

ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД
«ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА
АРХІТЕКТУРИ»

АРХІТЕКТУРНИЙ ФАКУЛЬТЕТ

(повне найменування інституту, факультету)

АРХІТЕКТУРНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ТА МІСТОБУДУВАННЯ

(повна назва кафедри)

Пояснювальна записка
до дипломного проекту (роботи)

на тему Обґрунтування кількості поселення на основі
фрактально-морфологічних аналізів

Виконав: здобувач вищої освіти,
магістр

(ступінь вищої освіти)

спеціальності

191 «Архітектура та містобудування»

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

освітньої програми

ОНП «Архітектура та містобудування»

(вид та назва ОП)

групи Арх 21-1МП

кор Рубан Владислав

(ім'я та прізвище студента)

Керівник В.В. Воробйов

(ім'я та прізвище)

Рецензент Ю. Захаров

Оцінка:

100

(Національна шкала, кількість балів, оцінка ECTS)

(підпис)

В.М. Шестанова

(ім'я та прізвище секретаря ЕК)

ПРИДНІПРОВСЬКА ДЕРЖАВНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА ТА
АРХІТЕКТУРИ

Інститут, факультет ПААБА Архитектурний факультет
Кафедра Архитектурного проектування та містобудування
Рівень вищої освіти Магістр
Спеціальність 191 Архитектура та містобудування

Освітня програма ОНП "Архитектура та містобудування"
(шифр і назва)

(вид та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Кевлашанський Г.У.

"21" грудня 2022 року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (У ФОРМІ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ)
ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

Рубан Мар Владиславович
(ім'я та прізвище)

1. Тема проєкту "Обваловане імпляне поселення на основі
фрактально-ієрархічного астропроєкту"

керівник проєкту Канд. Архитектуры, Доцент Воробітов Віктор Васильович
(ім'я та прізвище, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора від "28" травня 2022 року № 472-КС

2. Строк подання проєкту до захисту грудень 2022 року

3. Вихідні дані до проєкту картографічні матеріали місця, науково-
проектувальні завдання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) архитектурні рішення, додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Генеральний план, плани, фасад, розрізи, перспективні
види, аксонування, скелет.

6. Консультанти розділів проекту

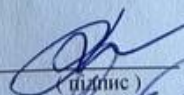
Розділ	Ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Мер мр.	Березобінов ІВІ Х.д.ю., доц.	05.09.2022	29.12.22
2. Керівник проєкту	Кочетков М.І. к.т.н., доц.	15.12.22	20.12.22
3. Керівник бюджету	Сисєва Таріа, к.т.н., доц.	ІІІІ	20.12.22

7. Дата видачі завдання 5 вересня 2022

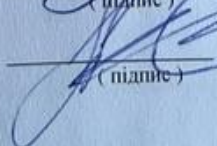
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
	Графік додається на наступному етапі місяцьовою формою заплановано	21.12.2022	

Здобувач вищої освіти

 Рубан І.В.
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник проєкту

 Березобінов ІВІ
(підпис) (ім'я та прізвище)

ГРАФІК ВИКОНАННЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ В 2022 Р. (магістр-професійний)

Місяць	вересень			жовтень			листопад			грудень							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Учбовий тиждень																	
Числа	29-4	5-11	12-18	19-25	26-2	3-9	10-16	17-23	24-30	31-6	7-13	14-20	21-27	28-4	5-11	12-18	19-25
1. Переддипломна практика																	
2. Затвердження остаточного варіанта теми і додатковий збір вихідних матеріалів																	
3. Доробка варіантно-дослідної частини																	
4. Розробка ескізів варіантів проектного рішення																	
5. Розробка ескізів розміщення графічної частини проекту на експозиційних листах																	
6. Розробка суміжних розділів до дипломного проекту																	
7. Графічне оформлення креслень проектних рішень																	
8. Оформлення текстової частини пояснювальної записки																	
9. Завершення оформлення графічної частини проекту																	
10. Корегування проектних рішень і тексту пояснювальної записки																	
10. Рецензування																	
КАФЕДРАЛЬНИЙ ПЕРЕГЛЯД								№ 1				№ 2					

Завідуючий кафедрою архітектурного проектування та містобудування

Григорій НЕВГОМОННИЙ

ЗМІСТ

Архітектурний розділ

1.1 Анотація	3
1.2 Формоутворення	3
1.3 Полярізаційні ефекти	4
1.4 Особливості проектування	5-6
1.5 Генеральний план	7
1.6 Функціональне зонування поселення	8
1.7 Висновок	9

Конструктивний розділ

2.1 Фізико-механічні властивості місячного ґрунту	10-31
2.2 Архітектурно-планувальне рішення	32
2.3 Конструктивне рішення	33-34
2.4 Джерела використаної літератури	47

БЖД розділ

3.1 Вступ	35
3.2 Вимоги забезпечення пожежної безпеки території поселення.	35
3.3 Забезпечення пожежної безпеки об'єкта.	35-46

РОЗДІЛ І
АРХІТЕКТУРНИЙ РОЗДІЛ

1.1 АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: “Обваловане місячне поселення на основі фрактально- морфологічних астропроекцій”.

Цей дипломний проект – дослідження принципів формоутворення та проектування поселень на Місяці.

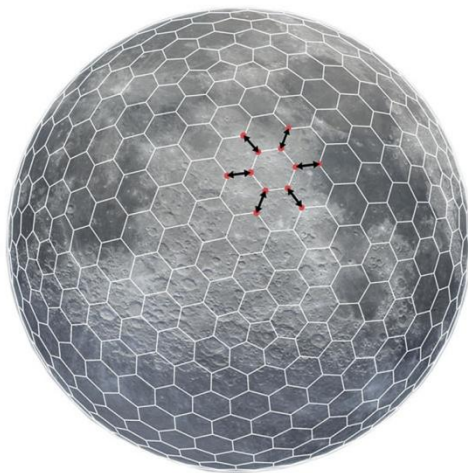
1.2 ФОРМОУТВОРЕННЯ

Космос і світ на поверхні будь-якої планети сітчасто-фрактальний.

Форми невидимих і видимих процесів транслюють себе поверхню кожної планети за принципом повтору своїх форм різних масштабних рівнях.

На кожній планеті морфологічна конфігурація астропроекцій своя.

На Місяці вона обумовлена проекціями гексагональної структури великої сітки всесвіту; 4-х рукавів галактики; 4-х точок на орбіті Землі під час руху навколо Сонця; синусоїдальними рухами орбіт планет; іншими).



Проеціювання гексагональної сітчастої структури на поверхні Місяця

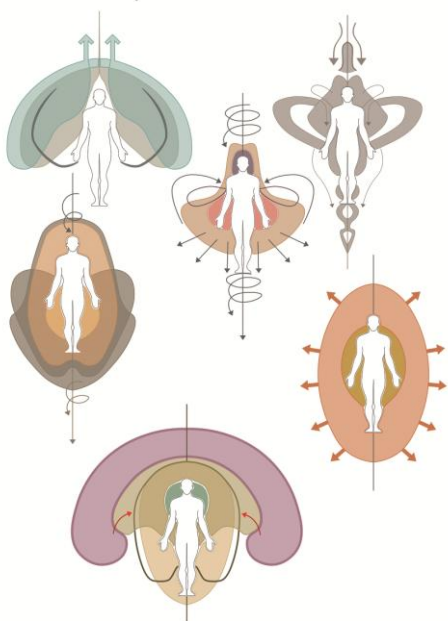
Через невідворотність закону сітчастоподібної фрактальності фізичного світу на поверхні Місяця всі морфологічні процеси підкоряються прив'язці до проекції фракталів гексагональної сітки Всесвіту.

З цієї причини кожен вузол сітки автоматично обурює навколо себе простір, що тут утворює листкову по вертикалі структуру, в якій кожен шар є морфологічним фракталом однією з астропроекцій.

Фрактальні астропроекції утворюють форми зцентральньо-осьової симетрією на основі вертикальної осіобертання.

Моє поселення побудоване на вузлі цієї сітчастої структури.

1.3 ПОЛЯРІЗАЦІЙНІ ЕФЕКТИ



Схеми біополя людини

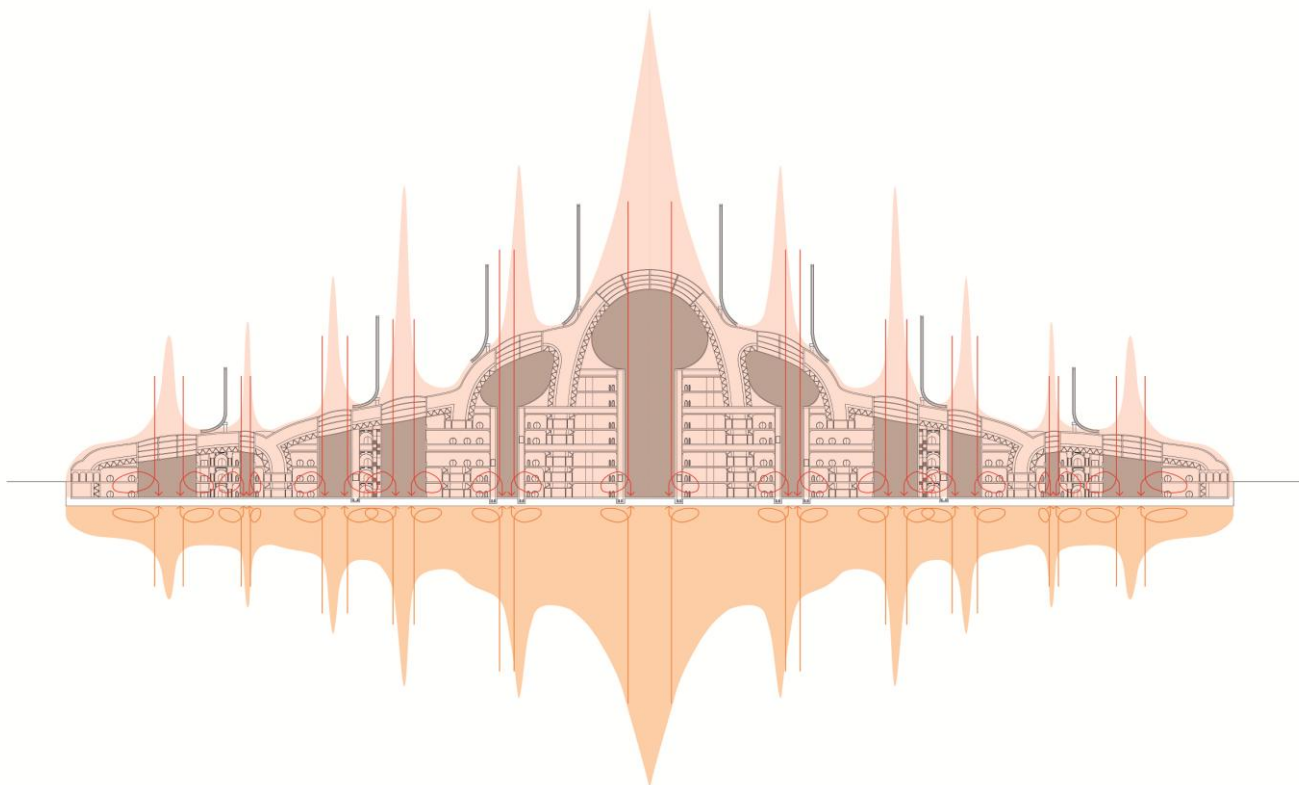
Кожна форма генерує електромагнітні випромінювання з різними частотами.

Електромагнітні поля кожної зони мають свої частоти так само як і вид діяльності людини.

Суть роботи полягає зробити більш сприятливими умови перебування на місяці.

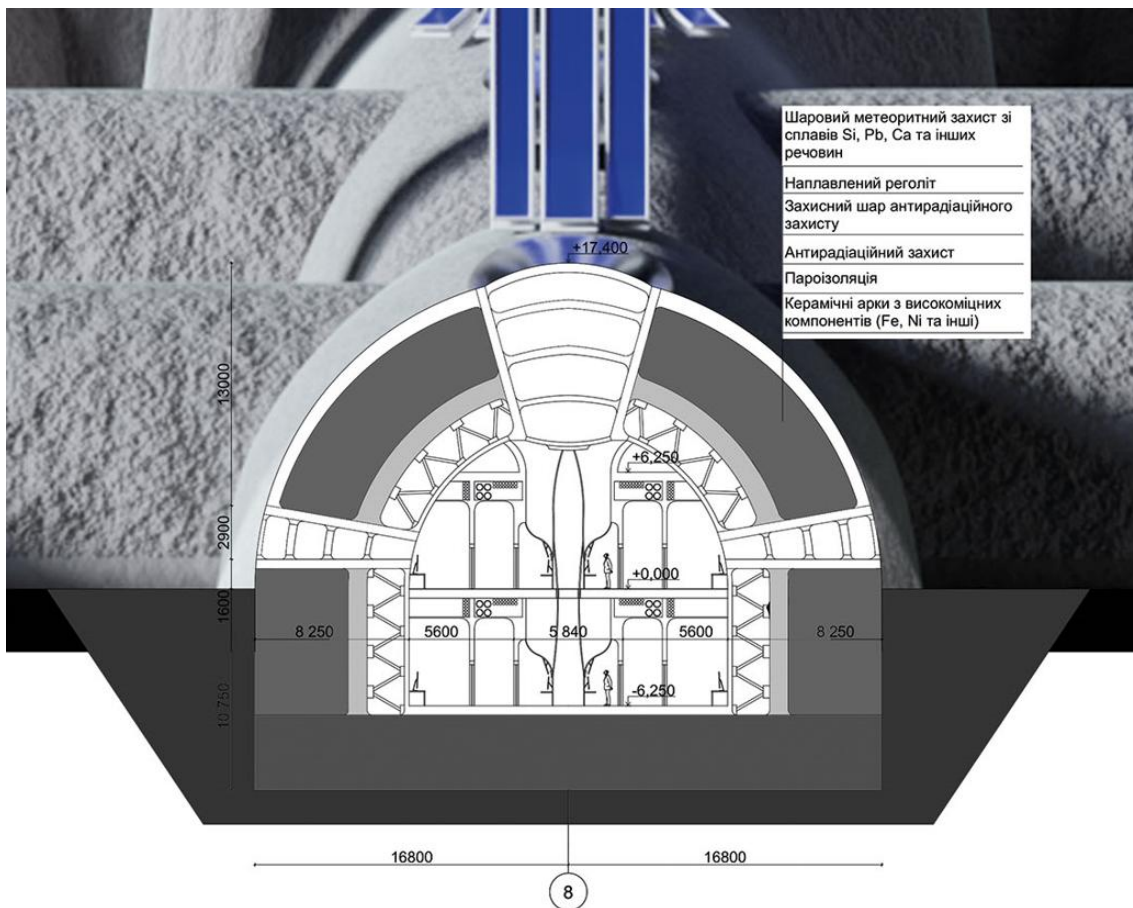
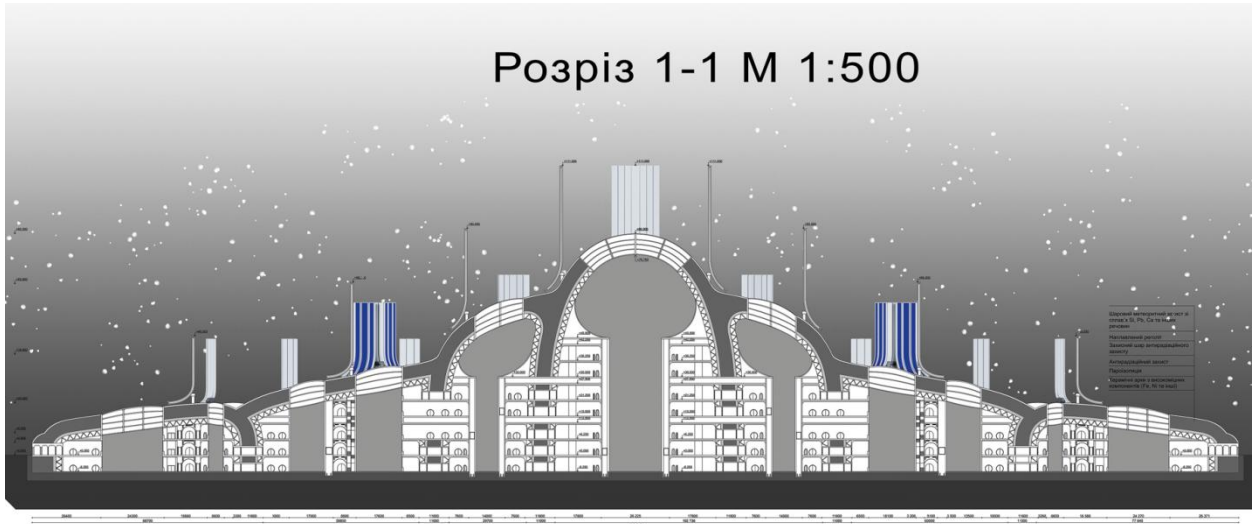
Будь яка діяльність в поселенні відбувається тільки по контуру форм приміщень, центральні простори для руху поляризаційних потоків.

