO (14,1 тисячі подібних фотографій, отриманих у різні епізоди роботи LRO на орбіті), вчені виявили, що за час роботи зонда на поверхні Місяця з'явилося 222 відносно невеликих нових кратерів, чий діаметр досить сильно різнився - від двох до 43 метри. Зіставивши їх число з площею вивчених знімків, вчені прийшли до висновку, що щороку на Місяці з'являється близько 16 нових кратерів, чий діаметр перевищує 10 метрів.

### **Геологія Місяця**

Елементи, які присутні на поверхні Місяця, включають кисень (O), кремній (Si), залізо (Fe), магній (Mg), кальцій (Ca), алюміній (Al), марганець (Mn) і титан (Ti). Серед найбільш поширених елементів у складі місячного реголіту є кисень, залізо та кремній. Вміст кисню оцінюється в 45% (за масою). Вуглець (C) і азот (N) присутні лише в незначних кількостях від осадження сонячним вітром. Характерною особливістю геології Місяця є наявність так званих “Місячних морей” (англ. Maria) - це великі рівнини застиглої базальтової лави, які відповідають поверхням з низьким альбедо, що покривають майже третину ближньої сторони Місяця. Лише кілька відсотків дальньої сторони зазнали впливу вулканізму. Навіть до того, як місії «Аполлона» підтвердили це, більшість вчених вже вважали, що Моря - це заповнені застиглою лавою рівнини.

Додатковою характерною особливістю геології Місяця є наявність лавових трубок - це утворення, які утворилися в результаті лавової активності: коли поверхня потоку лави охолоджується, і в результаті верхній шар потоку

твердіє, а нижній шар продовує рух в каналі у формі трубки. Як тільки потік лави зменшується, трубка може стекти, утворюючи порожнину. Області, де були виявлені данні утворення знаходяться в регіоні пагорбів Маріуса. У 2008 році японський космічний корабель Кагуя, можливо, виявив отвір для лавової трубки в цій області. Більш детально данна область була сфотографована в 2011 році апаратом NASA Lunar Reconnaissance Orbiter, показавши як яму завширшки 65 метрів, так і підлогу ями приблизно на 36 метрів нижче. Крім того, Хедлі Ріллі міг бути частково перекритим лавовим каналом, деякі частини якого з тих пір обвалилися. У 2019 році Європейське космічне агентство розпочало кампанію через Open Space Innovation Platform (OSIP) для оцінки інноваційних пропозицій, спрямованих на дослідження, документування та 3D-картографування вулканічних порожнин на Місяці.

## **1.2 АНАЛІЗ НЕГАТИВНИХ ФАКТОРІВ НА ПОВЕРХНІ МІСЯЦЯ, ЇХ ВПЛИВ НА ОРГАНІЗМ ЛЮДИНИ ТА СПОСОБИ КОМПЕНСАЦІЇ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ЛЮДИНУ**

### **1.2.1 Біоастронавтика - як наукова база для колонізації космосу**

В якості наукової бази для дослідження негативних факторів на поверхні Місяця та їх вплив на організм людини, були проаналізовані досліди та експерименти виконані в рамках такої дисципліни, як біоастронавтика яка являє собою спеціальну область космічних та біологічних досліджень, які у свою чергу охоплюють численні аспекти біологічних, психологічних, медичних та поведінкових проблем, що супроводжують людей та інших живих організмів у космічному середовищі. Окрім перелічених аспектів дослідження, данна дисципліна включає розробку космічних місць проживання та систем життєзабезпечення.

Біокосмонавтика має багато спільного з дочірньою дисципліною - астрономічною гігієною. Обидві дисципліни вивчають небезпеки, які можуть супроводжувати астронавтів під час польоту, однак все ж мають ряд відмінностей. Космічна гігієна є прикладною науковою дисципліною, яка включає у себе космічну медицину та ергономіка. Відкриття у біоастронавтиці та навички астрономічної гігієни вже застосовуються на практиці на

Міжнародній космічній станції (МКС). Тобто данній області науки мають не лише теоритичну, а й практичну основу для їх використання при розробці проекту місячного поселення.

### **1.2.2 Загальна характеристика впливу космічного польоту на організм людини**

Аналізуючи вплив космічного польоту на організм, особливий інтерес з біологічної точки зору представляє вплив мікрогравітації на пілотів та інші живі організми під час польоту. Відсутність плавучості та конвективних потоків рідини, яка спостерігається при земному тяжінні, призводить до більш спокійного міжклитинного середовища в організмах. Деякі функції організмів, які виникають в результаті протидії земній силі тяжіння - починають змінюватись під дією мікрогравітації. Наприклад, гравітропізм у рослинах, набуває нових ознак та відрізняється від земних аналогів або перерозподіл рідини в організмі людини, що має ряд негативних фізіологічних ефектів. Додатковою реакцією організму на мікрогравітацію є зміни у метаболізмі: метаболічна енергія, яка зазвичай витрачається на подолання сили земної гравітації, може бути використана для інших функцій організму. Це призводить до прискореного росту організмів та збільшення швидкості обміну речовин.

З медичної точки зору, тривалий космічний політ прискорює декальцифікацію кісток, подібних до остеопорозу на Землі, а також процес атрофії більшості м'язових тканин. Вивчення цих ефектів має важливе значення для майбутніх безпечних довготривалих подорожей та створення постійних поселень на інших планетах.

З інженерної точки зору, польоти в космос ставлять ряд завдань та цілей для створення автономних закритих систем життєзабезпечення, які включають у себе питання видобутку енергії для роботи системи, видобуток кисню, води та їжі, а також розробки методів організації використання відходів життєдіяльності, після відповідного фізико-хімічного очищення, у повторному циклі системи.

### **1.2.3. Характеристика негативних факторів в умовах космічного польоту, які впливають на організм людини**

Останніми роками зросла кількість досліджень пов'язана з питаннями щодо того, як люди можуть працювати та жити в космосі протягом тривалого часу. Саме вплив на фізіологічну складову організму людини становить найбільшу проблему перед дослідженням на колонізацію космосу. Фундаментальним кроком для вирішення даної проблеми є спроба зрозуміти характер впливу та наслідки довготривалих космічних подорожей на людину.

У жовтні 2015 року Офіс генерального інспектора NASA опублікував звіт про небезпеку для здоров'я, пов'язаний із дослідженням космосу, включаючи місію людини на Марс.

Фактори, які негативно впливають на організм людини під час космічного польоту можна виділити в наступні групи:

#### **Негативний вплив мікрогравітації**

Багато умов, які люди відчувають під час космічних польотів, дуже відрізняються від тих за яких еволюціонувала людина. Однак такі технічні засоби, як космічний корабель чи станція та скаандр, здатні захистити людей від найсуворіших умов. Негайні потреби у кисні, воді та їжі забезпечуються системою життєзабезпечення. Також данна система підтримує оптимальні показники температури та тиску. Однак вплив деяких факторів важко компенсувати. Саме до такої категорії факторів відносять мікрогравітацію, яка має як і короткочасні, так і довготривалий негативний вплив на організм, а саме:

#### **Синдром космічної адаптації**

Найпоширеніша реакція організму на перші години невагомості при виході корабля у відкритий космос. Симптомами данного синдрому включають нудоту та блювоту, головні болі, запаморочення, млявість та загальне нездужання. Перші випадки синдрому були зафіксовані космонавтом Германом Тітовим у 1961 році. Загалом приблизно 45% всіх пілотів, які знаходились у космосі, відчували подібну реакцію організму.

#### **Перерозподіл рідини в організмі**

В наземних умовах під дією сили тяжіння, кров та інші рідини організму прилягають до нижньої частини тіла. Під впливом мікрогравітації рідини в

організми прагнуть збиратися у верхній частині тіла, що призводить до набряку обличчя та додаткового негативного ефекту у вигляді погіршення зору.

### **Негативний вплив на зір**

Оскільки невагомість збільшує об'єм рідини у верхній частині організму, у астронавтів спостерігається підвищений внутрішньочерепний тиск, який у свою чергу збільшує тиск на зоровий нерв та погіршує якість зору. Цей ефект був зафіксований у 2012 році під час МРТ - досліджень астронавтії, які перебували на орбіті принаймні один місяць.

### **Уповільнення роботи серцево-судинної системи**

Під впливом невагомості відбувається перерозподіл рідини організму, що призводить до втрати обсягу рідини в організмі. В свою чергу, оскільки організму потрібно перекачувати меншу об'єм крові за допомогою меншої зусиль - серце починає атрофуватись. Ослаблене серце призводить до зменшення кров'яного тиску і може викликати проблеми із здатністю організму посилати достатню кількість кисню в мозок, що може призвести до запаморочення.

### **Погіршення стану м'язових тканин**

В умовах невагомості групи м'язів ніг та спини швидко слабшають та зменшують свій об'єм, що згодом може призвести до їх атрофування. За останніми дослідженнями, астронавти можуть втратити до 20% м'язової маси уже в перший тиждень перебування у невагомості. Структура волокон м'язової тканини також піддається певним змінам: повільні волокна, які відповідають за витривалість та підтримку постави тіла, згодом замінюються на швидкі волокна, яких недостатньо для виконання будь-якої важкої праці.

### **Погіршення стану кісткової тканини**

В умовах мікрогравітації показники механічного навантаження організм вкрай малі, що призводить до втрати кісткової тканини приблизно у 1,5% від загальної кісткової маси на місяць. Стрімка зміна щільності кісток робить їх більш крихкими та призводить до симптомів схожих на остеопороз.

### **Збільшення ризику утворення ниркових каменів**

Окрім погіршення загального стану кісток, відбуваються зміни і в процесі оновлення кісткової тканини: в умовах земної гравітації, кістки постійно оновлюються, за допомогою налагодженої системи отсеобластів та

остеокластів, які дають відповідні сигнали у чіткій послідовності. В умовах мікрогравітації данна система дає збій, оскільки відбувається збільшення активності остеокластів, що у свою чергу призводить до прискореного розщеплення кісток на мінерали. В результаті, в крові підвищується концентрація кальцію, яка призводить до небезпечної кальцифікації м'яких тканин та підвищується ризик утворення наркових каменів.

### **Додаткові фізіологічні ефекти**

В умовах мікрогравітації, було помічено, швидко поширюються запахи в наколишньому середовищі.

### **Негативний вплив радіаційного випромінення**

За межами існуючих природних механізмів захисту від радіаційного випромінення, таких як атмосфера та магнітосфера Землі, астронавти стають жертвами опромінення високим рівнем радіації. Даний факт створює додаткові проблеми для тривалих космічних польотів, оскільки включають у себе наступні наслідки довготривалого впливу на організм

### **Вплив радіаційного випромінення на імунну та лімфатичну систему**

Радіація може проникати в живу тканину та призвести до ушкодження стовбурових клітин кісткового мозку, які відіграють важливу роль в утворенні кров'яних тілечек, а саме лейкоцитів. Радіація викликає у цих клітинах хромосомні аберації та пошкоджує її ядро і, відповідно, функцію. Оскільки ці клітини відіграють центральну роль в імунній системі - будь-яке їх пошкодження послаблює імунну систему та підвищує вразливість організму, як до нових вірусів, так і до існуючих в організмі, які зазвичай перебувають в інкубаційному періоді під впливом здорової імунної системи.

### **Вплив на ДНК**

Потенційні гострі та хронічні наслідки впливу космічної радіації на здоров'я, як і впливу інших іонізуючих випромінювань, включають як пряме пошкодження ДНК, так і непрямі ефекти, пов'язані з утворенням активних форм кисню, та зміни біохімії клітин та тканин, які можуть змінити транскрипцію генів та тканинне мікрооточення, а також збільшити кількість мутацій ДНК

### **Вплив радіаційного випромінювання на нервову систему**

Дослідження, проведене за підтримки НАСА, показало, що радіація може завдати шкоди мозку астронавтів та прискорити розвиток хвороби Альцгеймера. Що стосується клітин у критичних областях мозку, то дослідження показують, що 13% таких клітин хоча б раз можуть бути опромінені іонами заліза протягом трирічної місії на Марс.