Схема поляризаційних ефектів



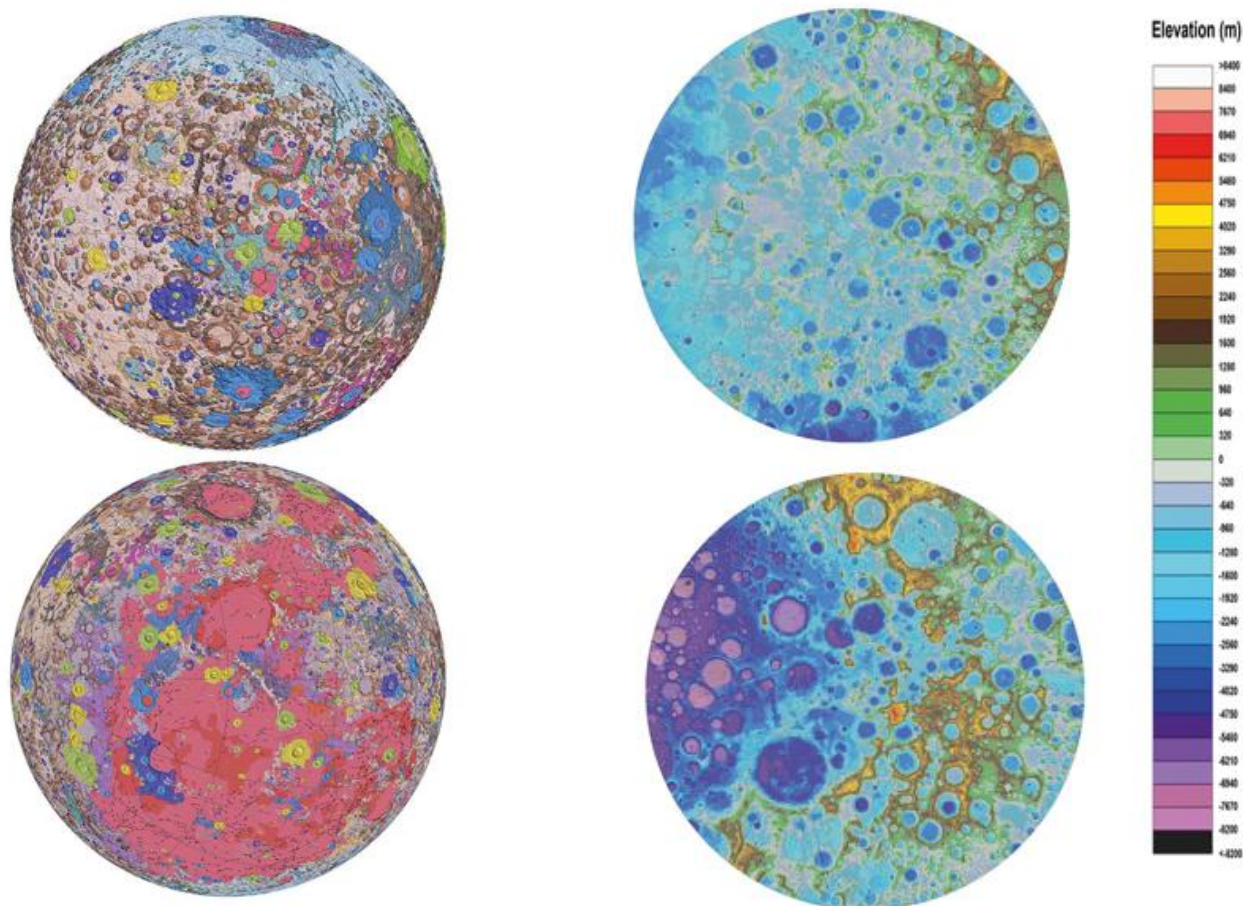
1.4 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ

Коли ми говоримо про проектування поселення на Місяці нам треба подбати про захист тих людей які будуть там перебувати. Тому я обрав обваловану структуру поселення яка має захист від метеоритних дощів та від радіації. Це багат шарова система, один з основних шарів – це наплавлений реголіт.



Поселення будується завдяки спеціальним 3д принтерів які наплавлятимуть реголіт, Доставкою місячних корисних копалин будуть займатися спеціальні дрони тому процес будівництва буде повністю автоматизований.

Місяць багатий на різні корисні копалини тому поселення буде розташоване неподалік таких родовищ, це також сприяє тому що майже все елементи поселення будуть створені прямо на Місяці.



1.5 ГЕНЕРАЛЬНИЙ ПЛАН

Окрім науково-дослідницького напрямку, одна з основних функцій поселення - це видобування, обробка та дослідження корисних копалин, в умовах місяця можливо виготовлення матеріалів іншої структури та які мають таку якість, якої неможливо досягнути у земних умовах.

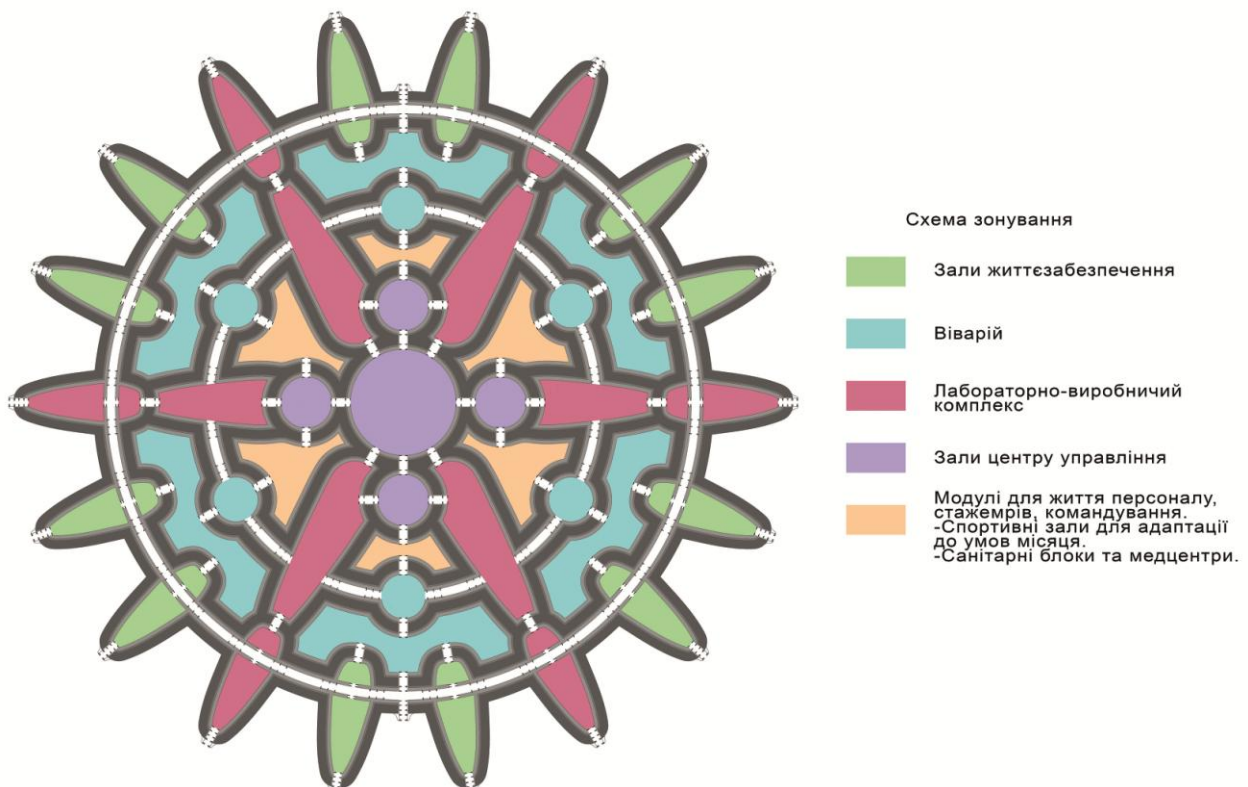
Навколо поселення розташовані зони видобування корисних копалин, пункти підготовки для відправлення чи отримання грузів, підземні агропромислові комплекси, комплекс для вирощування тварин та ін.



1.6 ФУНКЦІОНАЛЬНЕ ЗОНУВАННЯ ПОСЕЛЕННЯ

Поселення функціонально поділене на 5 основних зон, які відповідають зонуванню на основі поляризаційних ефектів:

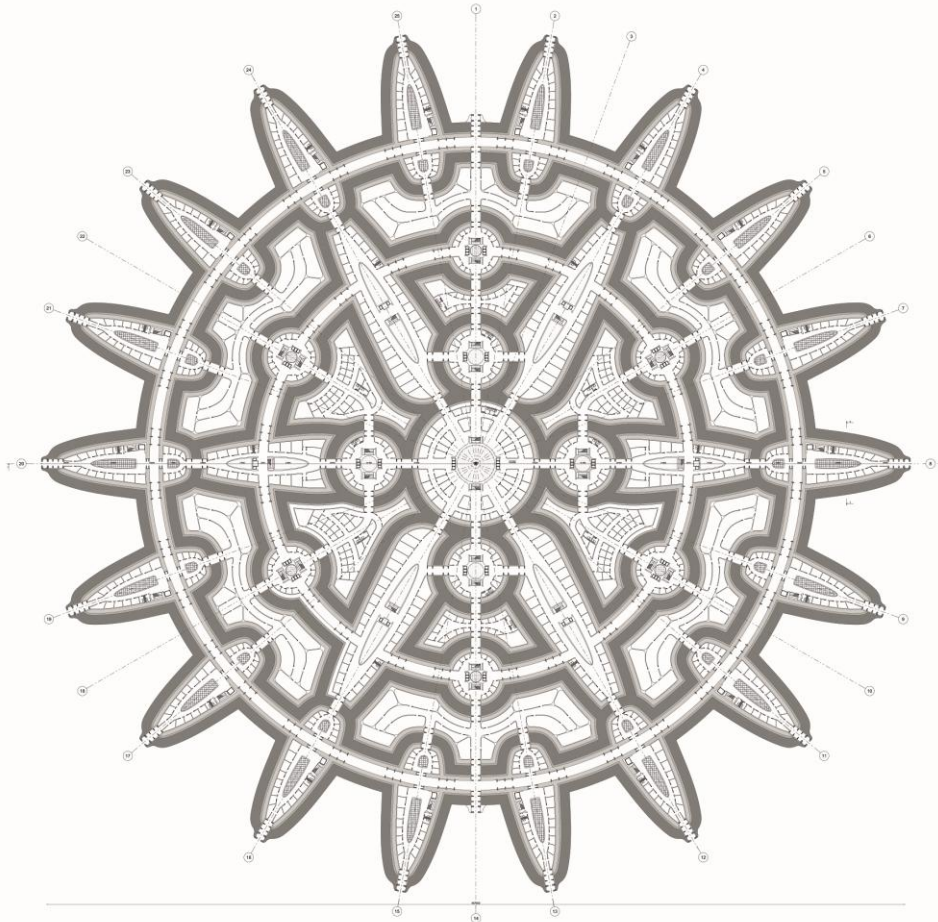
1. Модулі для життя персоналу: стажерів, командування. Спортивні зали для адаптації до умов місяця. Санітарні блоки та медцентри.
2. Зали центру управління: Зал аналітичної обробки, зал учбового центру, архіви, бібліотеки, експозиційні зали для зразків, напрацювань, зал для брифінгів, телесеансів, кіностудія для зйомки документальних фільмів.
3. Віварій для вирощування рослин для отримання продуктів харчування. Лабораторії для адаптації рослин до умов місяця. Модулі для переробки рослин в продукти харчування. Модулі для переробки відходів рослин. Модулі інженерно-технічного супроводу процесу вирощування рослин та виробництво їжі. Зелені зали для відпочинку та спорту.
4. Лабораторно-виробничий комплекс з отримання напівфабрикатів сировини видобуваної на місяці.
5. Зали життєзабезпечення- системи опалення, охолодження, виробництво електроенергії.



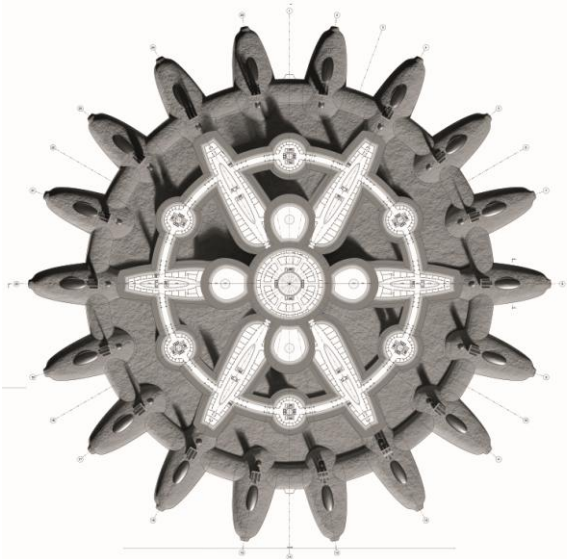
1.7 ВИСНОВОК

Поселення такого типу створюють середовище в якому людина буде в гармонії та розів'є свої навички на іншому рівні.