### **Психологічний вплив**

Довготривалі космічні подорожі, також, мають негативний психологічний ефект. Даний факт являє собою дуже важливий аспект для майбутніх дослідів та проектування поселення для довготривалого перебування поселенці на інші планети. Джерелом аналізу даних для даного типу впливу може бути дослідження психологічного стану учасників екіпажу на Міжнародній космічній станції. За час функціонування даного об'єкту вдалось виявити певні характерні фактори, які негативно впливають на членів екіпажу

### **Проживання та робота в обмежених умовах**

Космонавт Валерій Рюмін, двічі Герой Радянського Союзу, цитує цей уривок із «Довідника Гімені» О. Генрі в його автобіографічній книзі про місію «Салют-6»: «Якщо хочеш спровокувати мистецтво ненавмисного вбивства, просто закрий двоє чоловіків у каюті розміром вісімнадцять на двадцять футів на місяць. Людська природа цього не витримає».

### **Порушення циркадного ритму**

Під час космічного польоту, відсутні характерні природні зміни дня і ночі, які дуже впливають на нейроповедінкові реакції організму, що у свою чергу призводить до посилення рівня стресу. На МКС режим сну порушується регулярно через вимоги місії, наприклад планові роботи чи перевірка систем та обладнання.

### **Додатковий дискомфорт через постійний шум та вібрації обладнання**

Для забезпечення постійної роботи системи життєзабезпечення, необхідна постійна робота відповідного обладнання. В умов обмеженості житлового

простору, не завжди вдається півністю ізолювати житлові модулі від модулів з працюючим обладнанням.

### **Ізоляція від однолітків та сім'ї**

Даний аспект на МКС являє собою однією із основних причин стресу та зниження працездатності. Наприклад астронавт НАСА Даніель Тані дізнався про загибель своєї матери в автокатастрофі, перебуваючі на місії на МКС або приклад астронавта НАСА Майкла Фінке, який був змушений пропустити народження другої дитини, через місію на МКС.

### **1.2.4 Характеристика негативних факторів на поверхні Місяця**

Окрім перерахованих вище негативних факторів які супроводжують астронавтів в період космічного польоту, на поверхні Місяця існують додаткові характерні аспекти, на які також повинні бути враховані при розробці проектної пропозиції поселення на Місяці для довготривалого та постійного проживання поселенці.

#### **Метеоритна небезпека**

Грунтуючись на висновки щодо характеру розрідженої атмосфери Місяця, фактично відсутності захисного шару атмосфери, та результатах досліджень експедиції LRO, яка представила приблизну частоту потрапляння метеоритів на поверхню місяця, необхідно зробити висновки та у майбутньому забезпечити комплексну систему захисту екіпажу, житлових модулів та обладнання від метеоритної небезпеки.

#### **Небезпека місячного пилу**

Через постійне "бомбардування" Місяця метеоритами, поверхня Місяця вкрита тонким шаром пилу, утвореного з місячного ґрунту - реголіту. Характерною його особливістю є зазубрена форма зерен, яка здатна прилипати до скафандрів як механічно, так і бути статично зарядженою і контактувати зі скафандром на рівні статичної електроенергії.

Маючи такі особливості, є ризик потрапляння зерен реголіту у житлові модулі після проходження тамбур-шлюзів без ретельного очищення скафандру.

Оскільки реголіт являє собою токсичну сполуку для організму, його поява у житлових модулях може призвести до гострих захворювань дихальних шляхів.



Додатковим негативною особливістю місячного пилю являється його абразивна властивість, яка здатна викликати пошкодження тканини скафандру, оптичних лінз та надувних конструкцій.

### **Екстримальні перепади температури на поверхні Місяця**

Через відсутність стабільної атмосфери, на поверхні Місяця спостерігаються екстримальні перепади температури, амплітуда якої та способи захисту від її негативного впливу, повинні бути враховані при проектуванні житлових модулів та додаткового обладнання, розміщеного за межами поселення

### **Тривалість дня та ночі на поверхні Місяця.**

Характерною ознакою Місяця є його швидкість обертання навколо своєї осі, яка складає 29 земних діб. Тобто, для прикладу, розмістивши певний нерухомий об'єкт на поверхні Місяця, ми виявимо, що протягом повного осьового оберту Місяця, об'єкт був 14,5 днів освітлений та 14,5 днів знаходився у темряві. Данну особливість необхідно врахувати з точки зору забезпечення майбутнього поселення сонячною енергією.

## **1.3 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТИПІВ МІСЯЧНИХ ПОСЕЛЕНЬ.**

### **ЇХ ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА**

Протягом останніх десяти років різко зріс інтерес до ідеї колонізації Місяця. Ідеї створення на нашому супутнику постійної бази для наукових досліджень, видобутку рідкісних корисних копалин або викростиння місячної бази, як аванпост для майбутніх місій на планету-Марс та її поступової колонізації вже набувають практичного формулювання у вигляді концепцій ймовірних баз для місячних поселень. Аналізуючи існуючі проектні пропозиції поселень на Місяці можна виділити три основні види поселення за формою організації на поверхні: наземні, підземні та обваловані типи поселень на Місяці. Кожен тип має свої переваги та недоліки, що відповідають певним вимогам з організації поселення для постійного проживання колоністів.

### **Порівняльна характеристика типів поселень**

#### **Наземний тип поселення**

Загальна характеристика: наземний тип поселення передбачає створення поселення з надувних житлових модулів безпосередньо на заздалегіть

підготовленій поверхні Місяця. Технологія будівництва являє собою зведення надувних житлових модулів з додатковим арочним каркасом. На початкових етапах освоєння Місяця, житлом може виступати космічний апарат, на якому здійснюється експедиція. Прикладом даного типу поселення являється проект поселення розроблений КБ "Південним".

**Переваги:** швидкість та відносна простота монтажу. Основні форми, які використовуються для створення поселення являються циліндор та куполи, які з'єднуються між собою по модульному принципу. Це відкриває можливості налагодження створення даних модулів у промислових масштабах, що усвою чергу, з плином часу, приведе до зменшення вартості будівництва та розробки даного типу поселення

**Недоліки:** недостатній захист від негативних факторів на поверхні місяця. Загальна конструкція даного типу поселень включає в себе неучий металевий каркас із зовнішнім захисним шаром композитного матеріалу. Проте у силу економічних та технічних факторів, як правило, його товщини не достатньо для захисту від довготривалого впливу екстремальних перепадів температури, захисту від метеоритної небезпеки, радіаційного випромінювання та абразивної природи місячного пилу. Звісно, є потенціал розвитку технологій та відкриття нових типів матеріалу та сполук, які б могли задовольнити потреби у захисті від негативного впливу раніше перелічених факторів, проте на момент розробки дипломної роботи - дане припущення не знайшло підтвердження серед відкритих джерел інформації.

### **Підземний тип поселення**

Загальна характеристика: підхід до створення місячної бази із захисним шаром реголіту почали розглядати ще у Радянському Союзі. В той час, існувала програма по розробці місячного поселення, яка мала назву "Довготривала місячна база" (ДМБ). І в одному з варіантів поселення була розроблена концепція розміщення житлового модулю під верхнім шаром реголіту, сполучаючись з поверхневим тамбур-шлюзом через спеціальний герметичний коридор. На даний час, висловлюються пропозиції по створенні місячного поселення в Місячних лавових трубках, як ідеальне місце перших колоністів. Пропозиції даної концепції, на даний час, обмежені лише

концепціями, оскільки дослідження точних розмірів та міцностних характеристик даних утворень ще продовжуються

**Переваги:** першою та найбільшою перевагою над напередодні описаним типом поселення, являється можливість протидіяти більшості негативних факторів на поверхні Місяця. Проводячи аналогію між підземним типом поселення та природними утвореннями під назвою “місячні лавові трубки”, можна зробити ряд висновків. По-перше, це захист від екстремальних перепадів температури: в результаті непілотованих експедицій та аналізу умов всередині лавових трубок, було виявлено, що при заглибленні під кору Місяця на два метри, температура показує стабільне значення у  $-30^{\circ}\text{C}$ . По-друге, можливість захисту від метеоритної небезпеки доводить саме існування подібних утворень та їх вік, що, в результаті, підтверджує думку про можливість захисту житлового модулю від метеоритної небезпеки, шляхом утворення захисного шару реголіту у декілька метрів. По-третє, вплив радіаційного випромінювання в разі зменшуються, при наявності захисного шару у вигляді місячного ґрунту.

**Недоліки:** для створення котловану необхідного габариту для комфортного проживання людей та захисту усіх модулів системи життєзабезпечення, існує вірогідність нестачі достатньої кількості джерел енергії для роботи обладнання. В наземних умовах, земельні роботи являють собою більш складний та дорожчий спосіб будівництва, який включає у себе додаткові труднощі, пов’язані з геологією. Подібні труднощі можуть виникнути і на поверхні Місяця, оскільки існує ймовірність неможливості створення котловану необхідного габариту в конкретному місці, через геологічні особливості потенційного місця поселення. Можливість використання місячних лавових трубок у якості потенційного місця для місячної бази, обмежена габаритами даних природних структур, а також відсутність чітких досліджень з габаритів та оцінки міцностних характеристик на момент безпосереднього будівництва місячного поселення.

### **Обвалований тип поселення**

**Загальна характеристика:** даний тип поселення являє собою комбінований підхід попередніх методів створення постійного місячного поселення, який враховує переваги та недоліки обох варіантів підходів у

проектвання місячних поселень. Загальна концепція даного типу поселення полягає у тому, що житловий модуль, який являє собою надувну конструкцію, покривають захисним шаром реголіту. Оскільки місячний ґрунт являє собою унікальну суміш залізовмістних сполук, його можна сплавити у склоподібну тверду структуру під дією лазерів чи мікрохвильової енергії. В якості прикладу для подальшого дослідження архітектурних аспектів обвалованого типу поселень, буде використано приклад місячного поселення, розробленого архітектурним бюро “Foster + Partners” сумісно з Європейською космічною агенцією (ESA).

**Переваги:** даний тип поселення включає у себе переваги підземного типу поселення, а саме захист житлового модуля від екстремальних умов на поверхні Місяця, а також більш економічно доцільне використання логістичних можливостей людства при будівництві даного типу поселення. Оскільки основний об’єм матеріалу для поселення являє собою реголіт, це призводить до зменшення ваги вантажу, який необхідно доставити на поверхню Місяця для створення поселення, що у свою чергу зменшує ціну польоту ракети-носія, та робить даний тип поселення найбільш економічно доцільним.

**Недоліки:** на даний час ще проводяться дослідження методів створення захисного шару з реголіту за допомогою технологій лазерного та мікрохвильового впливу на реголіт. Результати цих дослідів мають бути уточнені після створення першого експериментального поселення безпосередньо на поверхні Місяця в реаліях міжпланетного простору.

#### **1.4 ВИСНОВОК ПО РОЗДІЛУ**

Загальний вектор розвитку проектування місячних поселень фде за трьома векторами: поселення, розташовані на поверхні Місяця, підземні типи поселень та обвалований тип поселення. Аналізуючи результати експедицій на Місяць, комплексний аналіз умов на його поверхні, вплив космічного польоту на організм людини, а також сучасний стан розвитку технологій, можна зробити висновок, що обвалований тип поселення є найкращим типом поселення для довготривалого життя людей на поверхні Місяця, оскільки він здатний вирішити широкий комплекс питань захисту екіпажу від несприятливих факторів, що будуть супроводжувати майбутніх поселенців на Місяці.

## **Розділ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУРНИХ АСПЕКТІВ ПРОЕКТУВАННЯ ОБВАЛОВАНИХ МІСЧНИХ ПОСЛЕНЬ**

### **2.1 Технологія будівництва**

Процес колонізації міжпланетного простору та інших планет являє собою складний процес дослідження та розробки методик проектування та реалізації технологій будівництва, необхідних для задоволення майбутніх потреб місячних поселенців. Саме тому Американське та Європейське космічні агенства координують свої дії у рамках дослідження питання можливості колонізації Місяця. Окрім космічних агенств, до розробки перспективного проекту долучають інші наукові організації та приватні компанії. Так, а якості прикладу проектного пошуку можна розглянути проект архітектурного бюро “Foster + Partners”, яке сумісно із Європейською космічною агенцією розробила концепцію створення житла на Місяці обвалованного типу. Перодову роль у реалізації данного проекту являє технологія 3D-принтеру з використанням лунного ґрунту-реголіту у якості сировини для створення захисного шару житлового модулю. Проаналізувавши технологію будівництва можна виділити три основні групи складових, які будуть використовуватись при створенні поселення данного типу.

Надувний житловий модуль: бюро “Foster + Partners” розробило конструкцію купола з комірчастою структурою, яка здатна витримати вагу захисного шару реголіту та створити куполоподібний простір необхідних габаритів для комфортного проживання поселенців на Місяці. Технологія зведення передбачає наступні кроки: ракета носій доставляє на Місяць спеціальну капсулу циліндроподібної форми, в якій знаходиться складена конструкція для житлового модуля та ємкості із газом для створення необхідної форми. Після посадки на поверхню Місяця та підготовки потенційного місця для будівництва, відбувається монтаж та фіксація капсули, яка починає створювати надувну герметичну форму, за допомогою передбаченої в ній ємкостей з газом. Після завершення монтажу житлового модуля та захисного модуля, капсула буде виконувати функцію тамбур - шлюзу.

Матеріал для будівництва захисного шару: за своїм складом, реголіт являє собою унікальну суміш залізовмістних сполук, які під дією теплової та

мікрохвильової енергією здатний перетворюватись на тверду склоподібну речовину, здатну витримати ряд небезпек пов'язані з метеоритною небезпекою. Використання реголіту, як основного будівельного матеріалу являється економічно доцільним, оскільки для повного циклу будівництва, ракеті-носію не потрібно доставляти більшу частину будівельного матеріалу, що у свою чергу зменшую вагу ракети та загальну вартість космічного польоту.

Технологія 3D-друку: розвиток та використання данної технології є найбільш доцільною з економічної та технічної точки зору. По попереднім оцінкам, створення захисного шару реголіту з наявним рівнем технологічного прогресу, може займати від трьох до шести місяців. Саме тому розвиток роботизованих систем будівництва з дистанційним керуванням, мають бути однією із пріоритетних завдань дослідження питання створення поселення на Місяці. Для 3D-друку на Місяці та Марсі розроблені ряд підходів, які мають свої особливості, переваги та недоліки. Перший підхід передбачає використання сонячної енергії для спікання реголіту під дією теплової енергії. Перевагою данного підходу являється відносна економія використання енергії для роботи обладнання. Однак, данна технологія дуже залежить від фактору освітлення потенційного будівельного майданчика. Другий підхід у використанні реголіту у якості будівельного матеріалу, передбачає його вплив на нього за допомогою лазера чи мікрохвиль. Для данного процесу знадобиться набагато більше енергії, потреби якої наврядчи зможуть задовольнити сонячні панелі на початкових етапах, проте продовження дослідів данного процесу та оптимізації використання енергії мають сенс, оскільки якість захисного шару при такому впливі на реголіт, в рази краща за перший підхід.

## **2.2. Дослідження функціональної організації приміщень в поселенні**

### **2.2.1 Мінародна космічна станція, як об'єкт вивчення**

**функціональної організації середовища для життя за межами Землі.**

#### **Її загальна характеристика**

Для функціонування поселення, як житла для довготривалого перебування поселенців на Місяці, окрім аналізу негативних факторів та протидії їм за допомогою нових технологій будівництва, також необхідно проаналізувати та

передбачити особливості функціональної організації приміщень, взаємодію членів екіпажу в умовах мікрогравітації один з одним та системами життєзабезпечення, а також забезпечити побутову складову життя астронавтів, починаючи з аналізу забезпечення фізіологічних потреб та закінчуючи психологічним станом і проведенням вільного часу та відпочинку. В якості прикладу організації житлового простору у веземних умовах, буде проаналізований досвід організації умов для життя на прикладі Міжнародної космічної станції - яка являє собою модульну пілотовану орбітальну станцію, яка використовується в якості багатоцільового космічного наукового комплексу. МКС - це багатонаціональний спільний міжнародний проект, в якому беруть участь п'ять космічних агентств: NASA (США), Роскосмос (Росія), JAXA (Японія), ESA (Європа) та CSA (Канада). Право власності та використання космічної станції встановлюється міжурядовими договорами та угодами. Станція виконує роль мікрогравітації та космічного середовища у якості науково-дослідницької лабораторії, в якій проводяться наукові дослідження в астробіології, астрономії, метеорології, фізиці. МКС підходить для тестування систем та обладнання космічних кораблів, необхідних для можливих майбутніх тривалих місій на Місяць і Марс.

МКС складається з герметичних житлових модулів, структурних ферм, фотоелектричних сонячних батарей, теплових радіаторів, стикувальних портів, експериментальних відсіків та герметичних житлових модулів. Основні модулі МКС були запуснені російськими ракетами

«Протон» і «Союз» та американськими космічними шаттлами. Станцію обслуговують різноманітні космічні кораблі: російські «Союз» і «Прогрес», SpaceX Dragon 2 і Northrop Grumman Space Systems Cygnus і раніше Європейський автоматизований транспортний засіб (ATV), японський H-II Transfer Vehicle і SpaceX Dragon 1. Космічний корабель Dragon дозволяє повертати на Землю герметичний вантаж, який використовується, наприклад, для репатріації наукових експериментів для подальшого аналізу. Станом на квітень 2022 року космічну станцію відвідали 251 астронавт.

МКС — модульна космічна станція яка здатна додавати або видаляти модулі з існуючих структури, забезпечуючи більшу гнучкість загальної системи. Модулі

можна класифікувати на декілька груп: герметичні ділянки до яких екіпаж може отримати доступ без використання скафандрів; негерметичні надбудови станції; тимчасов не функціонуючі чи не введені в експлуатацію

## **2.2.2 Аналіз основних модулів станції та їх функціональне призначення**

### **Модуль “Зоря”**

Також відома як Функціональний вантажний блок або ФГБ був першим зупещеним модулем МКС. ФГБ забезпечив електричну енергію, зберігання, рух і наведення для МКС на початковому етапі складання. З запуском та складанням на орбіту інших модулів із більш спеціалізованою функціональністю, Zarya, станом на серпень 2021 року, в основному використовується для зберігання, як всередині герметичної секції, так і в зовнішніх паливних баках. Ім'я «Зоря» було дано ФГБ, оскільки воно означало початок нової ери міжнародного співробітництва в космосі. Хоча його побудувала російська компанія, він належить США.

### **Модуль “Unity”**

З'єднувальний модуль Unity, також відомий як Node 1, є першим компонентом МКС, виготовленим у США. Він з'єднує російський і американський сегменти станції, і тут екіпаж разом їсть. Модуль циліндричної форми з шістьма місцями стоянки (передній, кормовий, лівий, правий борт, zenit і надир), що полегшує з'єднання з іншими модулями.

Unity має діаметр 4,57 метра, довжину 5,47 метра, виготовлений зі сталі, і був побудований для NASA компанією Boeing на виробничому заводі в Центрі космічних польотів Маршалла в Хантсвіллі, штат Алабама

### **Модуль “Зірка”**

Третій модуль, запущений на станцію, який забезпечує всі системи життєзабезпечення станції, деякі з яких доповнені в USOS, а також має житлові приміщення для двох членів екіпажу. Це структурний і функціональний центр російського орбітального сегмента, який є російською частиною МКС. Тут збирається екіпаж для вирішення надзвичайних ситуацій на станції.

### **Модуль “Destiny”**

Являються модулем з дослідницькою лабораторією США, саме в цьому модулі



відбуваються основні експерименти на борту МКС. Модуль був прикріплен до модуля Unity і активован протягом п'яти днів у лютому 2001 року. <sup>[123]</sup> Destiny є першою постійно діючою орбітальною дослідницькою станцією NASA. Астронавти працюють у герметичній установці, щоб проводити дослідження в багатьох наукових галузях. Вчені всього світу мають можливість використовувати результати досліджень в данному модулі для їх подальшого використання у галузі медицини, техніки, біотехнології, фізики, матеріалознавства та науки про Землю.

### **Модуль “Quest Joint Airlock”**

Об'єднаний повітряний шлюз США, який надає забезпечую можливість позакорабельної діяльності, враховуючи та дозволяючи використовувати різні стандарти для скафандрів кожного космічного агенства.

### **Модуль “Harmony”**

Являється з'єднувальним центром лабораторних модуле США, Європи та Японії, який забезпечує електропостачання та обмін даними електронними даними між сусідніми модулями. Тут розміщені спальні каюти для чотирьох членів екіпажу

### **Модуль “Tranquility “**

Модуль МКС, який містить системи контролю за навколишнім середовищем, системи життєзабезпечення , туалет, тренажери та оглядовий купол .

### **Модуль “Leonardo Permanent Multipurpose Module (PMM)”**

Постійний багатоцільовий модуль Міжнародної космічної станції. який в основному використовується для зберігання запчастин, припасів і відходів на МКС, які до того часу зберігалися в багатьох різних місцях на космічній станції. Це також зона особистої гігієни для астронавтів, які живуть в орбітальному сегменті США .

## **2.2.3 Аналіз бортових систем МКС та їх роль у життєзабезпеченні екіпажу**

### **Система забезпечення киснем та контролю якості атмосфери**

Атмосфера на борту МКС подібна до земної .Нормальний тиск повітря на МКС становить 101,3 кПа, те саме, що й на рівні моря на Землі. Атмосфера, подібна до Землі, сприяє комфорту екіпажу, і є набагато безпечнішою, ніж атмосфера з

чистим киснем, через підвищений ризик пожежі. Система « Електрон» на борту модуля « Звезда» і подібна система в Destiny генерують кисень на борту станції. Екіпаж має резервний варіант у вигляді балонів із киснем у пляшках та балонами для генерації кисню на твердому паливі (SFOG), хімічна система генератора кисню. Вуглекислий газ видаляється з повітря системою « Воздух » Інші побічні продукти людського метаболізму, такі як метан з кишечника і аміак з поту, видаляються фільтрами з активованим вугіллям. Частиною системи контролю атмосфери ROS є подача кисню. Потрійне резервування забезпечується блоком “Elektron”, твердопаливними генераторами та накопиченим киснем. Основним джерелом кисню є установка Elektron, яка виробляє O<sub>2</sub> і H<sub>2</sub> шляхом електролізу води і випускає H<sub>2</sub> за борт. Система потужністю 1 кВт (1,3 к.с.) споживає приблизно один літр води на члена екіпажу на день. Цю воду або привозять із Землі, або переробляють з інших систем. « Мир » був першим космічним кораблем, який використовував перероблену воду для виробництва кисню.