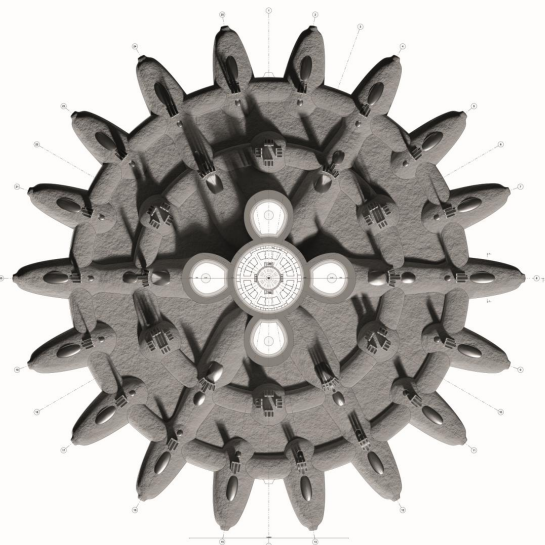
План поверху на відмітці +0,000 М 1:500



План на відмітці +15,000 М 1:800



План на відмітці +36,000 М 1:800



РОЗДІЛ II
КОНСТРУКТИВИЙ РОЗДІЛ

2.1 ФІЗИКО МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ МІСЯЧНОГО ГРУНТУ

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА МІСЯЧНОГО РЕГОЛІТУ

Відсутність щільної атмосфери робить поверхню Місяця незахищеним від ударів метеоритів різних розмірів, аж до найдрібніших мікрометеоритів. В результаті метеоритного бомбардування, що тривало протягом усієї геологічної історії Місяця, на її поверхні утворився покрив пухкого матеріалу – реголіту, який складається з уламків підстилаючих реголіт кристалічних гірських порід, фрагментів мінералів і вторинних частинок, сформованих при ударно вибуховій переробці речовини – брекчій, аглютинатів та частинок скла. Хімічний склад визначається переважно зі ставом корінних порід району. Геохімія процесу реголітоутворення визначається приносом речовини з інших районів, додаванням метеоритної речовини (до 1–2 мас. %) та збідненням летючими компонентами в результаті плавлення та селективного випаровування речовини. Постійний вплив сонячного вітру та космічного випромінювання збагачує частинки реголіту воднем, рідкісними газами, широким спектром космогенних ізотопів та іншими компонентами, а також сприяє утворенню та відновленню до елементарного стану Fe, Si та ін. елементів у поверхневих шарах. Середня потужність реголіту, який покриває всю місячну поверхню, коливається від 4-5 м у місячних морях до 10-15 м на материках. На древніх геологічних структурах потужність реголіту більше. Середня швидкість утворення реголіту дуже мала і становить приблизно 1.5 мм за 1 млн. років (French, 1977). Поверхневий шар глибиною 1 см перевертається приблизно один раз за 107 років. За цей час поверхневий шар глибиною 1 мм перевертається 250 раз, а поверхневий шар глибиною 0.1 мм – понад 2000 раз (Херц та інших.,1975). Відповідно, реголіт швидко стає нерухомим з глибиною і його шаруватість або стратифікація відображає хронологію подій і геологічну історію його формування, яка іноді порушується або змінюється при більшій, але більш рідкісній ударній події.

Пухкий шар реголіту покриває майже всю поверхню Місяця. Спостерігається пряма залежність – чим більше вік поверхні, тим більша потужність реголіту. Ця залежність досить добре узгоджується з хроностратиграфічними підрозділами місячних утворень. Розподіл потужності реголіту на поверхні Місяця має бімодальний характер з максимумами приблизно 5 і 9 м, що відповідає середнім значенням потужності реголіту для морів і материків (Бондаренко, Шкуратов, 1998). У морських районах потужність реголіту змінюється від 3 до 11 м. У материкових районах розкид потужності реголіту

набагато ширший – від 1 м у високогірній місцевості до 18 м і більше в районах плоскогір'я з найдавнішим віком підстилаючих порід. Реголіт характеризується унікальним хімічним та мінералогічним складом, а також певними теплофізичними та електромагнітними властивостями. Низька теплопровідність, високі адгезійні та когезійні властивості, відсутність незв'язаної води та інших летючих, висока збагаченість розмірною фракцією частинок у десятки мікрон, поверхня яких активізована космічним опроміненням, збагаченість склою, а в ряді місць – важкими рудними мінералами. розглядати реголіт як найбільш доступний місцевий теплозахисний і будівельний матеріал.

МОРФОЛОГІЯ ЧАСТОК РЕГОЛІТУ

Морфологія частинок, що складають реголіт, сильно залежить від ступеня його зрілості. Для великоуламкового матеріалу реголіту (каменів) характерно, що зі збільшенням зрілості уламки набувають округлених згладжених обрисів. Частини місячного ґрунту, що знаходяться на поверхні, і

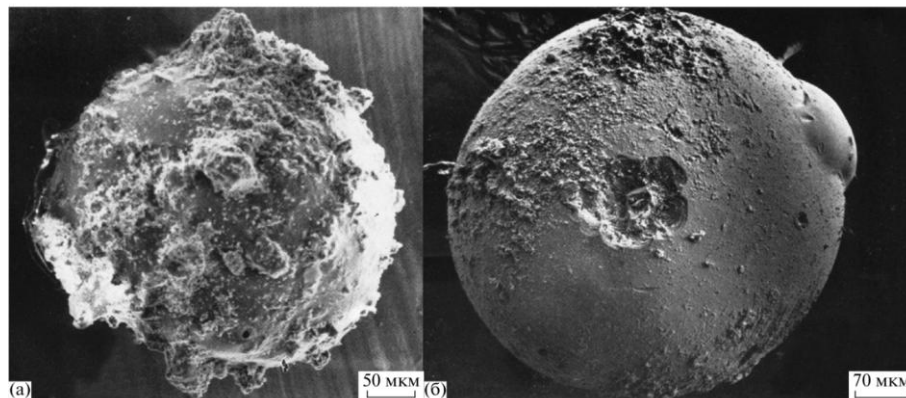
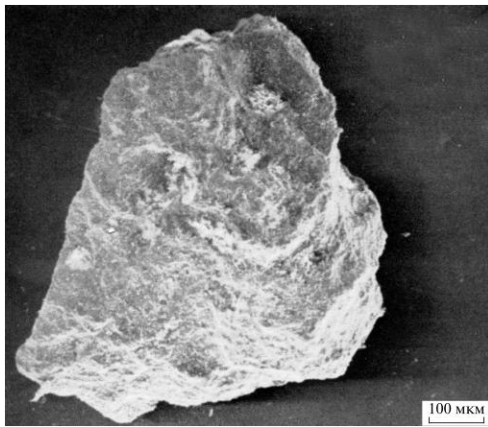


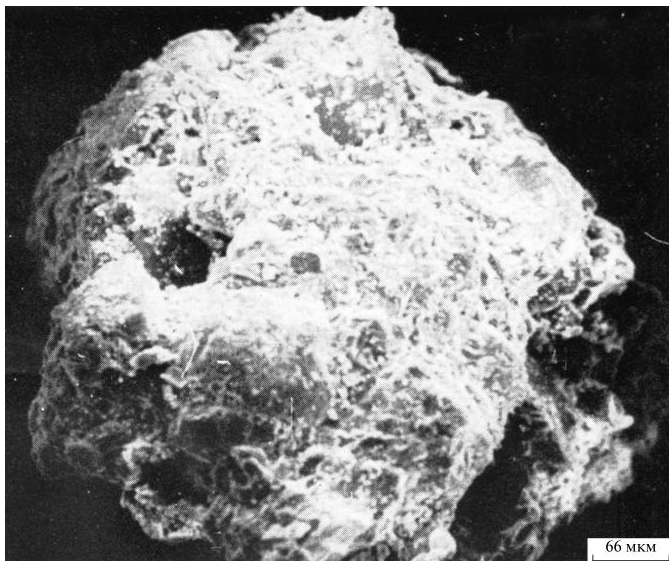
Рис. 2. Стеклані сферичні частини реголіту (Родэ і др., 1979). (а) Спекання частиц реголіту на поверхні стеклянної сферичної частини, (б) ударний мікрократер на поверхні стеклянної сферичної частини реголіту. Луна-16, Море Изобилия.

великі уламки порід поступово покриваються мікрократерами розміром від часток мікрона до кількох сантиметрів. Каміні на місячній поверхні руйнуються не за рахунок статичної ерозії мікрократерами – вони нею лише “згладжуються”, а в результаті розколювання більшими ударами. Число великих метеоритних тіл з масою більше m (кг), що випадають на всю місячну поверхню за рік, становить близько $1.9 \times m^{-0.66}$ (Мелош, 1989). Середній час існування на місячній поверхні каменю масою 1–2.5 кг до того, як його буде зруйновано, становить близько 11 млн років (Gault та ін., 1973). Розтріскування місячних порід в результаті термопружних напруг, що виникають в приповерхневому шарі через стиснення і розширення в результаті добового перебігу температур, також є одним з агентів

згладжування місячної поверхні і поступового руйнування каменів, хоча за інтенсивністю і незрівняним з метеоритним бомбардуванням (Duennebier, Sutton, 1974).



Поверхня дрібних частинок реголіту також поступово змінюється під впливом двох основних чинників. Перший пов'язаний з аглютинацією, тобто з розбрикуванням та налипанням скла на поверхні при ударі (мал.1,2а). Другий, навпаки, з ерозією поверхні частинок, яка контролюється переважно двома мікроскопічними процесами. Один з них – іонізуюче опромінення іонами сонячного вітру і галактичними космічними променями – викликає ерозію поверхні на атомному рівні і називається спатерингом (sputtering). Другий, він же найефективніший, пов'язаний з плавленням та екскавацією (видаленням) речовини з мікрократерів при ударі високошвидкісними мікрометеороїдами (частинами космічного пилу) (мал. 2б). Інтенсивність мікрометеоритного потоку, що утворює кратери розміром від 1 мкм до кількох мм в діаметрі, оцінюється в $(1-7) \times 10^{-5} \text{ м}^{-2} \text{ с}^{-1}$ для мас $\geq (1 \pm 0.4) \times 10^{-12} \text{ г}$, що погоджується з даними, отриманими з супутників (Фехтг та ін, 1975). Ефективність та/або тривалість впливу розглянутих вище екзогенних факторів визначають зрілість (експозиційний вік) реголіту, тобто час його перебування на місячній поверхні.



Форма індивідуальних частинок реголіту змінюється від сферичної до сильно витягнутої. За ступенем витягнутості частинки поділяються на дві групи – із ставленням головних осей $(a/c, a \geq c) < 1.3$, і з ставленням осей > 1.3 . Середньозважене ставлення для довгастих частинок знаходиться в межах від 1.31 до 1.39 (Hey wood, 1971; Mahmood та ін, 1974). Довгі або витягнуті частинки в результаті поступового ущільнення в реголіті і в залежності від умов відкладень часто бувають зорієнтовані в якомусь одному переважному напрямку (Mahmood та ін., 1974). Наслідком подібною

домінуючою орієнтацією частинок є просторова анізотропія фізико механічних та теплофізичних властивостей реголіту. Наприклад, теплопровідність реголіту або межа міцності на зсув у горизонтальному напрямку відрізнятиметься від аналогічних характеристик у вертикальному напрямку.

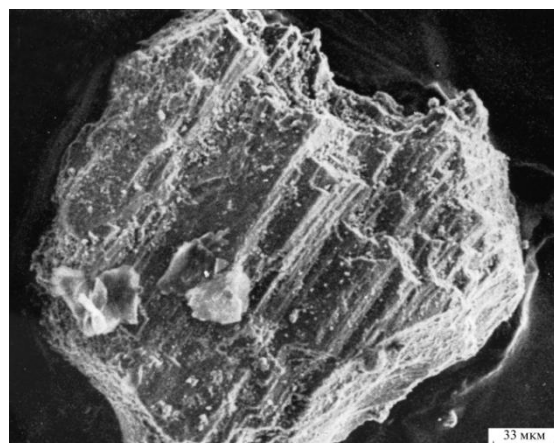
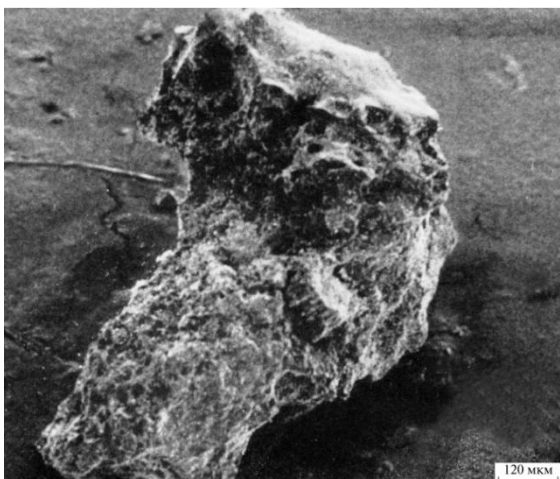
Питома площа поверхні частинок реголіту визначається розподілом площі поверхні на масу частки і виражається в одиницях $\text{м}^2 \text{г}^{-1}$. Для сферичних частинок питома площа верхності частинки обернено пропорційно на її діаметрі:

$$S_y = 6/dG\rho_w$$

де d – діаметр сфери в мікрометрах, G – питома густина, ρ_w – густина води (1 г см^{-3}). Залежність питомої площі поверхні від розміру для кульок з питомою щільністю 3.1, характерною для місячного реголіту (Carrier, 1970; Costes та ін., 1970).

ГРАНУЛОМЕТРІЙНИЙ СКЛАД РЕГОЛІТУ

У переважній більшості випадків місячний реголіт характеризується логнормальним розподілом частинок за розмірами (McKay та ін., 1974; Стахеев, 1979). Тому дані щодо розподілу частинок залежно від розміру зазвичай представляють у одиницях у логарифмічній шкалі: $\phi = -\lg_2 d$, де d – розмір часток в мілі метрах (Mitchell, 1976; Morris та ін., 1983). Розмір частинок місячного реголіту контролюється дробленням в результаті метеоритного і мікрометеоритного бомбардування, яке зменшує розмір частинок, і аглютинацією (розбрикуванням і на липанням скла при ударі), що збільшує розмір частинок. Спостерігається різке зниження в місячному реголіті вмісту частинок розміром менше 20 мкм відбувається внаслідок саме процесу аглютинації (Duke та ін., 1970). Але якщо б працювали тільки ці два



процеси, то, в кінцевому рахунку, все більш дрібне дроблення, з одного боку, і аглютинація, з іншого, привели до повсюдного поширення дуже однорідної і тонкозернистої фракції, що є результатом врівноваженої взаємодії цих двох протилежно спрямованих процесів.

Тому стаціонарно рівноважна модель формування місячного реголіту включає ще один механізм, що контролює розмір частинок і перешкоджає більш тонкому сортуванню частинок. і знову руйнують підстилаючі скельні місячні породи (bedrock) (McKay та ін, 1974). Частина цього матеріалу закривається, частина піддається подальшому дроблення і аглютинації. Але стаціонарна та рівноважна модель формування реголіту була б неповною, якби не враховувала також і постійну добавку тонкозернистої фракції реголіту різного складу та походження та різного ступеня зрілості в результаті балістичного транспортування викидів з віддалених ударних кратерів. Таким чином, стаціонарно рівноважна модель, що включає всі розглянуті вище механізми формування місячного реголіту, фактично передбачає пряму залежність між середнім розміром частинок реголіта і потужністю реголіту, тобто чим менше середній розмір, тим більше потужність реголіту.

Дослідження гранулометричного складу місячного реголіту показали тісний взаємозв'язок параметрів розподілів розмірів частинок, потужності реголіту та індексів зрілості реголіту, які характеризують ступінь переробки місячного реголіту. Найбільшою кореляційною залежністю серед параметрів розподілів розмірів частинок з потужністю реголіту характеризується стандартне відхилення розмірів частинок. Знайдена залежність визначається виразом

$$\sigma_{ст} = 1.53 + 0.102h_{рег}$$

де $h_{рег}$ - Регіональна потужність реголіту (Ста хейв, Лаврухіна, 1979). Наприклад, отримані оцінки потужності реголіту у місцях посадок станцій Місяць 16 (східна частина Моря Ізобілія) і Місяць 20 (Материковий район на північ від Моря Ізобілія) склали 5.3 і 11.6 м відповідно.

Більшість зразків місячного реголіту характеризується бімодальним розподілом частинок за розмірами (Duke та ін., 1970; King та ін., 1972; Engelhardt та ін., 1976; King, 1977). Наприклад, у Морі Криз місячний реголіт характеризується бімодальністю з максимумами близько 1 мм. та близько 100 мкм (McKay та ін., 1978). Причиною бімодальності місячного реголіту є суміш грубозернистої фракції зі свіжих викидів і тонкозернистої фракції зрілого реголіту, які були недостатньо повно перероблені (з подрібнені) і

перемішані наступними метеоритними та мікрометеоритними ударами (McKay та ін., 1978). Фактично бимодальність вказує на недостатнє сортування частинок пухкого реголіту, яке порівняно із земними

$$M_z = a - b \sigma_i$$

де M_z - середній розмір частинок, виражений в

ϕ - одиницях, σ_i - стандартне відхилення, також виражене в ϕ одиницях (Butler, King, 1974). За висимість параметрів у різних регіонах, що відрізняються геолого-геоморфологічними особливостями, мінеральним і хімічним складом реголіту, наприклад у морських і материкових районах, змінюється (Стахеєв, 1979). Слід зазначити, що неврахування фракцій >1 мм при гранулометричному аналізі може призводити до значної зміни числових характеристик розподілів та послаблення зв'язків між ними. Наприклад, у крупнозернистих зразках реголіту, доставленого експедицією Apollo 17 з Моря Ясності, міститься понад 25% частинок розміром від 1 мм до 1 см (McKay та ін., 1974). Стандартне відхилення характеризує ступінь сортування реголіту, чим менше, тим частинки ближче один до одного за розмірами. Зі зменшенням середнього розміру частинок зменшується та його стандартне відхилення, тобто. реголіт стає все більш монодисперсним і більш зрілим, і значно збільшується кількість аглютинатів, вміст яких у зрілому реголіті досягає 50%. Залежності параметрів у досліджених материкових районах у місцях посадок КА Місяць 20 та пілотованої експедиції Apollo 16 виявилися досить близькими, $M_z = 7.89 - (1.55 \pm 0.36) \sigma_i$ та $M_z = 7.08 - (1.49 \pm 0.23) \sigma_i$ відповідно (Стахеєв, 1979). Також високим коефіцієнтом b , величі на якого корелює зі ступенем зрілості ґрунту, відрізняється і материкова ділянка Фра Мауро (Apollo 14) $M_z = 6.70 - (1.72 \pm 0.78) \sigma_i$

Залежності розміру частинок та стандартного відхилення в морських районах також виявилися близькими між собою, але відмінними від залежності в материкових районах: Море Достатку (Місяць 16) $M_z = 6.25 - (1.30 \pm 0.20) \sigma_i$, Море Дощів (Apollo 15) $M_z = 6.14 - 1.33 \sigma_i$, Море Ясності (Apollo 17) $M_z = 76.14 - (1.00 \pm 0.10) \sigma_i$.

За гранулометричними характеристиками типовий місячний реголіт є погано відсортованим піщано алевритовим ґрунтом з домішкою щебеню та брил. Медіанний розмір частинок (середній розмір частинок, що поділяє зразки реголіту на дві рівних за вагою фракції) змінюється в межах від 40 до 130 мкм із середнім значенням 70 мкм (Carrier, 1973). Таким чином, приблизно половина типового місячного реголіту за вагою складається з частинок,

розмір яких менший за роздільну здатність людського ока. Середнє стандартне відхилення крупнозернистої фракції становить 2.5 ф, що відповідає дуже поганому сортуванню. Середнє стандартне відхилення тонкозернистої фракції лише незначно менше – 2.21, що також відповідає дуже поганому сортуванню фракції (Carrier, 1973). Для кількісної оцінки розподілу частинок у типовому місячному реголіті розглянемо дані для 21 зразка реголіту, доставленого експедицією Apollo 17 (табл. 2). Кумулятивний ваговий вміст частинок у % більше заданого розміру ($N > d\%$) у типовому місячному реголіті описується рівнянням (рис. 9)

$$N > d\% = -23.205 \ln(d) + 143.586$$

де d - Розмір частинок в мікрометрах. Загальний вміст частинок розміром понад 500 мкм і менше 20 мкм у типовому місячному реголіті різко знижується (рис. 9). Розрахункові та отримані в результаті підрахунку за 21 зразком реголіту емпіричні значення кумулятивного вагового вмісту частинок в діапазоні розмірів від 500 до 10 мкм досить добре відповідають один одному, що вказує на достатню надійність знайденої математичної моделі (4) частинок за розмірами в типовому місячному реголіті. Розмірний склад реголіту з глибиною змінюється від шару до шару, де кожен шар характеризується своєю власною текстурою та гранулометриєю. За даними буріння на глибину до 236 см разом посадки експедиції Apollo 15 (Море Доців), в стратифікованій колонці реголіту було виділено 42 текстурних шари, у яких середній розмір частинок змінювався від 44 до 89 мкм із середнім значенням близько 50 мкм (Heiken та ін., 1973; 1976). У цілому нині

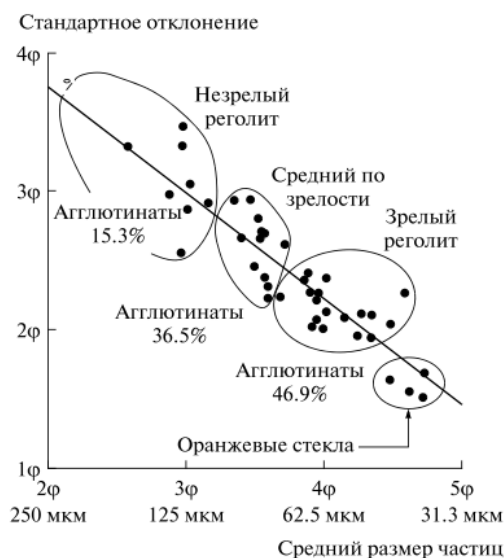


Рис. 8. Распределение среднего размера частиц реголита (M_z) в зависимости от стандартного отклонения (σ) для 42 образцов, доставленных из Моря Ясности экспедицией Apollo-17 (МакКау и др., 1974). С увеличением зрелости уменьшается средний размер частиц, растет количество агглютинатов и возрастает сортировка реголита (уменьшается стандартное отклонение). Оранжевые стекла – очень хорошо сортированные пирокластические отложения.

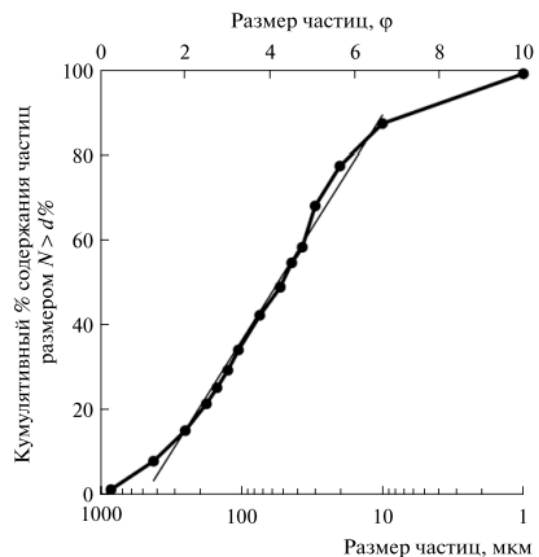


Рис. 9. Кумулятивное весовое содержание частиц больше заданного размера ($N_{>d}$) в %, в зависимости от их размера по суммарным данным для 21 образца реголита, доставленного экспедицией Apollo-17 (табл. 2). Тонкой сплошной линией показана аппроксимирующая кривая распределения частиц в диапазоне размеров от 420 до 10 мкм.

спостерігається деяке збільшенням медіанного розміру частинок реголіту з глибиною, тобто. з глибиною реголіт стає більш грубозернистим. Деяке збільшення грубо зернистості з глибиною спостерігається і в місці посадки експедиції Apollo 16 на Рівнинах Кейлі.

Відібрана стратифікована колонка реголіту довжиною 221 см складається з 46 індивідуальних шарів, що відрізняються текстурою (Allton, Waltz, 1980). За винятком верхнього шару потужністю близько 12 см, який відрізняється високим ступенем зрілості і представлений дуже тонкозернистим реголітом, середній розмір частинок від верхніх шарів до нижніх збільшується з 85 до 200 мкм (McKay та ін., 1977). Спостерігається і зворотна залежність. Наприклад, в Море Криз у місці посадки КА Місяць 24 у відібраній на глибині до 2 м стратифікованої колонці реголіту середній розмір частинок з поверхні на глибину зменшується від 139 до 72 мкм (McKay та ін., 1978). Таким чином, якоїсь єдиної закономірності зміни розмірного складу з глибиною, мабуть, не існує і все визначається конкретною геологічною ситуацією та історією формування шару реголіту не тільки в даному регіоні, але і в цій локальній геологічній ситуації.

ЩІЛЬНІСТЬ І ПОРИСТІСТЬ МІСЯЧНОГО ГРУНТУ

Питома щільність (питома вага) місячного реголіту (грунту) залежить від

Таблиця 3. Расчетное (модельное) и эмпирическое (табл. 2) весовое кумулятивное распределение частиц по размерам в типичном лунном реголите*

Ситовой размер частиц, мкм	Размер частиц, ф	Эмпирическое распределение, $N_{>d}\%$	Расчетное распределение, $N_{>d}\%$
10-1	9.97	100	—
10	6.64	88	90
20	5.64	78	74
30	5.06	69	65
37	4.76	59	60
44	4.51	55	56
53	4.24	50	51
74	3.76	43	44
105	3.25	35	36
125	3.00	30	32
149	2.75	26	27
177	2.50	22	23
250	2.00	15	15
420	1.25	8	3
841	0.25	1	—

* Расчетное значение справедливо только в диапазоне размеров от 500 до 10 мкм.

Таблиця 4. Изменение пористости лунного реголита с глубиной (Carrier и др., 1991)

Интервал глубины, см	Средняя пористость, %
0-15	52 ± 2
0-30	49 ± 2
30-60	44 ± 2
0-60	46 ± 2

його хімічного і мінерологічного складу. Вона змінюється в досить широких межах від 2.3 до більш ніж 3.2 г см⁻³ Наприклад, питома щільність аглютинів та частинок реголіту зі скла змінюється в межах від 1.0 до >3.32 г см⁻³, питома щільність базальтових частинок, як правило, перевищує 3.32 г см⁻³, а питома щільність брекчієвих частинок реголіту змінюється у вузькому діапазоні від 2.9 до 3.1 г см⁻³ (Duke та ін., 1970). Як рекомендоване середнє значення питомої щільності місячного реголіту зазвичай приймається 3.1 г см⁻³ (Mitchell та ін., 1972a).

Пористість місячного реголіту визначається вільним простором між окремими частинками (міжзернова пористість) і відкритим вільним простором усередині

частинок. Часом прямий вплив на величину об'ємної ваги реголіту. Зв'язок пористості місячного реголіту (n) з його об'ємним і питомою вагою визначається наступним аналітичним виразом (Carrier та ін, 1991):

$$n = 1 - \rho / (G \rho_w) = 1 - \rho / 3.1$$

де ρ – об'ємна вага реголіту, ρ_w – щільність води (1 г см^{-3}), G – питома щільність реголіту. У верхньому шарі реголіту завтовшки близько 15 см середня пористість перевищує 50%, а в інтервалі глибини від 30 до 60 см пористість знижується до 44%.

При оцінці фізико-механічних властивостей місячного ґрунту часто використовується так званий коефіцієнт пористості, який позначається або індексом ε , або e і визначається відношенням:

$$\varepsilon = \frac{n}{1 - n},$$

де n – пористість.

Пористість реголіту у місцях посадок експедицій Apollo, виміряна за відбитками слідів астронавтів, змінювалася не більше від 32 до 58%, тобто. від щільного до пухкого. Слід черевики астронавта був довжиною 33 см, шириною 14 см і площею 410 см^2 . При вазі астронавта на Місяці разом зі спорядженням 29.2 кг середній тиск під подошвою дорівнює 7 кПа. В результаті лабораторних наземних досліджень було встановлено, що при глибині сліду в 1 см пористість ґрунту ставить близько 45%, а при глибині в 10 см збільшується до 54%. Висока пористість реголіту спостерігалася на валах кратерів, де вона була в середньому вище за пористість реголіту в міжкратерному просторі на 2.5% і, на відміну від неї, змінювалася в набагато ширших межах зі стандартним відхиленням 4.3 (табл. 5). У міжкратерному просторі, на відміну від валів кратерів, пористість змінюється у вужчому діапазоні відносно середнього значення, що дорівнює 44%.