### **Системи забезпечення МКС енергією**

Двосторонні сонячні батареї забезпечують електричну енергію МКС. Ці біфаціальні панелі збирають пряме сонячне світло з одного боку і світло , відбите від Землі з іншого, і є більш ефективними та працюють при нижчій температурі, ніж односторонні панелі, які зазвичай використовуються на Землі. Сонячні батареї USOS розташовані у вигляді чотирьох пар крил, загальна потужність яких становить від 75 до 90 кіловат. Ці масиви зазвичай відстежують напрямок Сонця аби максимізувати виробництво електроенергії. Спочатку станція використовувала акумуляторні нікель-водневі батареї ( NiH<sub>2</sub> ) для безперервного живлення протягом 45 хвилин кожної 90-хвилинної орбіти, яку вона затьмарює Земля. Батареї заряджаються на денній стороні орбіти. Вони мали термін служби 6,5 років (понад 37 000 циклів заряду/розрядки) і регулярно замінювалися протягом очікуваного 20-річного терміну служби станції. Починаючи з 2016 року, нікель-водневі батареї замінили літій-іонними , які, як очікується, прослужать до кінця програми МКС. Великі сонячні панелі станції створюють високу різницю потенціалів напруги між станцією та іоносферою. Це може призвести до виникнення дуги через

ізоляційні поверхні та розпилення провідних поверхонь, оскільки іони прискорюються плазмовою оболонкою космічного корабля. Щоб пом'якшити це, блоки плазмових контакторів створюють шляхи струму між станцією та плазмою навколишнього простору. Системи та експерименти станції споживають велику кількість електроенергії, майже вся вона перетворюється в тепло. Щоб підтримувати внутрішню температуру в робочих межах, система пасивного теплового контролю (PTCS) виготовлена з матеріалів зовнішньої поверхні, ізоляції, наприклад, MLI, і теплових труб, які регулюють комфортний температурний режим.

### **Системи зв'язку**

Радіозв'язок забезпечує телеметрію та зв'язок наукових даних між станцією та центрами управління місією. Радіозв'язки також використовуються під час зустрічей та процедур стикування, а також для аудіо- та відеозв'язку між членами екіпажу, диспетчерами та членами сім'ї. В результаті МКС оснащена внутрішніми і зовнішніми системами зв'язку, які використовуються для різного призначення. Орбітальний сегмент США (USOS) використовує дві окремі радіолінії: діапазон S (аудіо, телеметрія, управління – розташований на фермі P1/S1) і діапазон K<sub>u</sub> (аудіо, відео та дані – розташовані на фермі Z1). Ці передачі направляються через супутникову систему відстеження та передачі даних США (TDRSS) на геостаціонарній орбіті, що забезпечує майже безперервний зв'язок у реальному часі з Центром управління польотами Крістофера К. Крафта-молодшого (MCC-H) у Х'юстоні. Канали даних для Canadarm2, Європейський КолумбЛабораторні та японські модулі Kibō спочатку також маршрутизувалися через системи діапазону S і K<sub>u</sub>, а Європейська система передачі даних і подібна японська система, в кінцевому підсумку, доповнили TDRSS у цій ролі. Зв'язок між модулями здійснюється у внутрішній бездротовій мережі.

Радіохвилі надвисокої частоти використовується астронавтами та космонавтами, які проводять вихід у відкритий космос та іншими космічними кораблями, які пристиковуються або відстиковуються від станції.

Автоматизовані космічні апарати оснащені власним обладнанням зв'язку та системами лазерного наведення, прикріплені до космічного корабля для точного

пристикуватися до станції.

## **2.2.4 Аналіз побутових складових життя на МКС**

### **Сон у космосі**

Сон у космосі є важливою частиною космічної медицини та планування місії, що впливає на здоров'я, здібності та моральний дух астронавтів.

Польоти людини в космос часто вимагають від екіпажів астронавтів витримувати тривалі періоди без відпочинку. Дослідження показали, що недолік сну може викликати втому, що призводить до помилок під час виконання критичних завдань. Астронавти та наземні екіпажі часто страждають від наслідків нестачі сну та порушення циркадного ритму. Втома через втрату сну, зміну сну та перевантаження на роботі можуть спричинити помилки в роботі, які піддають учасникам космічного польоту ризику загрози цілям місії, а також здоров'ю та безпеці тих, хто знаходиться на борту.

У ході програми «Аполлон» було виявлено, що покращення якості сну у невеликих обсягах, який протікає в командному та місячному модулі було б найлегше досягти, якби:

- усі члени екіпажу спали одночасно
- у членів екіпажу біла можливість знімати робочі костюми
- робочий графік був б організований та переглянутий у міру необхідності, аби забезпечити безперервний (радіо-тихий) 6-8-годинний період відпочинку протягом кожного 24-годинного періоду
- температура в модулі та одязі для сну відповідали комфортним значенням
- екіпаж мав можливість приглушити світло приладів та виключити потрапляння сонячного світла до житлового модулю
- обладнання, таке як насоси, було належним чином звукоізольоване

Додатковим важливим спостереженням та висновком з організації місця для сну є вимоги до спальних і приміщення та приміщення екіпажу, які повинні добре провітрюватися; в іншому випадку астронавти можуть прокинутися позбавленими кисню і задихатися, тому що навколо їх голови утворився міхур з видихуваного ними вуглекислого газу

Клітини головного мозку надзвичайно чутливі до нестачі кисню, і клітини мозку можуть почати вмирати через 5 хвилин після припинення подачі кисню;

внаслідок гіпоксія головного мозку може швидко спричинити серйозне пошкодження головного мозку або навіть смерть. Зниження надходження кисню в мозок може викликати недоумство та пошкодження головного мозку, а також безліч інших симптомів.

### **Утилізація відходів**

Космічний туалет або туалет з невагомістю - це туалет, який можна використовувати в умовах невагомості. За відсутності ваги збирання та утримання рідких та твердих відходів здійснюється за допомогою повітряного потоку. Оскільки повітря, яке використовується для направлення відходів, повертається в кабінку, воно попередньо фільтрується для усунення запаху та очищення від бактерій. У більш старих системах стічні води викидаються в космос, а будь-які тверді частинки стискуються і зберігаються видалення під час посадки. Більш сучасні системи піддають тверді відходи впливу вакууму для знищення бактерій, що запобігає проблемам із запахом і вбиває патогени. За відсутності гравітації космічні туалети використовують потік повітря, щоб вивести сечу та фекалії з тіла у відповідні судини. Нова функція космічного туалету - автоматичний запуск потоку повітря під час підняття кришки унітазу, що також допомагає контролювати запах. На численні прохання (астронавти) він також включає більш ергономічну конструкцію, що вимагає менше часу на очищення і технічне обслуговування, з корозійно-стійкими і міцними деталями, щоб знизити ймовірність обслуговування поза встановленим графіком. Менше часу, що витрачається на сантехніку, означає, що команда може більше часу приділяти науці та іншим високопріоритетним дослідженням.

На модулі «Мир» було два космічні туалети (ВРУ), розташовані в основному блоці. Вони використовували систему всмоктування з приводом від вентилятора, аналогічну системі збору відходів космічного корабля. Спочатку користувача прикріплюють до сидіння унітазу, яке має підпружинені обмежувачі для забезпечення надійного прилягання. Важіль наводив на дію потужний вентилятор, і всмоктуючий отвір відкривалося: потік повітря відносив відходи. Тверді відходи збирали в індивідуальні мішки, які зберігали у алюмінієвому контейнері. Повні контейнери було передано на космічний корабель «Прогрес» для утилізації. Рідкі відходи відводилися через шланг,

приєднаний до передньої частини унітазу, з анатомічно підходящими «перехідниками вирви для сечі», прикріпленими до трубки, щоб чоловіки та жінки могли користуватися одним і тим самим унітазом. Відходи збиралися і передавалися до системи регенерації води, де вони перероблялися назад у питну воду, хоча зазвичай вона використовується для кисню за допомогою електролізу. На Міжнародній космічній станції немає душу. Натомість астронавти приймають короткі ванни з губкою: одна тканина використовується для миття, а інша для полоскання. Оскільки поверхнєве натяг змушує воду та мильні бульбашки прилипати до шкіри, води потрібно дуже мало. Використовується спеціальне мило та шампуні, які через свій склад не потрібно змивати.

### **Їжа в космосі**

Космічна їжа - це тип харчового продукту, створеного та обробленого для споживання космонавтами під час польотів у космос. До їжі пред'являються особливі вимоги щодо забезпечення збалансованого харчування для людей, що працюють у космосі, і водночас її легкого та безпечно зберігати, готування та вживання у невагомому середовищі космічного корабля з екіпажем. Більшість космічної їжі піддається сублімаційному сушінню, щоб забезпечити тривалий термін зберігання. Космічна їжа має ряд вимог для умов мікрогравітації харчування має бути фізіологічно доцільним. Зокрема, вона має бути поживною, легкозасвоюваним та приємним на смак.

Їжа має бути розроблена для вживання в умовах невагомості. Таким чином, їжа повинна бути легкою, добре упакованою, швидкою в подачі і вимагає мінімального очищення

Харчові продукти вимагають мінімальних витрат енергії протягом усього їх споживання; вони повинні добре зберігатися, легко відкриватися та залишати мало відходів (наприклад, продукти, що залишають крихти, не підходять для зберігання).

Газовані напої були випробувані в космосі, але їм не віддають перевагу через зміни у відрижці, спричинені мікрогравітацією. Без гравітації, яка розділяє рідину і газ у шлунку, відрижка призводить до блювання, званого «мочною відрижкою».

У 2012 році NASA затвердили наступні типи обробки їжі для тривалих космічних польотів

Термостабілізація - цей процес, також відомий як процес реторти, нагріває їжу до температури, яка робить його вільним від патогенів, мікроорганізмів, що викликають псування, та активності ферментів. Харчові продукти поміщаються в банки або пакети, а потім піддаються термічній обробці парою під надмірним тиском.

Регідратація - це технологія, що дозволяє сушити їжу. Прикладами цих технологій є сушіння теплом, осмотична сушіння та сушіння виморожуванням. Ці процеси знижують активність води у харчових продуктах, що призводить до неможливості мікроорганізмів до розмноження.

Натуральна форма. У натуральній формі подаються продукти тривалого зберігання. Вологість харчових продуктів може змінюватись від низької вологості (наприклад, мигдаль та арахіс) до середньої вологості (наприклад, тістечка та сухофрукти). Ці продукти засновані на зниженому рівні вмісту води, що запобігає мікробній діяльності

## **2.3 Дослідження поняття «Система життєзабезпечення» та аналіз його складових**

### **2.3.1 Значення поняття терміну «Система життєзабезпечення»**

Система життєзабезпечення - це комбінація обладнання, яке дозволяє виживати в середовищі або ситуації, яка не підтримувала б це життя за його відсутності. Зазвичай він застосовується до систем, що підтримують життя людини в ситуаціях, коли зовнішнє середовище є ворожим, наприклад у космосі чи під водою, або медичних ситуаціях, коли здоров'я людини загрожує настільки, що ризик смерті був би високим без функції. обладнання.

У космічних польотах людини система життєзабезпечення — це група пристроїв, які дозволяють людині виживати в космосі. Урядове космічне агентство США NASA та приватні космічні компанії використовують термін системи контролю за навколишнім середовищем і життєзабезпечення або абревіатуру ECLSS при описі цих систем. Система життєзабезпечення може забезпечувати повітря, воду та їжу. Він також повинен підтримувати правильну

температуру тіла, прийнятний тиск на організм і боротися з продуктами життєдіяльності організму. Також може знадобитися захист від шкідливих зовнішніх впливів, таких як радіація та мікрометеорити. Компоненти системи життєзабезпечення є критичними для життя, і розроблені та виготовлені з використанням техніки безпеки.

Будь-яка система життєзабезпечення базується на фізіологічних та метаболічних потребах людини. Члену екіпажу типового розміру потрібно приблизно 5 кілограмів їжі, води та кисню на день для виконання стандартних дій під час космічної місії, і виділяє подібну кількість у вигляді твердих відходів, відпрацьованих рідин і вуглекислого газу. Масовий розподіл цих метаболічних параметрів виглядає так: 0,84 кг кисню, 0,62 кг їжі та 3,54 кг спожитої води, перетворені через фізіологічні процеси організму в Утворено 0,11 кг твердих відходів, 3,89 кг рідких відходів і 1,00 кг вуглекислого газу. Ці рівні можуть відрізнятися залежно від рівня активності конкретного завдання місії, але повинні підкорятися принципу балансу маси. Фактичне використання води під час космічних місій зазвичай вдвічі перевищує задане значення, в основному через небіологічне використання (наприклад, прийняття душу). Крім того, обсяг та різноманітність відходів залежить від тривалості місії, включаючи волосся, нігті, лущення шкіри та інші біологічні відходи в місіях тривалістю понад один тиждень. Інші екологічні міркування, такі як радіація, гравітація, шум, вібрація та освітлення, також впливають на фізіологічну реакцію людини в космосі, але не з більш миттєвим впливом, як метаболічні параметри.