Об'ємна вага (щільність) та її зміна з глибиною є однією з найважливіших і визначальних фізико механічних характеристик місячного реголіту. Від об'ємної ваги залежать всі інші не менш важливі фізико механічні, теплофізичні, електромагнітні та загальнофізичні властивості. Об'ємна вага (ρ) визначається, перш за все, хімічним та мінералогічним складом частинок реголіту, тобто. прямо пропорційний питомій вазі реголіту і зворотно пропорційний його пористості:

$$\rho = G \rho_w (1 - n)$$

де G - щільність реголіту, w - щільність води, n – пористість.

Об'ємна вага місячного реголіту на поверхні до глибини 15 см визначалася різними методами. Експерименти, виконані на Луноході 1 і Місяць 2, дозволили отримати уявлення про можливе різноманіття механічних властивостей місячного ґрунту в природному заляганні на великій площі. Вимірювання за допомогою конусно лопатевого штампу проводилися регулярно через 15–30 м шляху. Найчастіше вимірювання проводилося в місцях найцікавіших геолого-геоморфологічних утворень. Усього було виконано близько 100 вимірювань на трасах загальною довжиною близько 47 км. Наближена оцінка механічних властивостей місячного ґрунту по всій трасі руху місяцеходів також проводилася за допомогою безперервного вимірювання параметрів взаємодії ходової частини самохідного шасі з ґрунтом. За даними КА Лу на 16, Місяць 20 і Місяць 1, 2 об'ємна вага місячного реголіту в шарі товщиною до 10 см змінюється від 1.12 до 1.7 г см⁻³ із середнім значенням близько 1.5 г см⁻³ (Леонович та ін. , 1971; 1974; 1975).

Таблиця 5. Пористість реголіта, измеренная по отпечаткам следов астронавтов во всех экспедициях Apollo (Mitchell и др., 1974)

Местоположение	Число наблюдений	Средняя пористость, %	Стандартное отклонение
Валы кратеров	89	46.5	4.3
Межкратерное пространство	687	44.0	2.75

Таблиця 6. Изменение объемного веса лунного ґрунта с глубиной (Houston и др., 1974)

Интервал глубины, см	Средний объемный вес, г см ⁻³
0–15	1.50 ± 0.005
0–30	1.58 ± 0.05
30–60	1.74 ± 0.05
0–60	1.66 ± 0.05

За відбитками слідів астронавтів об'ємна вага поверхневого шару реголіту між кратерами склала 1.45–1.57 г см⁻³. На валах кратерів реголіт був більш рихлим і об'ємна вага виявилася дещо меншою – 1.34–1.57 г см⁻³ (Mitchell

та ін., 1974). Непрямий аналіз з відбитків слідів самохідного візка (Apollo 15, 16 і 17) дав значення об'ємної ваги в шарі до 15 см у межах 1.40–1.56 г см⁻³ (Mitchell та ін., 1974). При відборі стратифікованої колонки реголіту за допомогою механічно впроваджуваної колонкової трубки були отримані дані по об'ємній вазі реголіту до глибини 70 см. За даними Apollo 11 величина об'ємної ваги склала в межах 1.59-1.71 г см⁻³, за даними Apollo 12 1.4–1.9 г см⁻³ (Mitchell та ін., 1972b). Точні прямі вимірювання щільності за допомогою колонкових трубок були зроблені в місцях посадок експедицій Apollo 15, 16 і 17. У місці посадки Apollo 15 на глибину до 60 см щільність змінюється в межах від 1.36 до 1.85 г см⁻³. Дані Apollo 16 і 17 казали зміну щільності на глибину до 60 см від 1.4 до 1.8 г см⁻³ і від 1.57 до 2.29 г см⁻³ відповідно. Таким чином, середня щільність реголіту у шарі товщиною 30 см становила 1.58 г см⁻³, а у шарі в інтервалі глибин від 30 до 60 см – 1.74 г см⁻³ (табл. 6). Середнє значення об'ємної ваги місячного реголіту на глибину до 15 см становить 1.50 ± 0.05 г/см³ а до глибини 60 см – 1.66 ± 0.05 г см⁻³.

У місцях посадки експедицій Apollo 15, 16 та 17 (Море Дощів, Плато Декарта та Море Ясності) було проведено колонкове буріння на глибину 236, 224.3 та 305 см відповідно (табл. 7). Діаметр відібраного керна становив 2.04 см. Буровий інструмент в експедиції Apollo 15 складався з 6 секцій, які ділили відібрану колонку реголіту на окремі зразки за інтервалами. П'ять верхніх секцій і, відповідно, зразки реголіту в цих секціях, мали довжину 39.9 см. Сама нижня секція мала довжину 42.5 см.

У цій секції довжина зразка реголіту виявилася рівною 37 см. Щільність визначалася для кожного зразка колонки реголіту, що відповідає певному інтервалу глибини. Діапазон значень об'ємної ваги за кожним інтервалом змінювався від 1.62 до 1.93 г см⁻³ (Carrier, 1974). Середня щільність реголіту у всій свердловині, тобто. на глибину 236 см, склала 1.76 г см⁻³. У свердловині в місці посадки експедиції Apollo 16 від верхнього до нижнього інтервалу глибини щільність збільшилася від 1.47 до 1.75 (середнє 1.59 г см⁻³). У свердловині в місці посадки експедиції Apollo 17 щільність реголіту, навпаки, змінювалася від 1.99 у верхньому інтервалі глибиною близько 1 м до 1.74 г см⁻³ в нижньому інтервалі на глибині близько 3 м. Середнє значення по свердловині становило 1.87 г см⁻³ (табл. 7). Буровий інструмент складався з 8 секцій.

Середнє значення об'ємної ваги реголіту на поверхні може бути прийнято рівним 1.3 г см⁻³, яке у верхньому шарі кілька сантиметрів різко зростає із глибиною. Глибше 60 см об'ємна вага реголіту зростає незначно. Емпірично

знайдена залежність об'ємного ваги реголіту від глибини досить добре описується виразом (рис. 10):

$$\rho = 1.92(z + 12.2)/(z + 18),$$

де z – Глибина. Якщо $z = 0$, то об'ємна вага на поверхні дорівнює 1.3 г/см^3 . Зі збільшенням z об'ємна вага наближається до значення 1.92 г/см^3 , яке є найбільш оптимальним середнім значенням на глибині близько 3 м (рис. 10).

Для модельних розрахунків розподілу об'ємної ваги місячного ґрунту по глибині також зручно застосовувати статичну залежність щільності від глибини (рис. 10):

$$\rho = 1.39z^{0.056}.$$

Таблиця 8. Описание реголита для разных значений относительной плотности (Carrier и др., 1991)

Относительная плотность, D_R (%)	Описание реголита
0–15	Очень рыхлый
15–35	Рыхлый
35–65	Средний
65–85	Плотный
85–100	Очень плотный

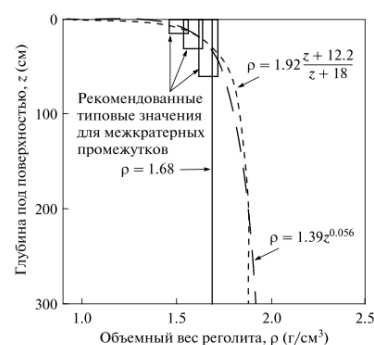


Рис. 10. Гиперболическая зависимость объемного веса (штриховая линия) лунного реголита от глубины (Carrier и др., 1991).

Відносна густина. Об'ємна вага (щільність) реголіту може змінюватися в широких межах і в залежності від просторового розташування частинок відносно один одного без їх деформації та руйнування. Наприклад, якщо ідеальні частинки у вигляді кульок будуть розташовуватися в гранецентрованій кубічній упаковці, то в цьому випадку пористість буде дорівнює 47.6%, а об'ємна вага з урахуванням питомої ваги, що дорівнює 3.1 г/см^3 , буде дорівнює 1.61 г/см^3 . У гексагональній упаковці мінімальна пористість знизиться до 26%, а об'ємна вага збільшиться до 2.3 г/см^3 . Для опису ступеня рихлості місячного реголіту (Carrier та ін., 1973b) використовується так звана відносна щільність (DR), яка визначається виразом:

$$DR = \frac{\rho - \rho_{\min}}{\rho_{\max} - \rho_{\min}} \times 100\%$$

де ρ – щільність місячного реголіту, ρ_{\min} – мінімальне значення густини реголіту, ρ_{\max} – максимальне значення щільності реголіту. Якщо $\rho = \rho_{\min}$, тоді $DR = 0\%$, і якщо $\rho = \rho_{\max}$, тоді $DR = 100\%$ (табл. 8).

КОГЕЗІЯ, КУТ ВНУТРІШНЬОГО ТЕРТЯ І АДГЕЗІЯ МІСЯЦЬОГО ГРУНТУ

Когезійні сили зчеплення (сили Ван дер Ваальса) між частинками пухкого реголіту є в здатності місячного ґрунту до злипання і досягнення певної зв'язності, в результаті чого ґрунт може комкуватися і тримати вертикальні стінки невеликої висоти. За спостереженнями астронавтів кількість грудок лежить на поверхні доходило до 10% від загального числа з розмірного каміння. При цьому грудки легко роздавлювалися під подошвою астронавтів.

Таблиця 9. Типичные значения когезии и угла внутреннего трения лунного ґрунта на глубину до 60 см (Carriger и др., 1991)

Интервал глубины, см	Когезия, кПа		Угол внутреннего трения, град	
	среднее	интервал	среднее	интервал
0–15	0.52	0.44–0.62	42	41–43
0–30	0.90	0.74–1.1	46	44–47
30–60	3.0	2.4–3.8	54	52–55
0–60	1.6	1.3–1.9	49	48–51

Таблиця 10. Плотность, когезия и угол внутреннего трения по экспериментальным данным (Jaffe, 1973)

Плотность, г см ⁻³	Когезия, кПа	Угол внутреннего трения, град
0.99	0.3	13
1.43	0.1	17
1.60	0.5	19
1.70	3.0	14
1.87	2.7	56

При дії на ґрунт шасі місяцеходу відбувалося деяке його ущільнення та випирання в сторони. При руйнуванні ґрунт розпадається на грудки з дрібнозернистого матеріалу, утворюючи круті стіни, що не осипаються. При механічному впливі на ґрунт утворюються тріщини, відколи та грудки. Все це вказує на наявність помітних сил зчеплення у ґрунті.

Місячний ґрунт у пухкому стані має не значне зчеплення і малий кут внутрішнього тертя. У міру ущільнення ґрунту до об'ємної ваги 1.5 г см⁻³ опір зсуву

зростає як за рахунок збільшення сил зчеплення, так і за рахунок збільшення кута внутрішнього тертя. При подальшому ущільненні реголіту вище 1.5 г см⁻³ кут внутрішнього тертя наближається до 25°, подальше зростання опору зрушенню відбувається в основному за рахунок збільшення когезії (Леонич та ін, 1974). У міру зменшення ступеня ущільнення ґрунту його опір зсуву знижується. При об'ємній вазі 1.29 г см⁻³ кут внутрішнього тертя знизився до 10-12°. Для прямолінійної ділянки залежності кут внутрішнього тертя і когезія для ґрунту, доставленого КА Місяць 16 з Моря достатку, дорівнює 25 ° і 5.1 кПа. Для ґрунту щільністю 1.61 г см⁻³ виміряний кут внутрішнього тертя дорівнює 46°. Для ґрунту з материкового району, доставленого КА Місяць 20, кут внутрішнього тертя дорівнює 32 ° (Леонич

та ін, 1975). У процесі зсуву відбувається зміна обсягу зразка ґрунту. Якщо нормального тиску при зсуві відсутня, відбувається розпушення ґрунту та зменшення його об'ємної ваги. При нормальному тиску до 10 кПа об'ємна вага ґрунту практично не змінюється. При тисках вище 10 кПа під час зсуву відбувається ущільнення ґрунту та його об'ємна вага зростає (Леонович та ін., 1974). За допомогою конусно лопатевого штамп (конічного пенетрометра), встановленого на Місяць 1, по трасі місяцехода протяжністю 5224 м біля західного узбережжя Моря Доців було виконано 327 вимірювань механічних властивостей місячного ґрунту (Леонович та ін., 1971). Було виявлено, що механічні властивості місячного ґрунту на рівнині між кратерами, на валу кратерів і на внутрішніх стінках кратерів систематично і досить чітко розрізняються. З урахуванням вимірювань механічних властивостей місячного ґрунту, зроблених також Місяцеходом 2 в кратері Лемоньє біля східного узбережжя Моря Ясності, для морських районів були отримані наступні середні значення: когезія – 0.40 кПа, кут внутрішнього тертя – 40° та відносна щільність – 59%.

За даними, отриманими КА Surveyor 3 та Surveyor 7, когезія місячного ґрунту в поверхневому шарі до 10 см змінюється в межах від 0.35 до 0.70 кПа, а кут внутрішнього тертя - від 35° до 37° (Scott, Robertson, 1969). Пілотована експедиція Apollo 11 підтвердила дані, отримані КА Surveyor (Costes та ін, 1969). У той же час, вимірювання за допомогою ручної колонкової трубки для відбору стратифікованої колонки реголіту на глибину до 70 см дали більш високі значення когезії та кута внутрішнього тертя – $0.71\text{--}2.1$ та $37^\circ\text{--}45^\circ$ відповідно (Costes та ін., 1971) . В експедиції Apollo 14 вимірювання фізико-механічних властивостей ґрунту за допомогою ручного пенетрометра, що заглиблюється, підтвердили дані, отримані КА Surveyor (Mitchell та ін., 1971). Вимірювання в траншеї дали значення когезії в межах $<0.03\text{--}0.1$ кПа та кута внутрішнього тертя в межах від 35° до 45° (Mitchell та ін, 1971). Виміряний кут внутрішнього тертя за допомогою самозаписуючого пенетрометра на глибину до 74 см в місці посадки експедиції Apollo 15 виявився досить високим і змінювався в межах $47.5^\circ\text{--}51.5^\circ$ (Mitchell та ін, 1972b). У материковому районі не в місці посадки експедиції Apollo 16 була пробурена свердловина глибиною 224 см. Після видалення бурового інструменту вертикальні стінки свердловини збереглися без осипання практично на всю її глибину – до 218 см (Mitchell та ін.), що виявилось можливим лише при величині когезії місячного ґрунту не менше 1.3 кПа та вугіллі внутрішнього тертя, рівному 46.5° . Аналогічна оцінка стінок свердловини, пробуреної в місці посадки експедиції Apollo 17, призвела до

значень когезії місячного ґрунту, змінюється не більше від 1.1 до 1.8 кПа (Mitchell та інших., 1973).

У місцях посадок експедицій Apollo 15 і 16 вимірювання механічних властивостей місячного ґрунту також проводилися за допомогою ручного самозаписуючого конусного пенетрометра з максимальним його заглибленням на глибину до 74 см.