### **2.3.2 Аналіз складових системи життєзабезпечення**

Система, яка є придатною для підтримання нормальних умов для життя поселенців на місяці повинна включати у себе наступні складові:

Система киснезабезпечення - повинна забезпечувати подачу в атмосферу відсіку кисню в кількості 0,9 кг/сут (на одну людину) і підтримувати парціальний тиск кисню в заданому діапазоні значень (18-32 кПа).

Система очистки атмосфери - повинна забезпечувати збирання та видалення з атмосфери вуглекислого газу в кількості 1,0 кг/добу, підтримувати його парціальний тиск на рівні не більше 1 кПа, а також забезпечувати



очищення атмосфери від шкідливих мікродомішок, що виділяються людиною та обладнанням.

Система водозабезпечення - повинна забезпечувати екіпаж питною водою у кількості 2,5 кг/(люд.-добу); у разі використання натуральних продуктів харчування, що містять воду (до 0,5 кг/добу), норма питної води зменшується до 2 кг/(люд.-добу).

Система живлення екіпажу - повинна забезпечувати космонавта повноцінним харчуванням, з раціоном, що містить білки, жири та вуглеводи у масовому співвідношенні близько 1:1:4 та із загальною калорійністю до 12500 кДж/(чол.-сут).

Система засобів видалення відходів - повинні забезпечувати збирання та ізоляцію з атмосфери рідких (урини) та твердих продуктів життєдіяльності. Засоби санітарно-побутового забезпечення - призначені для особистої гігієни екіпажу (умивання, душ) та задоволення побутових потреб - одяг, спальні приладдя, предмети для санітарного прибирання відсіків.

Система засобів індивідуального захисту екіпажу - аварійно-рятувальні скафандри, дихальні маски, що забезпечують захист екіпажу в аварійних ситуаціях - при розгерметизації відсіку, виникненні пожежі тощо; космічні скафандри для забезпечення виходу та роботи людини в космічному просторі поза відсіком житлового модуля.

## **2.4 Аналіз способів створення автономних систем життєзабезпечення в умовах космічних польотів та поселень на Місяці**

### **2.4.1 Аналіз факторів, які спонукають до розробки автономних систем**

Аналізуючи умови в яких знаходиться екіпаж космічного корабля та можуть знаходитись майбутні поселенці, виникає потреба у створенні максимально автономних та закритих екосистем.

Закриті екологічні системи (CES) - це екосистеми, які не покладаються на обмін речовиною з будь-якою частиною поза системою.

Цей термін найчастіше використовується для опису малих, створених людиною екосистем. Такі системи є науково цікавими і потенційно можуть служити системою життєзабезпечення під час космічних польотів, на космічних станціях або космічних місцях проживання.

У закритій екологічній системі будь-які відходи, вироблені одним видом, повинні використовуватися принаймні одним іншим видом. Якщо метою є підтримання такої форми життя, як миша або людина, продукти життєдіяльності, такі як вуглекислий газ, фекалії та сеча, мають зрештою перетворюватися на кисень, їжу та воду. Закрита екологічна система повинна містити хоча б один автотрофний організм. Хоча і хемотрофні, і фототрофні організми є правдоподібними, майже всі закриті екологічні системи на сьогоднішній день засновані на автотрофах, таких як зелені водорості.

Подібні висновки про створення автономних систем життєзабезпечення пов'язані з декількома суттєвими факторами:

### **Обмежена вантажопідйомність ракети - носія**

На даний момент в класифікації ракет-носіїв, найбільш потужною ракетою являються ракети класу "Надважка". Даний клас ракет-носіїв (РН) здатних виводити на низьку навколосемну орбіту понад 50 тонн. На початок 2020-х років єдиною експлуатованою надважкою РН є американська Falcon Heavy, яка вперше стартувала 6 лютого 2018 року.

### **Ціна запуску ракети - носія**

Хоча, теоретично, можливо спроектувати ракету-носій, яка буде здатна вивести на орбіту більшу вагу вантажу, потрібно брати до уваги економічний аспект космічних польотів, а саме: кожна додаткова незапланована тонна вантажу - здатна збільшити вартість запуску в декілька разів.

### **Поняття вікно запуску**

Стартове вікно - період часу, що підходить для запуску космічної ракети до іншої планети енергетично оптимальною траєкторією з найменшою витратою палива ракети. Розташування Землі в момент старту ракети збігається з початком оптимальної траєкторії, а розташування планети в момент підльоту до неї міжпланетної станції має співпадати з кінцем оптимальної траєкторії. Хоча час за який ракета "Аполлон -11" пододала шлях до Місяця складало 21 годину 36 годин, проте даний результат вдалось досягнути за допомогою оптимально розрахованого часу запуску місії. І хоча з часу запуску програми "Аполлон" минуло 50 років, при не оптимально прорахованому маршруті, час витрачений на маршрут до Місяця може бути суттєво збільшений.

## **2.4.2 Способи створення автономних систем життєзабезпечення в умовах місячного поселення**

Проаналізувавши складові системи, можна виділити декілька груп, які мають фундаментальне значення для створення та подальшого розвитку закритої екосистеми в умовах місячного поселення

### **Система киснезабезпечення**

Однією з найреволюційнішою технологією забезпечення поселення киснем - є відкриття можливості видобутку кисню з місячного реголіту. Зразки реголіту, які опинились на Землі у межах космічної програми "Аполлон", дали можливість проаналізувати склад місячного реголіту. Виявилось, що основними складовими реголіту являється кисень (40%), карбон (20%) та залізо (12%). Проте, усе цей кисень пов'язаний з іншими молекулами вигляді оксидів мінералів чи скла, тому і недоступний для негайного використання. Потрбна певна кількість енергії і технології, які б допомгли вивільнити кисень із цих сполук. Саме з цією метою був створений випробувальний зразок кисневої фабрики. Він встановлений у Лабораторії матеріалів та електричних компонентів Європейського центру космічних досліджень та технологій (ESTEC), що розташований у Нордвейку (Нідерланди). Установа працює безшумно, а отриманий у процесі кисень поки що виходить у вихлопну трубу. Подальші модифікації системи дозволять зберігати його для використання у майбутньому. Для вилучення кисню з реголіту ESTEC застосували метод, який називається електроліз розплавлених солей. Місячний ґрунт помістили в сітчастий кошик, наповнений нагрітим до 950°C хлоридом кальцію, який при такій температурі знаходиться в розплавленому стані і може виступати електролітом. Реголіт за такої температури все ще залишається твердим. Але якщо пропустити через нього струм, то кисень, що знаходиться в реголіті, почне мігрувати крізь сіль, збираючись в районі анода. За 50 годин роботи установки з реголіту було вилучено 96% кисню, причому 75% вилучено в перші 15 годин. Окрім видобутку кисню, даний процес має ще один цікавий ефект - після видобутку кисню, реголіт перетворюється на сполуки металу. Скоріш за все, склад отриманного порошку буде залежити від регіону, де було взято

реголіт. Подібний ефект та його подальше вивчення, можуть відкрити нові можливості для 3D-друку в умовах місячних експедицій.

### **Система водозабезпечення**

Завдяки публікації результатів місії Chandrayaan-1 було виявлено, що, приблизно, в 40 кратерах у районі Північного полюса Місяця вже знайдено близько 0,6 км льоду. Є лід і на Південному полюсі Місяця: так, за оцінками НАСА, льодом покрито близько 22% поверхні кратера Шеклтон, розташованого поруч з ним. Вода перебуває у замороженому стані, перебуваючі в складі місячного реголіту. Аби знайти найбільш ефективну технологію видобутку води в умов місячного поселення, наприкінці 2020 року НАСА запустило конкурс зі створення технологій для видобутку води з льоду на Місяці. Зона конкурсу була розташована за 11 кілометрів від південного полюса та розбита на дві області: посадкову та область видобутку. Апарати учасників конкурсу мають приземлитися у посадковій області площею 98 тисяч квадратних метрів. У посадочній області НАСА розташує енергетичну установку потужністю 10 кіловат, яку зможуть використати учасники. Зважаючи на все, йдеться про ядерний реактор, який агентство успішно випробувало у 2018 році. Також НАСА надасть можливість доставляти енергію від реактора на відстань до чотирьох кілометрів, але поки що не уточнюється який саме чином.

За 3,27 кілометра від посадкової зони буде розташована зона видобутку, а за 200 метрів від неї НАСА встановить апарат для видобутку води з реголіту. При цьому учасники можуть використовувати свій апарат для переробки реголіту. Після переробки в той чи інший спосіб апарати учасників повинні будуть доставити отриману воду в посадкову область. Загалом кожна команда має доставити 10 тонн води.

Компанія Masten Space Systems разом із Honeybee Robotics та Lunar Outpost розробила оригінальний метод видобутку води в рамках конкурсу. Місія команди складатиметься з двох апаратів: посадкового з апаратом для плавлення льоду та баками зберігання води, та ровера, який видобуватиме цей лід. Після посадки восьмиколісний ровер з'їде з посадкового апарату та вирушить у зону видобутку. Для видобутку льоду в ньому по центру встановлено реактивний двигун зі складними стінками сопла, які опускатимуться на ґрунт, щоб

створювати умовно герметичну камеру. Після цього апарат активуватиме двигун імпульсами по півсекунди, під час яких місячний ґрунт підніматиметься в повітря. Розробники планують створювати у такий спосіб ями глибиною два метри. Компанія зазначає, що успішно протестувала цю частину методу в пустелі Мохаві і показала записи випробувань.

Після того як ґрунт підніметься під дією реактивного струменя, ровер засмоктає зависль, що утворилася, в апарат поділу фракцій. У ньому використовується кілька методів сепарації: магнітна, електростатична, інерційна (конструкція циклонного типу) та конденсаційна. В результаті ровер збиратиме лід і гази від реактивного двигуна, а відокремлені частинки ґрунту викидатиме відразу ж на місці видобутку. Компанія зазначає, що розрахункова продуктивність ровера значно перевищує вимоги NASA. Він зможе робити по три ями у чотирьох секторах видобутку на день. У кожній ямі розробники планують добувати по 100 кілограм льоду. Таким чином, за рік роботи це дозволить видобути 426 тонн води.

### **Система живлення екіпажу**

Для забезпечення створення автономної системи живлення екіпажу при проектуванні місячного поселення, пер за все необхідно опиратись на дослідження та відкриття в обалсть астроботаніки

Астроботаніка - прикладна піддисципліна ботаніки , яка вивчає рослини в космічних середовищах. Цей розділ включає у себе дослідження в області астробіології та ботаніки. Вивчення реакції рослин на умови космічних середовищах є одним з предметів досліджень астроботаніки. У космосі рослини стикаються з унікальними екологічними факторами, яких немає на Землі, включаючи мікрогравітацію , іонізуюче випромінювання та окислювальний стрес. Експерименти показали, що ці стресори викликають генетичні зміни в шляхах метаболізму рослин. Зміни в генетичній експресії показали, що рослини реагують на молекулярному рівні на космічне середовище. Астроботанічні дослідження було застосовано до проблем створення систем життєзабезпечення як у космосі, так і на інших планетах, насамперед на Марсі.

Кілька експериментів були зосереджені на тому, як ріст і поширення рослин порівнюються в умовах мікрогравітації, космічних умов і земних. Це дозволяє

вченим дослідити, чи є певні моделі росту рослин вродженими чи екологічними. Додаткові експерименти показали, що рослини мають здатність проявляти гравітропізм навіть в умовах низької гравітації. Наприклад, Європейська модульна система культивування ESA дозволяє експериментувати з ростом рослин; виконуючи роль мініатюрної теплиці, вчені на борту Міжнародної космічної станції можуть досліджувати, як рослини реагують в умовах змінної гравітації. Експеримент Gravi-1 (2008) використовував EMCS для вивчення росту проростків сочевиці та руху амілопластів на кальцій-залежних шляхах. Результати цього експерименту показали, що рослини здатні відчувати напрямок сили тяжіння навіть на дуже низьких рівнях. Пізніший експеримент з EMCS помістив 768 сіянців сочевиці в центрифугу, щоб стимулювати різні гравітаційні зміни; Цей експеримент, Gravi-2 (2014), показав, що рослини змінюють сигнали кальцію в напрямку росту коренів, вирощуючи їх на кількох рівнях тяжіння.

Найбільш перспективною у питанні забезпечення майбутніх колоністів їжею є експерименти з теплицею, розробленою агенціями NASA та ORBITEC під назвою The Advanced Plant Habitat (APH) - яка являє собою повністю автоматизовану систему вирощування рослин в умовах мікрогравітації на МКС. APH - це повністю замкнута система із замкнутим циклом екологічного контролю розвитку рослин. Система включає в себе понад 180 датчиків, які відповідають за контроль температурного, вологісного та світлового режиму веревини камери. На даний час, обладнання знаходиться на МКС проходить перші успішні випробування. Розвиток та подальші дослідження даної технології зможуть вирішити питання забезпечення їжею майбутніх колоністів.

### **Видобуток енергії для роботи системи**

Оскільки замкнута система теплової та світлової енергії, питання забезпечення системи електроенергією, також являється пріоритеною задачею при проектуванні автономної системи життєзабезпечення. Популярна модель забезпечення поселення електроенергією за допомогою сонячних панелей має ряд недоліків. По - перше, це метеоритна небезпека на поверхні Місяця. По - друге, довга місячна ніч, яка триває 14 земних діб. В якості рішення даних аспектів, дослідники пропонують розміщувати сонячні панелі в Полярних

регіонах Місяця. На так званих, районах постійного освітлення.

Проект в якості альтернативи сонячній енергетиці, спеціалісти NASA займаються розробкою ядерних реакторів нового типу. Даний тип забезпечення поселення енергією являється досить перспективним, оскільки, для прикладу, марсохід Curiosity вже майже шість років працює на Марсі на заряді одного плутонієвого радіоізотопного термоелектрогенератора. Такі пристрої (а у Вояджерах використовуються подібні), РІТЕГи, перетворюють енергію від пасивного радіоактивного розпаду на електрику. Під час розпаду виникає різниця температур між пластинами двох різних видів металу, що створює напругу. Схожий компонент, термопара, використовується в датчиках температури та термометрах. Хоча РІТЕГи і найефективніші джерела енергії, вони залишаються простими у своїй будові і (що важливо) немає рухливих елементів. Це робить їх ідеальним вибором для місій, які не передбачають можливості ремонту. Але потужності РІТЕГів буде недостатньо для багатьох майбутніх місій, особливо тих, у яких візьмуть участь люди. Саме тому NASA та Міністерство енергетики США зайнялися створенням компактного космічного ядерного реактора, здатного «добувати» енергію у процесі розщеплення атомів. На прес-конференції представники NASA та Міністерства енергетики оголосили про успішне завершення наземних випробувань експериментального реактора під назвою Kilopower Reactor Using Stirling Technology (KRUSTY). Випробування проводилися на майданчику Міністерства енергетики у Неваді у чотири етапи. Перші два пройшли «вхолосту» — треба було переконатись, що ключові елементи системи працюють так, як було задумано. На третьому етапі команда поступово збільшувала потужність, щоби розігріти ядро. А остання фаза складалася із 28-годинного повномасштабного тесту, який імітував реальну місію. Команда оцінила послідовність запуску реактора, стабільність його роботи, ефективність та багато інших показників. За словами провідного інженера Kilopower Марка Гібсона, під час роботи на повну потужність в умовах вакууму у кожній категорії тестів випробувальний реактор або підтвердив, або навіть перевищив очікувані показники.

Ще однією перевагою є те, що, на відміну від РІТЕГу, роботою реактора можна керувати — це дозволяє регулювати обсяг генерованої електроенергії. Це також

означає, що під час запуску Kilopower може бути вимкнено, аж до досягнення точки призначення. У поєднанні з підвищеною ефективністю реакції розподілу (порівняно з тим же РІТЕГ) ця особливість дозволить Kilopower підтримувати свою потужність в 1 кіловат протягом як мінімум 10 років.

За словами Постопа, ключовою вимогою під час проектування реактора була можливість автоматичного регулювання. Це не тільки підвищує безпеку Kilopower, але й усуває екіпаж космічної місії постійно стежити за його роботою. Не потрібні подібні тимчасові жертви і від Центру управління польотами на Землі — адже місія на Марс, наприклад, має бути автономною.

## **2.6 Дослідження принципів формування генерального плану поселення на Місяці**

### **2.6.1 Аналіз існуючого досвіду розробки проектних пропозицій генерального плану. Рекомендації щодо організації генерального плану поселення.**

Основний досвід розробки генерального плану поселення базується на розробках вчених Радянського союзу з програми “Довготривале місячне поселення” (рос.ДЛБ). Для аналізу представлено два проекти, після аналізу генерального плану яких, можна знайти багато відповідей між теоритичними розробками NASA та сучасними концепціями поселення.

Основні складові місячного поселення мають включати в себе

- комплекс основних споруд - місце постійного перебування членів екіпажу, в якому забезпечується повний захист в негативних умов на поверхні Місяця, а також надаються комфортні умови для проживання
- споруди науково - дослідницького комплексу, які включають обсерваторії та обладнання для дослідження геології Місяця
- споруди для забезпечення поселення енергією - сонячні панелі та реактори
- місце дислокації транспортних засобів - як для міжпланетного сполучення (місячний космодром), так і для місячного транспорту (ангари для транспорту з видобутку корисних копалин та переміщень на поверхні місяця)



- споруди для підтримки системи життєзабезпечення поселення - обладнання з видобутку кисню з ґрунту чи видобутку води з реголіту
- споруди для підтримки зв'язку

### **2.5.2 Аналіз потенційних місць для місячного поселення**

Серед ймовірних місць для майбутньої колонізації розглядають чотири потенційні райони на Місяці, а саме:

#### **Полярні регіони Місяця**

Є дві причини, через які північний полюс та південний полюс Місяця можуть бути привабливими місцями для людського об'єкта.

По-перше, є свідчення наявності води в деяких постійно затінених ділянках поблизу полюсів.

По-друге, вісь обертання Місяця досить близька до перпендикуляра до площини екліптики, тому радіус полярних кіл Місяця становить менше 50 км. Таким чином, станції збору електроенергії можна розташувати таким чином, щоб принаймні одна з них постійно зазнавала впливу сонячного світла, що дозволило б постачати полярні об'єкти майже виключно сонячною енергією. Сонячна енергія буде недоступна лише під час місячного затемнення, але ці події відносно короткі та цілком передбачувані. Отже, знадобиться резервне джерело енергії, яке могло б тимчасово підтримувати місце існування під час місячних затемнень. Водневі паливні елементи були б ідеальними для цієї мети, оскільки необхідний водень можна було б отримувати на місці, використовуючи полярні води Місяця та надмірну сонячну енергію. Більше того, через нерівну поверхню Місяця на деяких ділянках майже безперервне сонячне світло.

Край кратера Пірі на північному полюсі був запропонований в якості відповідного місця для бази. місці залишаться дуже стабільними і становитимуть у середньому  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Це можна порівняти з зимовими умовами на земних полюсах холоду в Сибіру та Антарктиді. Внутрішня частина кратера Пірі може містити поклади водню.

### **Екваторіальні регіони**

Місячні екваторіальні області, ймовірно, мають вищі концентрації гелію-3 (Рідкісного на Землі, але дуже затребуваного для використання в дослідженнях ядерного синтезу)

Вони також мають перевагу у позамісячних перевезеннях: перевага обертання для запуску матеріалу незначна через повільне обертання Місяця, але відповідна орбіта збігається з екліптикою, майже збігається з місячною орбітою навколо Землі та майже збігається з екваторіальною площиною Землі.

Декілька зондів приземлилися в районі Oceanus Procellarum. Є багато областей та особливостей, які можуть бути предметом довгострокового вивчення, наприклад, гамма-аномалія Райнера та кратер Грімальді з темним дном.

### **Зворотна сторона Місяця**

На звороті Місяця відсутня прямий зв'язок із Землею, хоча супутник зв'язку у точці Лагранжа L2 чи мережу орбітальних супутників міг би забезпечити зв'язок між зворотним боком Місяця і Землею.

Зворотня сторона також є добрим місцем для великого радіотелескопа, тому що вона добре захищена від Землі. Через відсутність атмосфери це місце також підходить для безлічі оптичних телескопів, подібних до дуже великого телескопа в Чилі. Вчені підраховали, що найвищі концентрації гелію-3 можна знайти в морях на дальній стороні, а також у ближніх бокових областях, що містять концентрації ільменіту мінералу на основі титану. На ближньому боці Земля та її магнітне поле частково екранують поверхню від сонячного вітру на кожному обороті. Але далека сторона повністю відкрита і, отже, має отримувати більшу частку іонного потоку.

### **Місячні лавові трубки**

Місячні лавові трубки – потенційне місце для будівництва місячної бази. Будь-яка непошкоджена лава трубка на Місяці може бути притулком від суворих умов місячної поверхні з її частими ударами метеоритів, високоенергетичним ультрафіолетовим випромінюванням та енергійними частинками, а також екстремальними добовими коливаннями температури. Лавові труби забезпечують ідеальні місця для укриття через їхній доступ до прилеглих

ресурсів. Вони також зарекомендували себе як надійні конструкції, витримавши випробування часом упродовж мільярдів років.

Підземне місце існування дозволить уникнути екстремальних температур на поверхні Місяця. У денний період (близько 354 годин) середня температура становить близько  $+107^{\circ}\text{C}$ , хоча вона може підніматися до  $+123^{\circ}\text{C}$ . Нічний період (також 354 години) має середню температуру близько  $-153^{\circ}\text{C}$ . Під землею денна та нічна температура становить близько  $-23^{\circ}\text{C}$ , що дозволить поселенцям встановити звичайні системи для обігріву.

## **2.6 Висновки за розділом**

Архітектурні аспекти проектування обвалованих місячних поселень включають:

- технологічні вимоги організації виконання робіт зі зведення місячного поселення обвалованого типу.
- вимоги до параметрів внутрішніх та зовнішніх просторів у складі місячного поселення, що забезпечують дієздатність людського організму;
- вимоги щодо взаєморозташування та взаємозв'язку функціональних приміщень один з одним;
- вимоги до організації автономної системи життєзабезпечення поселення
- вимоги щодо створення внутрішніх та зовнішніх систем зв'язку місячного поселення із Землею та іншими планетами;

### **Розділ 3. ВИЯВЛЕННЯ ПРИНЦИПІВ ТА ПРИЙОМІВ ФОРМОУТВОРЕННЯ МІСЯЧНОГО ПОСЕЛЕННЯ ОБВАЛОВАНОГО ТИПУ.**

#### **3.1 Дослідження поняття електромагнітного випромінювання та його взаємодії з живими організмами**

##### **Загальні поняття та характеристика електромагнітного випромінювання**

У фізиці електромагнітне випромінювання ( ЕМВ ) складається з хвиль електромагнітного поля , що поширюються в просторі, несучи електромагнітну енергію. Данне випромінювання включає радіохвилі , мікрохвилі , інфрачервоне , видиме світло , ультрафіолетове , рентгенівське та гамма-промені . Усі ці хвилі є частиною електромагнітного спектру. Класично електромагнітне випромінювання складається з електромагнітних хвиль , які є синхронізованими коливаннями електричного та магнітного полів . Електромагнітне випромінювання або електромагнітні хвилі створюються внаслідок періодичної зміни електричного або магнітного поля. Залежно від того, як відбувається ця періодична зміна і виробленої потужності, утворюються різні довжини хвиль електромагнітного спектру.