Усього було зроблено 17 таких вимірювань, з них лише 8 вимірювань на глибину нижче 20 см. Покриті золотом циліндри з механічним записом експерименту виймалися з пенетрометра і доставлялися на Землю (Mitchell та ін., 1974; Mitchell, Houston, 1974). Середні вимірні значення когезії та кута внутрішнього тертя, отримані за допомогою різних інструментів на глибину до 60 см на рівнинах між кратерами, становлять 1.6 кПа та 49°. Розподіл типових значень когезії та кута внутрішнього тертя в інтервалі глибини до 60 см.

Експериментальні дослідження місячного ґрунту, доставленого з місць посадок пілотованих експедицій Apollo, також показали сильну залежність когезії та кута внутрішнього тертя від щільності ґрунту і, відповідно, від глибини залягання (Jaffe, 1973) (табл. 10).

Досить сильна адгезія місячного ґрунту, яка проявляється в налипанні ґрунту на будь-які поверхні, що стикаються з ним, була відзначена ще при посадці перших апаратів на місячну поверхню. Під час усіх пілотованих експедицій "Аполлон" місячний ґрунт налипав на деталі інструментів та апаратів і на скафандри астронавтів. За даними КА Surveyor 3 виявили, що адгезія збільшувалася до кінця місячного дня. У цілому нині адгезія місячного ґрунту оцінюється не більше від 0.01 до 0.1 кПа (Jaffe та інших., 1970).

МІЦНІСТЬ МІСЯЧНОГО ГРУНТУ НА ЗРУШЕННЯ

Міцність на зсув пухкого ґрунту визначається класичним рівнянням Мора-Коломба

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi ,$$

де τ - зсувна напруга в кПа, c - когезія, σ – додана нормальна напруга, φ – кут внутрішнього тертя.

Як випливає з виразу, міцність на зсув складається з двох основних компонентів. Один з компонентів визначається когезією і не залежить від

прикладеної напруги. Другий фрикційний компонент залежить від величини кута внутрішнього тертя і прямо пропорційний нормальному напрузі, тобто. напрузі, спрямованій перпендикулярно до поверхні. Відповідно до виразу кут внутрішнього тертя може бути визначений за формулою

$$\phi = \arctg\left(\frac{\tau - c}{\sigma}\right).$$

Характеристики зсуву місячного ґрунту істотно залежать від ступеня його ущільнення. Від величини межі міцності на зсув залежать такі важливі інженерні властивості пухкого ґрунту, як несуча здатність і величина кута природного укосу (стійкість укосу) пухкого ґрунту, і, нарешті, його транспортна прохідність.

Опір зсуву зразків місячного ґрунту визначався в площинному однозрізному

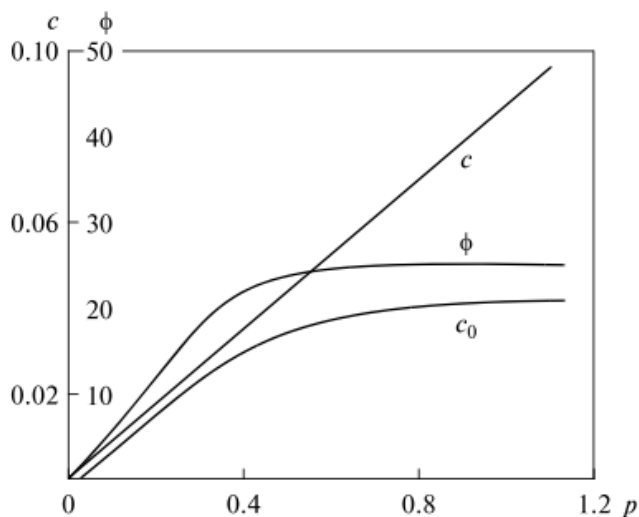


Рис. 11. Зависимость параметров сопротивления сдвига от нормального напряжения (Леонович и др., 1975): c_0 – начальное сцепление (когезия), $\times 10^2$ кПа; c – приведенное сцепление (когезия), $\times 10^2$ кПа; ϕ – угол внутреннего трения, град; σ – давление предварительного уплотнения, $\times 10^2$ кПа.

при борі за методом переущільненого ґрунту. Пара метри опору зсуву переважно залежить від ущільнюючого тиску, тобто. від нормальної напруги (мал. 11). У міру зменшення ступеня ущільнення ґрунту його опір зсуву знижується.

У міру зростання нормальної напруги відбувається збільшення кута внутрішнього тертя і початкового зчеплення, що можна пояснити збільшенням числа контактів між частинками і збільшенням кількості

злипаних частинок. При ущільнюючих тисках більше 40–50 кПа число контактів збільшується незначно, а збільшення кутів внутрішнього тертя початкового зчеплення наближається до деякого постійного значення. Стабілізація величини початкового зчеплення (когезії) пояснюється тим, що в процесі зсуву за відсутності нормальної напруги відбувається розущільнення ґрунту і взаємне зачеплення між частинками зменшується. За наявності нормальної напруги розущільнення ґрунту в процесі зсуву не відбувається, а при тисках, більших деякої величини, ґрунт при зсуві ущільнюється ще сильніше. Цим механізмом ущільнення пояснюється

лінійний характер залежності до гезії (наведеного зчеплення) від ущільнюючого тиску.

Величина напруги зсуву сягає максимуму за деякого значення деформації зсуву (Леонович та інших., 1975). Різкого падіння напруг при зростанні деформацій не відбувається, що свідчить про збереження відносно постійного середнього значення сил зчеплення в ґрунті. Зменшення напруг зсуву спостерігається лише за значної величини деформації і пояснюється насамперед зменшенням перерізу зразка. Наростання напружень зсуву від переміщення зсуву добре апроксимується показовою експериментальною залежністю:

де τ s – поточний опір зсуву, кПа, τ – граничний опір зсуву, кПа, s – переміщення зсуву, l – характерний розмір зразка,

m – показник ступеня.

Експериментальні дослідження місячного ґрунту, доставленого пілотованими експедиціями Apollo, також показали сильну залежність межі міцності на зсув місячного ґрунту від щільності (табл. 11).

Замість рівняння Мора-Коломба (11) на підставі огляду проведених досліджень було запропоновано використовувати для оцінки механічних параметрів місячного ґрунту наступне рівняння (Carrier, 1984):

$$\tau = a \sigma^b,$$

де нормальна напруга (σ) представлена в кПа, постійні коефіцієнти $a = 1.83$, $b = 0.73$.

У цьому випадку кут внутрішнього тертя буде рівний

$$\varphi = \operatorname{tg}^{-1} (ab \sigma - b)$$

а когезія

$$c = a(1 - b) \sigma^b$$

Аналітичне рівняння межі міцності наслідок місячного ґрунту (14) добре узгоджується зданими, отриманими в результаті вимірювань безпосередньо на місячній поверхні в місцях посадок пілотованих експедицій Apollo (Carrier та ін, 1991) (табл. 12). При високих нормальних напругах рівняння дає хорошу відповідність з експериментальними даними.

Наприклад, при $\sigma = 100$ кПа межа міцності на зсув (τ) дорівнюватиме 53 кПа, кут внутрішнього тертя $\varphi = 21^\circ$, а когезія $z = 14$ кПа, що досить добре узгоджується з експериментальними даними по місячному ґрунту, доставленому КА Місяць 16 та Місяць 20 (Леонович та ін., 1975).

СТИСЛИВІСТЬ МІСЯЧНОГО ГРУНТУ

Стисливість місячного ґрунту також досліджувалася на зразках місячного реголіту, доставлених КА Місяць 16 і Місяць 20. биралися зразки ґрунту розміром 6 см. Гранична величина ущільнюючого тиску досягала 100 кПа. У початковій стадії стиснення ґрунту зменшення пористості відбувається в основному за рахунок переміщення і більш щільного укладання агрегатів і частинок. При подальшому збільшенні навантаження починається руйнування агрегатів, переміщення і зближення власне частинок, при цьому навантаження в масі ґрунту передається через контакти між частинками. При дослідженні зразків рего літа в діапазоні тисків, що стискають 0–32 кПа

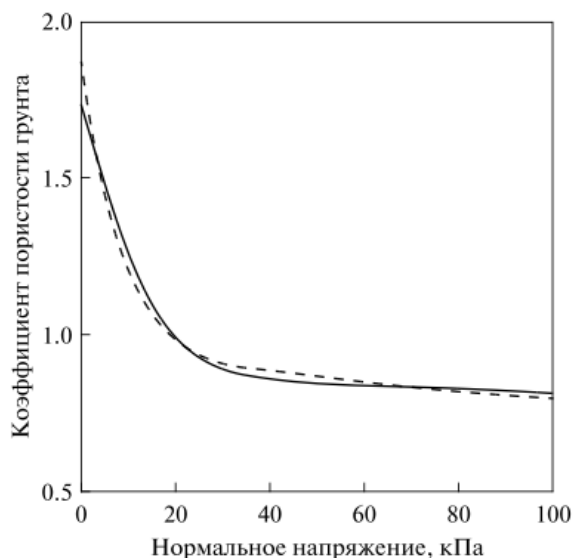


Рис. 12. Сжимаемость лунного ґрунту в залежності від нормального напруження по даним (Леонович та др., 1975). Сплошная линия – лунный реголит из Моря Изобилия (КА Луна-16), прерывистая линия – лунный ґрунт из материкового района Луны (КА Луна-20).

спостерігалася практично лінійна залежність між деформацією та тиском (Леонович та ін., 1975). При подальшому ущільненні відбувалося різке зменшення стисливості ґрунту, а значення деформації наближалися до деякого гранично щільного стану ґрунту. Питома вага ґрунту приймалася рівною 3.0 г см^{-3} . Коефіцієнт стисливості місячного ґрунту сильно залежить від величини ущільнення ґрунту. Для дослідження ущільнюваності місячного ґрунту проводилися експерименти з багаторазового впровадження штампу

в одну точку. При повторних впровадженнях штампу опір ґрунту значно зростає. При цьому несуча здатність та опір обертальному зрізу збільшуються в кілька разів. При оцінці стисливості в якості одного з параметрів використовується коефіцієнт пористості (ϵ), який визначається виразом.

Крива стисливості (мал. 12) місячного реголіту досить добре апроксимується виразом

де - коефіцієнт пористості, А, В, k 1, k 2

- Постійні коефіцієнти. При цьому $A + B = \varepsilon_0$

- Коефіцієнт пористості гранично пухкого ґрунту.

Для ґрунту, доставленого КА Місяць 20 з ма терикового району Місяця, рівняння кривої стисливості подається в наступному вигляді (Черкасов, Шварєв, 1975):

$$\varepsilon = 0.98e^{-0.5 \sigma} + 0.9e^{-0.1 \sigma}$$

НЕСУЧА ЗДАТНІСТЬ МІСЯЧНОГО ГРУНТУ

Найвищий шар ґрунту являє собою пілоподібний легко деформований матеріал, оскільки при впливі на глибину до 1 см ґрунт ущільнюється без помітних випирань у сторони. При русі місяцехода по прямій глибині на колії змінювалася від 1 до 5 см, при русі на крутих підйомах глибина колії з-за буксування збільшувалася. Особливо сильне руйнування ґрунту відбувалося при повороті місяцеходу, коли глибина колії збільшувалася до 10 см (Леонович та ін., 1971).

Конусно лопатевий штамп, встановлений на Місяцеході 1 і Місяць 2, дозволяв одночасно в одній точці визначати параметри несучої здатності та ущільнюваності ґрунту, а при повороті штампу – опір обертальному зрізу ґрунту (Леонович та ін., 1971; 1975). Всього було виконано близько 1000 вимірів на трасах загальною довжиною 47 км. Глибина проникнення штампу в ґрунт досягала 100 мм. Параметри несучої здатності визначалися по кри впровадження штампу в ґрунт, тобто. залежно від навантаження на штампі та глибини його занурення у ґрунт. Як оціночний параметр несучої здатності приймався питомий тиск на штамп при глибині впровадження в ґрунт, що дорівнює висоті штампу. Несуча здатність місячного ґрунту виявилася на валу деяких кратерів помітно нижче, ніж на горизонтальній ділянці та схилі кратера. В цілому, по трасі Місяць 1 існуюча здатність у різних місцях змінювалася від 19.6 до 98 кПа. Несуча здатність самого верхнього шару глибиною до 1 см виявилася достатньо малою, що дорівнює 2-3 кПа. Опір обертальному зрізу в місцях вимірювань по трасі Місяць 1 змінювалося в межах від 2 до 9 кПа. Для дослідження механічних характеристик ґрунту на певній глибині не здійснювався багаторазовий розворот місячного ходу на місці. В результаті розвороту знімався верхній шар ґрунту товщиною 8-10 см. Несуча здатність розкритого ґрунту мала більш високі механічні властивості в порівнянні з ґрунтом на поверхні і становила 100 кПа, а опір обертальному зрізу - 6 кПа.

В цілому, вздовж траси Місяць 1 ґрунт виявився досить міцним для впевненого руху. На горизонтальних ділянках коефіцієнт буксування провідних коліс із-за нерівностей по верхності та неоднорідності реголіту змінювався в межах від 0 до 15%. На схилах кратерів буксування збільшувалося до 20–30%. Тягово зчіпні якості забезпечили впевнений рух місяцехода по схилах до 20°.

Несуча здатність значною мірою визначається кутом внутрішнього тертя, який для місячного ґрунту може змінюватися в широких межах залежно від ступеня ущільнення ґрунту, характеру та величини зовнішнього навантаження.

Несуча здатність місячного ґрунту, оцінена за 776 відбитками слідів астронавтів на місяці в місцях посадок усіх пілотованих експедицій

Apollo, описується наступним аналітичним виразом (Mitchell та ін., 1974):

Граничною несучою здатністю місячного ґрунту є максимальна допустима навантаження, при якій не відбувається перекидання об'єкта на місячній поверхні. Для опори шириною 1 м гранична несуча здатність місячного реголіту оцінюється 6 МПа. Гранична несуча здатність залежить від щільності ґрунту, міцності ґрунту на зсув і від розмірів та форми опори (Durgunoglu, Mitchell, 1975).

МОДУЛЬ ДЕФОРМАЦІЇ МІСЯЧНОГО ҐРУНТУ

Модуль загальної деформації місячного ґрунту, доставленого з Моря достатку КА Місяць 16, досліджувався за допомогою плоского штампу діаметром 8 мм (Леонович та ін, 1974). При впровадженні в ґрунт з об'ємною вагою 1.12 г см⁻³, що знаходився в гранично пухкому стані, штамп залишав чіткий відбиток, навколо якого утворилися невеликі кільцеві тріщини. Ви пірання ґрунту навколо штампу не спостерігалось. Зі збільшенням щільності ґрунту опір впровадження штампу помітно зростає. Змінювався також характер деформації ґрунту, з'являлися зони випирання навколо штампу, утворювалися радіальні та концентричні тріщини. З збільшенням об'ємної ваги місячного реголіту модуль деформації різко зростає (табл. 15). Таким чином, відповідно до розподілу об'ємної ваги ґрунту по глибині модуль деформації в поверхневому шарі реголіту оцінюється в межах 15–29 кПа, а в інтервалі глибин 30–60 см та глибше – ~240 кПа.