У вакуумі електромагнітні хвилі поширюються зі швидкістю світла , зазвичай позначається  $c$  . В однорідних ізотропних середовищах коливання двох полів перпендикулярні одне до одного та перпендикулярні до напрямку поширення енергії та хвилі, утворюючи поперечна хвиля . Положення електромагнітної хвилі в електромагнітному спектрі можна охарактеризувати як частотою коливань, так і довжиною хвилі . Електромагнітні хвилі різної частоти називаються різними назвами, оскільки вони мають різне джерело та вплив на речовину. У порядку збільшення частоти та зменшення довжини хвилі це: радіохвилі, мікрохвилі, інфрачервоне випромінювання, видиме світло, ультрафіолетове випромінювання, рентгенівські та гамма-промені. Електромагнітні хвилі випромінюються електрично зарядженими частинками , які зазнають прискорення, і ці хвилі згодом можуть взаємодіяти з іншими зарядженими частинками, діючи на них силою. ЕМ-хвилі

відносять енергію, імпульс і кутовий момент від вихідної частинки і можуть передавати ті кількості матерії, з якою вони взаємодіють. Електромагнітне випромінювання пов'язане з тими ЕМ-хвилями, які можуть вільно поширюватися ("випромінювати") без постійного впливу рухомих зарядів, які їх створили, оскільки вони досягли достатньої відстані від цих зарядів.

### **Вплив електромагнітного випромінювання на живі організми**

Вплив ЕМІ на хімічні сполуки та біологічні організми залежить як від потужності випромінювання, так і від його частоти. ЕМВ видимих або нижчих частот (тобто видимого світла, інфрачервоного випромінювання, мікрохвиль і радіохвиль) називають неіонізуючим випромінюванням, оскільки його фотони окремо не мають достатньої енергії для іонізації атомів або молекул або розриву хімічних зв'язків. Вплив цих випромінювань на хімічні системи та живі тканини спричиняється, насамперед, ефектами нагріву від комбінованої передачі енергії багатьох фотонів. Навпаки, високочастотне ультрафіолетове, рентгенівське та гамма-промені називають іонізуючим випромінюванням, оскільки окремі фотони такої високої частоти мають достатньо енергії для іонізації молекул або розривають хімічні зв'язки. Ці випромінювання мають здатність викликати хімічні реакції та пошкоджувати живі клітини, крім того, що є результатом простого нагрівання, і можуть бути небезпечними для здоров'я.

### **Живий організм, як джерело електромагнітного випромінювання**

Наука, яка займається вивченням взаємодії між електромагнітними полями та біологічними сполуками називається - біоелектромагнетика. Сфери дослідження даної дисципліни включають вивчення електромагнітного поля, його природні та штучні джерела, взаємодія магнітного поля з живими клітинами, тканинами та організмами, а також пошук методів використання електромагнетизму у лікувальних цілях.

Біоелектромагнетизм насамперед опирається на методи електрофізіології - розділ фізики та медицини, який вивчає особливості процесів електромагнітизму в живих клітинах. Базуючись на результатах дослідів в даній дисципліні, було пояснено природи активації м'язів у живому

організмі. Наступні експерименти довели, що рух м'язів спровокований короткочасними електричними подіями, які називають потенціали дії.

У фізіології потенціал дії ( ПД ) виникає, коли мембранний потенціал певного місця розташування клітини швидко підвищується і падає. Ця деполяризація потім спричиняє подібну деполяризацію сусідніх місць. Потенціали дії виникають у кількох типах клітин тварин , які називаються збудливими клітинами, які включають нейрони , м'язові клітини , ендокринні клітини та деякі рослинні клітини . У нейронах потенціали дії відіграють центральну роль у міжклітинній комунікації , забезпечуючи поширення сигналів уздовж аксона нейрона до синаптичних кнопок , розташованих на кінцях аксона; ці сигнали потім можуть з'єднуватися з іншими нейронами в синапсах або з руховими клітинами або залозами. В інших типах клітин їх основна функція — активація внутрішньоклітинних процесів. У м'язових клітинах, наприклад, потенціал дії є першим кроком у ланцюзі подій, що ведуть до скорочення.

У процесі життєдіяльності людина як складна нерівноважна енергетична система, яку умовно можна розглядати як вищу ланку енергетичного природного ланцюга, пристосовану до засвоєння багатьох видів внутрішньої та зовнішньої енергій, характеризується генерацією випромінювання в широкому діапазоні частот, що очевидно є видовою для *Homo sapi*. За даними публікацій (Красногорська Н.В. (ред.), 1984; Гуляр С.А., Лиманський Ю.П., 2006; Mintser O.P. et al., 2019), організм людини має сумарне ЕМП з частотами 10–4–10 Гц. У ньому розрізняють: низькочастотні, зокрема квазістатичні поля; високочастотні (радіочастотний, оптичний, акустичний, інфрачервоний діапазон електромагнітного спектра). Залежно від джерела ЕМП людини можна розділити на: ЕМП окремих органів організму; ЕМП/електростатичні поля, зумовлені поверхневим електричним зарядом на тілі; ЕМП, зумовлені динамікою електрофізичних властивостей тканин (електропровідність, діелектрична проникність).

Механізми генерації ЕМП розрізняються за електрофізіологічним, молекулярним забезпеченням процесів, а також по ієрархії та взаємозв'язку різних етапів реалізації. У ХХІ ст. наука значно просунулася в аспекті розуміння

ролі ЕМП в організмі, хоча остаточно загальноприйнята концепція, як видно з даного циклу публікацій, продовжує своє формування. Важливим кроком по дорозі розуміння суті електромагнітних взаємодій всередині організму є пошук морфологічного субстрату електромагніторецепторів людського тіла. На сьогодні цю функцію остаточно пов'язують із кристалічними структурами біогенного магнетиту ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), який виявлений у клітинах головного мозку та високоіннервованої решітчастої кістки черепа людини. За 45-річний період дослідження цього факту за даними авторів (Агаджанян Н.А., Макарова І.І., 2005; Kirschvink J.L. et al., 1992a; b; 2010; Strbak O. et al., 2011; Ueno S. , 2012; Gieré R., 2016; Maher B.A. et al., 2016; Jazirehpour M., Seyyed Ebrahimi SA, 2016; Binhi V.N., Prato F.S., 2017; Miclaus S. et al.) містить  $5 \cdot 10^6$ , менінгеальних оболонки -  $100 \cdot 10^6$  кристалів біомагнетиту. Ці кристали мають тонкодисперсну структуру, розмір 0,01-0,1 мкм, порівнянний з молекулярною, типову кристалічну сполуку в ланцюжку, і, ймовірно, синтезуються в організмі, оскільки в природі поза біологічними системами подібна структура не виявлена. Їхня функція — біологічний «датчик» квантового рівня. Орієнтація в клітинах кристалів біомагнетиту максимізує їх магнітний момент та забезпечує групову системну дію. Імовірно, завдяки цьому вони можуть вносити достатньо механічної енергії, щоб активізувати трансмембранні іонні канали певних груп нейронів та інших клітин. Аналіз магнітних властивостей тканин людини вказує на наявність магнітних ефектів взаємодії груп кристалів біомагнетиту в аспекті усереднення ефектів слабких надповільних МП у мембранах клітин. Вважається, що біомінералізація магнетиту є генетично керованим біохімічним процесом.

### **Електромагнітне поле людини**

У результаті досліджень в області електрофізіології, можна зробити висновок, що фізіологічні процеси, які протікають в організмі людини здатні створювати електромагнітні випромінювання певної частоти, які у свою чергу утворюють електромагнітне поле людини. Тобто, імпульси, які утворює людський мозок у випадку необхідності привести у дію опорно - руховий апарат чи проаналізувати інформацію, отриману через зоровий нерв, мають природу електромагнітного випромінювання, що у свою чергу утворюють стабільне

електромагнітне поле. Його стабільність забезпечують безпосередньо організм, оскільки навіть при мінімальній активності під час сну, системи життєзабезпечення продовжують працювати та утворювати електромагнітні коливання.

Будь-які магнітні потоки з різних джерел випромінювання взаємодіють один з одним, тобто резонують. З початку зародження життя на Землі та на протязі тисячоліть організми пристосовувались до, загалом, стабільних умов на планеті, на самперед, до існуючого електромагнітного поля Землі та захисного озонового шару, який захищає від жорсткого гамма-випромінювання.

На основі даного твердження виникає наступне запитання: як в умовах постійного поселення на інших планетах, людський організм буде реагувати на нові характеристики електромагнітного випромінювання. На початку роботи були проаналізовані негативні фактори, які впливають на організм. І серед видів випромінювання, було проаналізовано такий явний тип випромінювання, як іонізуюче, яке, безперечно несе величезну небезпеку для організму і має бути проаналізовано на рівні методик компенсації його негативного впливу на організм людини. Проте необхідно також приділити увагу взаємодії електромагнітного поля людини з абсолютно новими умовами в межах інших планет.

## **3.2 Теорія природи простору на основі просторових сіток та їх взаємодія з живими організмами**

### **3.2.1 Класична теорія хімічної будови речовини**

У класичній теорії хімічної будови молекула сприймається як найменша стабільна частка речовини, що має всі його хімічні властивості. У цьому визначенні до молекул відносяться і одноатомні частинки (зокрема, молекули інертних газів)

Молекула речовини має постійний склад, тобто однакову кількість атомів, об'єднаних хімічними зв'язками, при цьому хімічна індивідуальність молекули визначається саме сукупністю і конфігурацією хімічних зв'язків, тобто валентними взаємодіями між атомами, що входять до її складу, що забезпечують її стабільність і основні властивості в досить широкому діапазоні зовнішніх умов. Невалентні взаємодії (наприклад, водневі зв'язки), які часто можуть



істотно впливати на властивості молекул і речовини, що утворюються ними, як критерій індивідуальності молекули не враховуються.

Центральним становищем класичної теорії є положення про хімічний зв'язок, при цьому допускається наявність не тільки двоцентрових зв'язків, що об'єднують пари атомів, а й наявність багатоцентрових (зазвичай трицентрових, іноді — чотирицентрових) зв'язків з «містковими» атомами — як, наприклад, місткових атомів водню боранах, природа хімічного зв'язку в класичній теорії не розглядається - враховуються лише такі інтегральні характеристики, як валентні кути, дієдральні кути (кути між площинами, утвореними трійками ядер), довжини зв'язків та їхня енергія.

Таким чином, молекула в класичній теорії представляється динамічною системою, в якій атоми розглядаються як матеріальні точки і в якій атоми та зв'язані групи атомів можуть здійснювати механічні обертальні та коливальні рухи щодо деякої рівноважної ядерної конфігурації, що відповідає мінімуму енергії молекули і розглядається як система гармонійних осциляторів.

### **3.2.2 Міжмолекулярна взаємодія**

Міжмолекулярна взаємодія – взаємодія між молекулами та/або атомами, що не призводить до утворення ковалентних (хімічних) зв'язків. Міжмолекулярна взаємодія має електростатичну природу. Припущення про його існування було вперше використано Я. Д. Ван-дер-Ваальсом в 1873 для пояснення властивостей реальних газів і рідин. У найбільш широкому сенсі під ним можна розуміти такі взаємодії між будь-якими частинками (молекулами, атомами, іонами), у яких немає утворення хімічних, тобто іонних, ковалентних чи металевих зв'язків. Іншими словами, ці взаємодії істотно слабші за ковалентні і не призводять до істотної перебудови електронної будови взаємодіючих частинок.

На великих відстанях переважають сили тяжіння, які можуть мати орієнтаційну, поляризаційну (індукційну) та дисперсійну природу (див. докладніше у статтях Сили Ван-дер-Ваальса та Дисперсійні сили). При усередненні по обертанню частинок, що відбувається внаслідок теплового руху, потенціал міжмолекулярних сил обернено пропорційний шостому ступені відстані, а іон-дипольних (як з постійним, так і з наведеним диполем) - четвертого ступеня. На малих відстані починають переважати сили відштовхування електронних оболонок частинок. Особливим випадком є водневий зв'язок — взаємодія, що виникає на малій відстані, між атомом водню однієї молекули і електронегативним атомом іншої, коли ці атоми несуть досить великий ефективний заряд.