При знятті стискаючого навантаження зі зразка ґрунту його коефіцієнт пористості практично не змінюється, оскільки деформації ґрунту, що

відновлюються, невеликі і становлять у середньому десяті частки відсотка від залишкової деформації.

При зростанні навантаження до колишнього значення відбувається додаткове осадження ґрунту, величина якої зменшується в міру збільшення нормальної напруги. При повторному багаторазовому додатку навантаження додаткове осадження ґрунту зменшується в міру збільшення числа циклів навантажень. Модуль загальної деформації також оцінювався за відбитками слідів астронавтів і опорних шасі місячних модулів пілотованих експедицій Аполло. При глибині сліду в 1 см модуль загальної деформації оцінювався в 135 кПа, а при глибині сліду в 10 см - в 13 кПа (Черкасов, Шварев, 1975). Статичне навантаження на опору шасі місячного модуля становило 270 кг, а її діаметр – 63 см.

Глибина вдавлювання опор місячного модуля змінювалася від 2.5 до 7.5 см, що відповідало зміні модуля загальної деформації в межах 55–165 кПа.

КОЕФІЦІЄНТ ПУАССОНА МІСЯЧНОГО ГРУНТУ

Коефіцієнт поперечної деформації, або коефіцієнт Пуассона (μ), є показником здатності породи до зміни об'єму в процесі деформації під дією напруг і визначається абсолютною величиною відношення відносної поперечної деформації до відносної поздовжньої деформації. Коефіцієнт Пуассона головних породоутворюючих мінералів змінюється в від 0.08 до 0.34, при цьому найбільш багаточисельною є група мінералів, для яких коефіцієнт змінюється від 0.21 до 0.29.

Коефіцієнт Пуассона також залежить від мінералогічного складу, тріщинуватості і пори гірських порід. Для мерзлих піщаноглинистих ґрунтів коефіцієнт Пуассона змінюється від 0.13 до 0.45 (Цитович, 1973). При зниженні температури ґрунтів цей коефіцієнт знижується, а при підвищенні - збільшується (Трофімов та ін, 2005).

При обробці дослідних даних, отриманих КА Surveyor, у розрахунках використовувалося значення коефіцієнта Пуассона $\mu = 0-0.5$ (Choate та ін., 1969), що перебиває значення для всіх відомих земних матеріалів. При розрахунку модуля загальної деформації ґрунту Аполло 12 значення коефіцієнта Пуассона приймалося рівним 0.2 (Scott, Zuckerman, 1971). Середнє значення коефіцієнта Пуассона для місячного ґрунту оцінюється в 0.2 (Черкасов, Шварев, 1975).) Виразом:

$$\xi = \mu / (1 - \mu); \mu = \xi / (1 + \xi).$$

Розраховане за цією формулою значення коефіцієнта Пуассона становить 0.31 для ґрунту Місяця 16 і 0.20 для ґрунту Місяця 20 (Громов та ін., 1979).

ВИСНОВОК ПО РЕГОЛІТУ

Від району до району фізико-механічні властивості реголіту на поверхні можуть змінюватися значною мірою, що обумовлено, головним чином, варіаціями гранулометричного складу та щільності в залежності від геоморфологічного типу місцевості. Перш за все, така відмінність спостерігається в міжкратерній області і на пухких валах щодо свіжих кратерів діаметром у десятки та сотні метрів.

Несуча здатність місячного ґрунту на валу деяких кратерів приблизно в п'ять разів нижче, ніж на горизонтальних ділянках і схилах кратера. Наприклад, по трасі Місяць 1 несуча здатність у різних місцях змінювалася від 19.6 до 98 кПа. Опір обертальному зрізу в місцях вимірів по трасі Місяць 1 змінювалося в межах від 2 до 9 кПа. Відповідно, коефіцієнт буксування провідних коліс на горизонтальних ділянках змінювався в межах від 0 до 15%. На схилах кратерів буксування збільшувалося до 20–30%.

2.2 АРХІТЕКТУРНО-ПЛАНУВАЛЬНЕ РІШЕННЯ

Об'єкт проектування та дослідження – обваловане місячне поселення на основі фрактально-морфологічних астропроекцій. Функція поселення- це наукове дослідження, видобуток корисних копалин, створення нових матеріалів, дослідження космосу та ін.

Поселення має 5 функціональних зон:

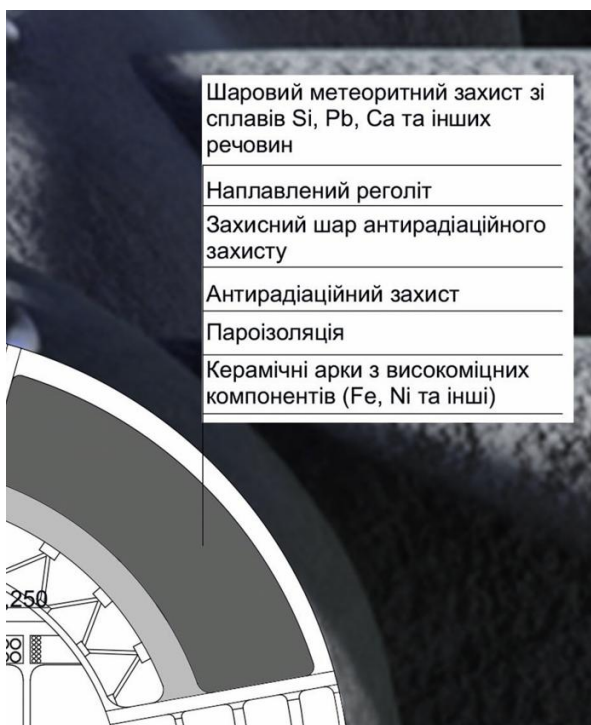
- Центр управління;
- Житлові блоки(включають в себе: спортивні зали для адаптації до умов місяця, медичні центри та ін.);
- Віварій(для вирощування рослин);
- Лабораторно-виробничий комплекс;
- Зали життєзабезпечення.

За формою поселення нагадує піраміду яка на кожному з ярусів змінює свою форму, та двома торами розрізаними навпіл по горизонталі, різні блоки мають від двох до 7 поверхів. Габаритні розміри поселення: 460м в ширину, та 85м в висоту.

2.3 КОНСТРУКТИВНЕ РІШЕННЯ

Опис конструктивного рішення представлено в цілому. Використовуються надміцні матеріали для забезпечення міцної конструкції з урахуванням тих процесів що відбуваються на Місяці.

Конструктивна система комбінована: зовнішні огорожувачі несучі конструкції - система стрижньових елементів (арок та балок); внутрішні несучі конструкції - каркасна система.



Зовнішні огорожувальні несучі конструкції виготовлено з

композиційних матеріалів (високоміцна кераміка із додаванням заліза, нікеля та ін.) з наступним складом покриття:

- пароізоляція,
- антирадіаційний захист (на основі вуглеводнів)
- товстий шар наплавленого реголіту,
- Шаровий метеоритний захист (сплави кремнію, свинцю, кальцію та ін).

Внутрішні модулі для роботи персоналу виконані зі збірних об'ємів в заводському виконанні. Монтування кожного блоку виконується за системою замків, пазів та ін.

Для вертикального переміщення по поселенню використовуються ліфти (для персоналу та для вантажу) та сходи.

Фундаменти окремо стоячі, ступінчасті під колони та опори зовнішніх несучих конструкцій; стрічкові – під несучі стіни та діафрагми жорсткості; колони квадратного перерізу, сітка нерівномірна: основна 12×12м, додаткова 6×6м.

Міжповерхове перекриття: балкове з плитами опертими по контуру.

Просторова жорсткість забезпечується сумісною роботою композитних рам каркасу та монолітних перекриттів. У рівні зовнішніх огорожувальних конструкцій встановлені зв'язки жорсткості, також вони присутні на рівні їх фундаментів.

РОЗДІЛ ІІІ
БЖД РОЗДІЛ

3.1 ВСТУП

Проектоване науково-дослідницьке поселення знаходиться на Місяці тому питання безпеки персоналу ще перше над чим ми повинні задуматись. Для людини яка перебуває на місяці та для самого спроектованого об'єкту становлять загрозу метеоритні дощі та інші незгоди. Зростає масштабність наслідків аварій, катастроф, що ставить проблему запобігання виникненню надзвичайних ситуацій і ліквідації або мінімізації їх наслідків як найбільш актуальну.

3.2 ВИМОГИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ТЕРИТОРІЇ ПОСЕЛЕННЯ.

На сьогоднішній день норм та правил для такого типу об'єктів не існує тому я привиду норми для багатофункціональних комплексів якими ми користуємось на Землі.

В ДБН В.2.5-56:2014 «Системи протипожежного захисту» є загальні положення та вимоги щодо пожежної безпеки різних об'єктів та їх території починаючи з моменту зведення споруди до моменту її реалізації та експлуатації.

3.3 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТУ

Евакуація — це одночасне переміщення значної кількості людей в одному напрямку під час виникнення пожежі у приміщенні, а також при аваріях. Від правильної організації евакуації і стану комунікацій приміщень залежить збереження життя людей.

Показником ефективності евакуації є час, протягом якого люди можуть у разі необхідності залишити окремі приміщення і будівлі чи споруди взагалі. Безпека евакуації досягається тоді, коли час евакуації не перевищує часу настання критичної фази розвитку пожежі (критичних температур, концентрацій кисню, диму та ін.).

Шляхи евакуації (проходи, коридори) повніші мати рівні вертикальні огорожувальні конструкції без будь-яких виступів, що звужують виходи по ширині; природне освітлення або штучне, що працює від звичайної електричної мережі або від аварійної.

Мінімальна ширина проходу має становити не менше 1 м, а висота 2 м. Двері на шляхах евакуації повинні відчинятися, як правило, у напрямку виходу з будівлі.

Евакуаційних виходів з приміщення або споруди має бути, як правило, не менше двох. Допускається наявність одного евакуаційного виходу з приміщень, якщо відстань від найбільш віддаленого робочого місця до цього виходу не перевищує 25 м, а кількість працюючих не більше 5 осіб у приміщеннях з виробництвами категорій А, Б; 25 осіб у приміщеннях з виробництвом категорії В; 50 осіб у приміщеннях з виробництвами категорій Г та Д. Не допускається влаштувати евакуаційні виходи через приміщення категорій А і Б, а також через виробничі приміщення в будівлях підвищених ступенів вогнестійкості.

Проектування системи оповіщення (СО) про пожежу та управління евакуацією людей

Система оповіщення (далі – СО) про пожежу та управління евакуацією людей призначена для оповіщення людей, що перебувають в будинку, про виникнення пожежі з метою створення умов для їх своєчасного евакуування.

Оповіщення здійснюється одним із таких способів або їх комбінацією:

- передачею звукових, а також, за необхідності, світлових сигналів оповіщення у всі приміщення будинку;
- трансляцією мовленнєвих повідомлень про пожежу;
- передачею в окремі зони будинку або приміщення повідомлень про місце виникнення пожежі, про шляхи евакуування та дії, що забезпечують особисту безпеку;
- увімкненням світлових покажчиків рекомендованого напрямку евакуування;

- увімкненням освітлення евакуювання;
- для СО4 та СО5 типів – двостороннім зв'язком між приміщенням пожежного поста та зонами оповіщення.

Зони оповіщення визначаються проектною організацією виходячи з умов забезпечення безпечного евакуювання людей.

Обґрунтування вибору СО виконується згідно ДБН В.2.5-56:2014. «Системи протипожежного захисту» [4].

Для будівлі готелю згідно табл. Б.1, додатку Б [4] повинно обладнувати системою провіщування типу СО-3.

Функції які виконує різні типи СО наведені в табл. 3.2

Таблиця 1– Характеристика різних типів систем оповіщення [5]

Характеристики систем оповіщення про пожежу	Наявність характеристик у системах оповіщення				
	СО-1	СО-2	СО-3	СО-4	СО-5
1. Способи оповіщення:					
• звуковий (дзвінок, тонований сигнал та ін.)	+	+	*	*	*
• мовної (запис і передача спецтекстов)	–	–	+	–	+
• світловий:					
- світловий миготливий сигнал	*	*	–	–	–
- світлові покажчики "Вихід"	*	+	+	+	+
- світлові покажчики напрямку руху	–	*	*	+	+
- світлові покажчики напрямку руху з включенням окремо для кожної зони	–	*	*	*	+
2. Зв'язок зони оповіщення з диспетчерською	–	–	*	+	+
3. Черговість оповіщення:					
• всіх одночасно	*	+	–	–	–
• тільки в одному приміщенні (частині будинку)	*	*	*	–	–
• спочатку обслуговуючого персоналу, а потім усіх інших (при необхідності за спеціально розробленою черговістю)	–	*	+	+	+
4. Повна автоматизація управління систем оповіщення і можливість реалізації безлічі принципів організації евакуації з кожної зони оповіщення	–	–	–	–	+

СОУЕ 2-го типу є автономні централізовані комплекси і будуються за модульним принципом. Залежно від архітектурних особливостей будівлі і його призначення системи оповіщення включають в себе пристрої передачі екстрених повідомлень або ж доповнюються модулями для трансляції по зонам фонові музики і оголошень загального призначення. Крім того, системи оповіщення про пожежу розрізняються за кількістю зон оповіщення, по можливості програмування логіки подій, по можливості управління СОУЕ.

ДБН В.2.5-56:2014

Кінець таблиці Б.1

Призначення будинку, приміщення (найменування нормативного показника)	Нормативний показник	Тип СО				
		1	2	3	4	5
15.1 умовною висотою від 26,5 м до 47 м				*		*
15.2 умовною висотою від 47 м до 73,5 м					*	*
16 Житлові будинки з умовною висотою від 26,5 м до 73,5 м		*				
17 Висотні будинки з умовною висотою від 73,5 м до 100 м включно:	—					
17.1 житлові будинки					*	
17.2 громадського призначення					*	*
18 Заклади соціального захисту населення (крім психоневрологічних диспансерів)				*		
19 Виробничі та складські будинки (кількість поверхів) категорій: А, Б, В	1	*				
	Понад 1		*			
	Г	2 і більше	*			
20 Будинки адміністративні та побутові промислових підприємств, офіси (кількість місць, чол.)	До 50	*				
	50-100		*			
	Понад 100			*		
21 Культові будинки (найбільша місткість зали, чол.)	До 300	*				
	Понад 300		*			
22 Виставкові центри (площа поверху, м ²)	До 500	*				
	500-3500		*			
	Понад 3500			*		*

Системи пожежогасіння призначені для запобігання, обмеження розвитку, гасіння пожежі, а також захисту від пожежі людей і матеріальних цінностей.