### **3.2.3 Теорія просторових сіток, як принцип побудоби Всесвіту**

Базуючись на відкриття структури атомів та молекул, існує теорія, яка пояснює загальну будову Всесвіту за допомогою просторових сіток, масштабуючи принципи організації атомів у молекулах на масштаби макро-, мікро-, мезо- та мега-світу. Кожна структура в світі має свою структуру, яка за допомогою електромагнітних коливань взаємодіє з іншими більшими або меншими утвореннями на рівні електромагнітного випромінення. Подібний підхід можна спостерігати у тварин, які мають більш чутливі органи для фіксації впливу електромагнітного випромінення та взаємодії з ним. Наприклад, птахи під час міграцій орієнтуються на магнітне поле землі. У якості експерименту, принцип формоутворення майбутнього поселення базуватиметься на знайдених закономірностях розподілення енергії з найбільш сприятливим впливом на організм людини в умовах місячного поселення.

### **3.3 Концепція проєкції фрактальних космічних структур на поверхню Місяця**

Формоутворення поселення організоване з урахуванням обліку космічних фрактальних проєкцій космічних структур поверхню Місяця. Насамперед – проєкцій сітчастих структур Світобудови у вигляді гексагональних у плані утворень, що генерують у собі та навколо себе шаруваті зони енергоінформаційного обурення середовища з різними якостями щодо видів впливу на людський організм. Шаруватість читається у вигляді кілець та напівкілець (дуг). У середині центрального кільця вкладена форма у вигляді шестипроменевої розетки, що складається з півсфер та зв'язків-променів між ними. Навколо кільця - напівдуги, розмір яких взятий як розмір енергоінформаційних неоднорідностей, що випромінюються цим кільцем. У результаті форма поселення заснована на епюрі енергетичних процесів, що існують навколо вузла силової енергетичної сітки з шестикутних осередків. Кожен вузол сітки народжує у просторі такі силові структури. Є на Місяці і сітки інших геометричних типів. Але в нашому випадку відібрано саме ту, з якою мозок людини максимально легко резонує і працює максимально оптимально. Оскільки нейрони мозку людини теж мають такі самі форми-резонатори. Принцип подібності форм, налаштованих друг на друга і які працюють як єдиний живий організм Всесвіту у разі головної.

Форма поселення – розроблена на основі проєкційної фрактальності на поверхні Місяця. Процеси в Космосі проєктуються у вигляді силових сіток на поверхню Місяця і стають процесами на Місяці за принципом подоби, що масштабується. Сітки в міру наближення до планет дедалі менше. У результаті, на поверхні ця сітка пропорційна розмірам місячного поселення.

### **3.4 Гексогональні утворення, як основа для майбутнього поселення**

На основі дослідів Воробйова В.В., була виявлена одна з основних оптимальних форм для центрального ядра місячного поселення. Цією формою є гексагон, який за своєю природою утворює вузли та шари енергетичного впливу на оточуючі об'єкти, які ми можемо використовувати в якості основи для майбутнього поселення

Кожен вузол та шар – свої якості середовища, що викликають у людині свої реакції організму, свої типи діяльності мешканців місячного поселення. Або, інакше, саме така діаграма розподілу властивостей вузла по шести променях та кільцям навколо - по суті вже план та форма та розміри поселення. І, одночасно, функціональні пояси, функціональні промені та функціональні вузли у такому поселенні. Все це математично обчислюється на основі довжин хвиль та частот електромагнітного та інших випромінювань і в нашому випадку ми лише прив'язуємо форму поселення до деяких їх якостей. Саме на ці якості реагують схожі формою нейрони головного мозку людини. Тобто тоді екіпаж поселення працюватиме в нормальному режимі, незважаючи на те, що умови на Місяці інші. Звичайно, земної відповідності не створити, але подібний фактор не буде зайвим в умовах місячного поселення.

### **3.5 Висновки за розділом**

#### **Принципи формоутворення місячного поселення:**

- астропланетарні процеси формоутворення - у вигляді проєкцій-фракталів структурних сіток Всесвіту, що проєктуються на поверхню Місяця;
- проєкційна фрактальність при формоутворенні;
- розміщення функціональних приміщень тільки по поясах енергоінформаційної поляризації середовища всередині фрактальної проєкції обраного для поселення ділянки однієї із сіток енергоінформаційного обміну між Місяцем та космосом;
- призначення функції приміщення – відповідно до частот спектрів випромінювань у структурі кожної з ділянок поляризації (обурення) середовища;
- послідовність розміщення функціональних приміщень місячного поселення обвалованого типу - по епюрі векторів руху речовини, енергії, інформації та імпульсу в структурі поляризаційної розетки обурення простору в місці розміщення поселення.

#### **Прийоми створення місячного поселення:**

- радіально – концентрична схема формоутворення поселення загалом

- виділення вузлів та зв'язків у структурі радіально-концентричної схеми на основі повтору малюнка фрактальних проекцій космічних сіток у місці створення поселення;
- призначення розмірів та абрисів окремих елементів місячного поселення обвалованого типу як абрису та розмірів енерго-інформаційних неоднорідностей у місці створення поселення.

#### **Розділ 4. ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИЙ ПРОЕКТ МІСЯЧНОГО ПОСЕЛЕННЯ**

За модульну одиницю у формотворенні місячного поселення взято діаметр купола = 30 м. Висоти куполів варіюються. Від кута нахилу поверхні купола залежать частоти і довжини хвиль електромагнітного випромінювання, а також відповідні функціональні завдання людей (наукова робота, відпочинок, заняття спортом і т.д.).

Під куполами розміщуються: науково-дослідні лабораторії, приміщення для спортивної та іншої реабілітації людського організму, приміщення для загальних зборів та робіт всього екіпажу, інженерно-технічних систем різного призначення, командно-управлінський центр, приміщення для прийому відряджених із Землі фахівців та стажистів, архіви різного профілю (ботанічні, за місячними ґрунтами та місячною геологією, за життєдіяльністю екіпажу та інші), інші.

У дугах і, частково – у кільці-віварії для вирощування рослин для отримання продуктів харчування, лабораторій місячної ботаніки та фізіології рослин, модулі для системи їх життєзабезпечення, модулі для зберігання та переробки овочів та фруктів у різні форми продуктів харчування, включаючи (молекулярну їжу), приміщення для утилізації органічних та інших залишків рослин після завершення їх життєвого циклу, класи для навчання стажистів, практикантів та студентів із Землі, приміщення для кореспондентів та ЗМІ із Землі, інженерно-технічні приміщення – для мінітранспорту всередині оранжерів з деревами та чагарниками та агроферм, і т.п. Ангари інші для місяцемобілів. Приміщення для складування корисних копалин, здобутих на Місяці, лабораторії для їх аналізу, архіви результатів видобутку корисних копалин, їх обробки, пакування та відправлення на Землю.

Енергозабезпечення – від сонячних фотоелементів у зовнішньому просторі місячного поселення.

Поблизу поселення пропонується мати космодром для човникових польотів на Землю - з видобутою на Місяці сировиною та людьми. Його буде видно на генеральному плані.

Пропоновані в даній магістерській роботі варіант обвалованого місячного поселення не єдиний. Їх може бути кілька, вони представлені на початку дипломної роботи.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Anthony Colaprete. Detection of Water in the LCROSS Ejecta Plume (англ.) // Science . - 2010. - Vol. 330 , no. 6003 . - P. 463-468 .
2. [https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo\\_Lunar\\_Surface\\_Experiments\\_Package](https://en.wikipedia.org/wiki/Apollo_Lunar_Surface_Experiments_Package)  
Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії.
3. D. Folta Baseline “Estimates of the LRO Mission” | 4.02.2004  
[https://lunar.gsfc.nasa.gov/images/Baseline\\_Estimates\\_of\\_DV.pdf](https://lunar.gsfc.nasa.gov/images/Baseline_Estimates_of_DV.pdf)
4. J. Watzin, J. Burt, C. Tooley “Lunar Program : An Introduction to Goals, Approach, and Architecture” 1.31.2005  
<https://lunar.gsfc.nasa.gov/library/2005RLEPAIAAPaperFinal.pdf>
5. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-electromagnetic-fields> Матеріал з сайту ВООЗ (WHO)
6. Анисимова В. Циклы, периоды, ритмы космоса. Проза.ру: веб-сайт. URL: <https://proza.ru/2015/12/20/1009>
7. Биологические эффекты электромагнитных полей. Вопросы их использования и нормирования. ИБФ АН СССР. Пущино. НЦБИ, 1986.
8. Ханцеверов Ф. Р., Масленников А. В., Левченко В. Н., Орлов А. А., Землицкий М. Я. Введение в науку о феноменах и процессах энергоинформационного обмена в природе и обществе. Непериодические быстропротекающие явления в окружающей среде: докл. Второй Всесоюзной междисц. науч.-техн. школы-семинара. 19-29 апреля 1990. Томск, 1990. С. 297–307.
9. Введение в физику многомерного пространства. Журнал. URL:[http://samlib.ru/z/zabirko\\_w\\_s/wwedeniewfizikumnogomernogoprostranstwa.shtml](http://samlib.ru/z/zabirko_w_s/wwedeniewfizikumnogomernogoprostranstwa.shtml) (дата звернення: 27.09.2021)
10. Веды о строении Вселенной и истории человечества. URL: [https://alexfl.ru/vechnoe/vechnoe\\_vse.html](https://alexfl.ru/vechnoe/vechnoe_vse.html) (дата звернення: 27.09.2021)
11. Весь Всесвіт у числі Пі. Abitu.net<https://abitu.net/articles/296/album> (дата звернення: 27.09.2021)

12. Джан Р. Г. Нестареющий парадокс психофизических явлений. Инженерный подход: тр. ин-та инженеров электротехники и радиоэлектроники. 1982. Т. 70, вып. 3.
13. Ханцеверов Ф. Р., Масленников А. В., Левченко В. Н., Орлов А. А. Естественнонаучные концептуальные основы, прикладные и организационные аспекты эниологии. Научный отчет № 89-13. Ассоциация ЭНИО, 1989.
14. 9 проектов, которые могут изменить представление о Луне. Архисфера. Архитектура, дизайн, строительство, недвижимость. URL: <https://archisfera.ru/obzory/9-proektov-kotorye-mogut-izmenit-predstavlenie-o-lune/>Український журнал будівництва та архітектури, № 6 (006), 2021, ISSN 2710-0367 (Print), ISSN 2710-0375 (Online)
15. За пределами Стандартной модели. Элементи: веб-сайт. URL : <https://elementy.ru/LHC/HEP/SM/>
16. Казначеев В. П., Михалкова Л. П. Биоинформационная функция естественных электромагнитных полей. Новосибирск: Наука, 1985. 181 с.
17. Лескова Н. Мы живем в многомерном мире. В мире науки. 2017. № 4. URL: <http://www.ras.ru/>
18. Принципи невизначеності Гейзенберга. URL : [https://elementy.ru/trefil/21096/Printsip\\_neopredelennosti\\_Geyzenberga](https://elementy.ru/trefil/21096/Printsip_neopredelennosti_Geyzenberga) (дата звернення: 27.09.2021).
19. Проекты лунных баз: вчера и сегодня. Хабр: веб-сайт. URL: <https://habr.com/ru/post/384095/> (дата обращения: 27.09.2021).
20. Кикот Д. Секреты синхронизации электромагнитных полей Земли и живого организма. URL: <https://habr.com/ru/company/ua-hosting/blog/501524/> (дата звернення: 27.09.2021)
21. Физика в рамках Стандартной модели. СПбГУ: веб-сайт. URL: <http://hep.spbu.ru/index.php/ru>