Одним з найбільш надійних засобів для вирішення цих завдань є системи автоматичного пожежогасіння, які на відміну від систем ручного пожежогасіння і систем, керованих оператором, приводяться в дію пожежною автоматикою за об'єктивними свідченнями і забезпечують оперативне гасіння вогнища загоряння без участі людини.

Необхідність установки системи автоматичного пожежогасіння

Порядок і необхідність установки таких систем, як автоматичні установки пожежогасіння: газове пожежогасіння, водяне пожежогасіння, порошкове пожежогасіння регламентується нормативними документами ДБН (Державними Будівельними Нормами).

В обов'язковому порядку системами автоматичного пожежогасіння обладнуються серверні кімнати, архіви та інші приміщення для зберігання і обробки інформації, автостоянки закритого типу (підземні та надземні при 2-х поверхах і вище), а також складські приміщення, торговельні зали, ремонтні майстерні та інші виробничі та невиробничі приміщення, в залежності від займаної ними площі і характеру матеріалів, що у них зберігаються.

У разі необхідності оснащення об'єкта системою автоматичного пожежогасіння замовнику (власнику) належить зробити вибір конкретної автоматичної установки пожежогасіння (водяного пожежогасіння, газового пожежогасіння, порошкового пожежогасіння і т.д.) і фірми-інсталятора. Зробити правильний вибір автоматичної системи пожежогасіння для свого об'єкта Вам допоможуть наші професіонали з багаторічним стажем.

Класифікація систем автоматичного пожежогасіння

За визначенням ГОСТу, установка пожежогасіння або протипожежна установка – це сукупність стаціонарних технічних засобів для гасіння пожежі за рахунок випуску вогнегасної речовини.

Конструктивно автоматичні установки пожежогасіння складаються з резервуарів або інших джерел, наповнених необхідною кількістю вогнегасної речовини, пристроїв управління і контролю, системи трубопроводів і насадок-розпилювачів. Кількість розпилювачів, довжини і перетин трубопроводів, необхідну кількість вогнегасної речовини визначаються ретельними розрахунками.

Поділяються системи автоматичного пожежогасіння, перш за все, за використовуваною вогнегасною речовиною:

- газове пожежогасіння (CO₂, аргон, азот, хладони);
- водяне пожежогасіння (вода);
- пінне пожежогасіння та водо-пінне пожежогасіння (вода з піноутворювачем);
- порошкове пожежогасіння (порошки спеціального хімічного складу);
- аерозольні системи пожежогасіння (подібні до порошків, але частки на порядок менше за розмірами);
- системи тонкодисперсної води (тонкорозпиленою води).

Вартість систем автоматичного пожежогасіння

Зазвичай перше питання, яке хвилює замовника – це ціна системи автоматичного пожежогасіння. Ціна, зрозуміло, дуже важливий фактор, але також важливо враховувати, що Ви платите не за дозвіл органів пожежного нагляду на експлуатацію об'єкта, а за реальне обладнання, від якого в разі потреби буде потрібно не тільки надійно загасити пожежу, але і забезпечити нанесення мінімальної шкоди матеріальним цінностям.

Вибір системи гасіння визначається виходячи з функціонального призначення приміщення, технологічних процесів, що відбуваються в ньому в ряді випадків визначається нормативними документами.

У загальному випадку, в порядку убутання вартості системи автоматичного пожежогасіння розташовуються в такий спосіб:

- газові системи пожежогасіння;
- системи тонкодисперсної води (системи тонкорозпиленою води);
- пінні системи пожежогасіння і водо-пінні системи;
- водяні системи пожежогасіння;
- аерозольні системи пожежогасіння;
- порошкові системи пожежогасіння.

Однак, слід звернути увагу на те, що приблизно в цьому ж порядку зростає ступінь шкідливого впливу на матеріальні цінності при спрацьовуванні систем автоматичного пожежогасіння.

Так, найдешевші системи пожежогасіння – порошкові і аерозольні. Однак, розпорошується в приміщенні порошок, будучи хімічно активним, призводить до корозії металу і різних видів деструкції пластика, гуми, паперу та інших матеріалів. Дуже шкідливо потрапляння порошку на шкіру або в дихальні шляхи. Це накладає обмеження на об'єкти застосування цих систем і висуває підвищені вимоги до їх надійності та захисту від помилкового спрацьовування. Перевагою систем є простота в інсталяції, тому що вони автономні. Їх застосування рекомендується, наприклад, в необслуговуваних або малообслуговуваних приміщеннях, де розташовується енергетичне обладнання (підстанції, трансформаторні і т.д.). Також вони можуть використовуватися на складах, де потрібно поверхневе гасіння вогнищ пожежі.

Системи газового пожежогасіння забезпечують мінімум шкідливого впливу на матеріальні цінності, але ціна їх вище, тому що визначається

високою вартістю необхідного запасу вогнегасної речовини і ємностей для його зберігання, а також спеціальними вимогами по автоматичці і оповіщенню, до герметизації приміщення, необхідністю газо-димовидалення та евакуації людей. Вони використовуються для захисту бібліотек, музеїв, сховищ, банків, обчислювальних центрів, невеликих офісів, серверних.

Найбільше поширення в даний час отримали автоматичні системи водяного пожежогасіння, які знаходяться в ціновому інтервалі між системами газового і порошкового пожежогасіння. Вони використовуються на великих площах для захисту торгових і бізнес-центрів, адміністративних будівель, спортивних комплексів, готелів, підприємств, гаражів та автостоянок, банків, об'єктів енергетики, військових об'єктів і об'єктів спеціального призначення, складів, житлових будинків і котеджів. Необхідно враховувати можливість непрямого збитку при пожежі або помилкове спрацювання, який завдає вода.

Системи пінного пожежогасіння дорожчі систем водяного пожежогасіння, тому що потребують додаткового обладнання (піногенератор і т.п.). Установками пінного пожежогасіння, наприклад, захищають приміщення або цілі об'єкти з виробництва, переробки та зберігання нафтопродуктів, спиртів, хімічних речовин і інших речовин, матеріалів і виробів, гасіння яких водою не ефективно.

Обмеження за матеріалами, що підлягають гасінню

Системи газового пожежогасіння не мають обмежень за матеріалами, що підлягають гасінню. Практично немає таких обмежень і у пінного і водо-пінного пожежогасіння, аерозольних систем і систем тонкодисперсної води (тонкорозпиленої води). Істотні обмеження, однак, мають системи водяного пожежогасіння.

Вимоги до комунікацій і енергоресурсів

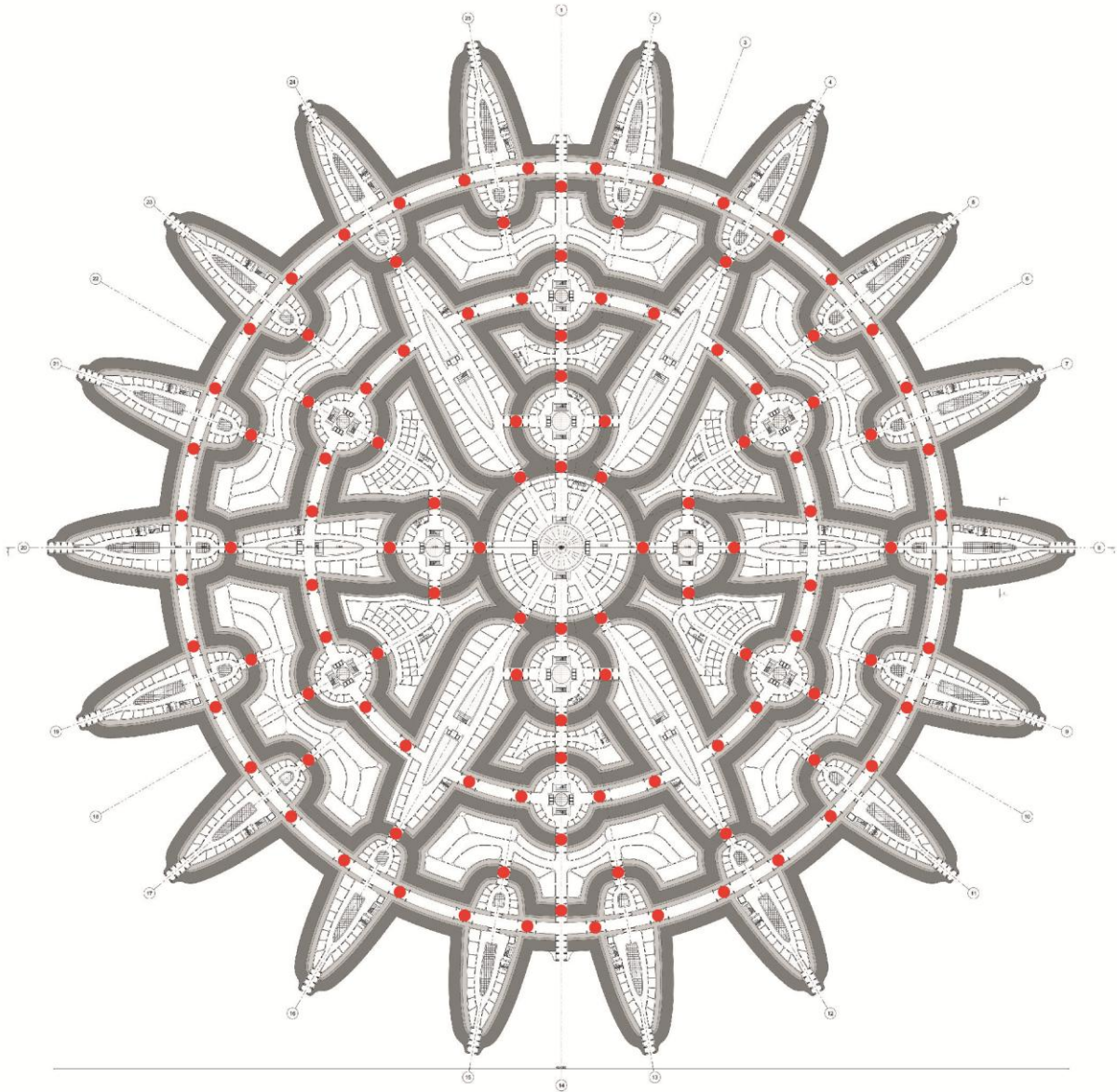
Електроживлення всіх систем автоматичного пожежогасіння здійснюється за I категорії надійності.

Аерозольні системи пожежогасіння і системи тонкорозпиленою води – автономні, в той час як інші системи пожежогасіння пред'являють спеціальні вимоги за додатковими комунікаціями і енергоресурсами:

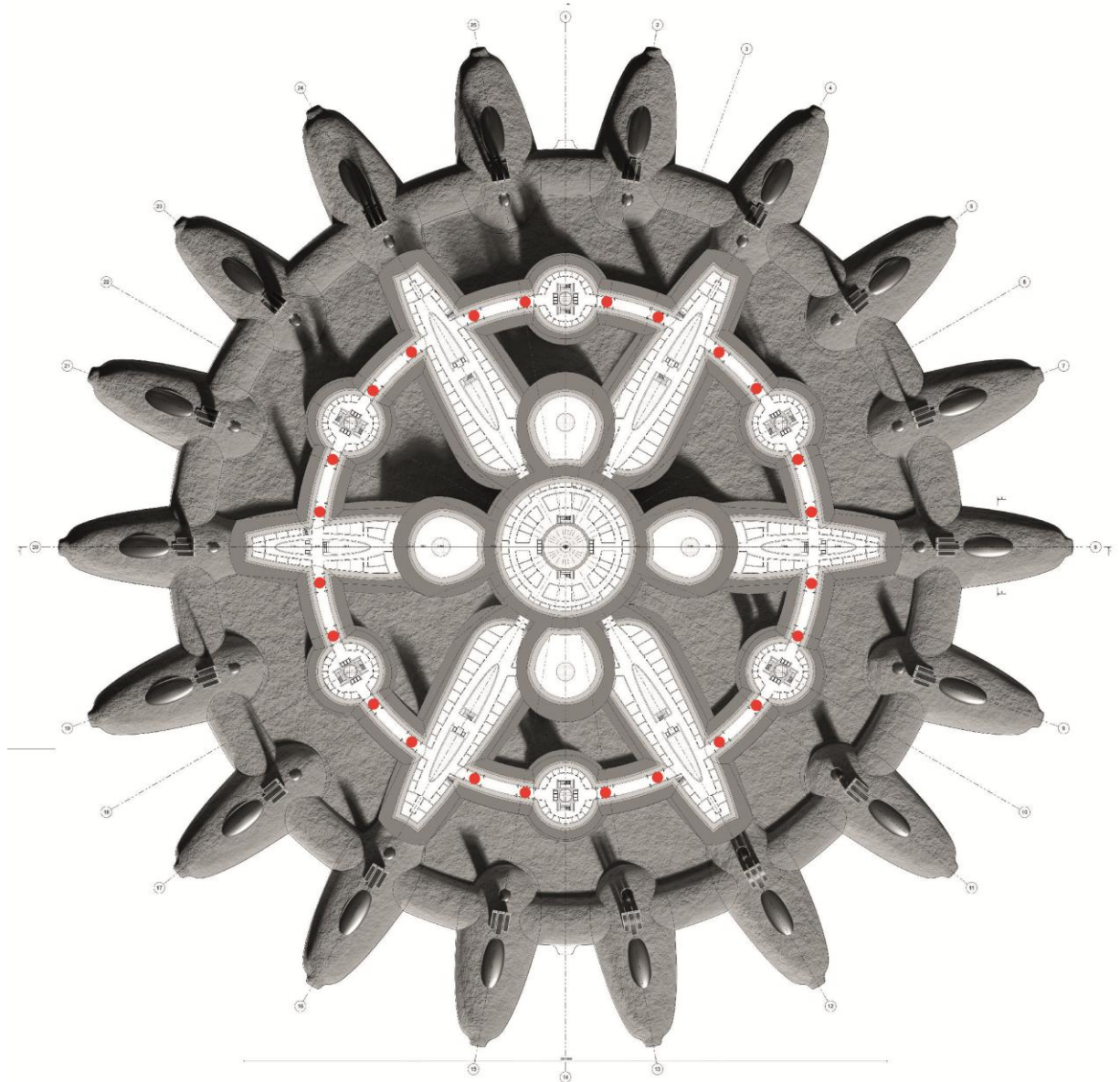
- системи газового пожежогасіння – газо-димовидалення, герметичність приміщень, які потребують вимоги по автоматичі і оповіщенню;
- системи пінного пожежогасіння і водо-пінні системи -запас води або її магістральне джерело, енергоживлення насосів і піногенераторів;
- системи водяного пожежогасіння – запас води або її магістральне джерело, енергоживлення насосів.

І так за для забезпечення пожежної безпеки на нашому об'єкті ми використовуємо комбіновану систему пожежогасіння (автоматична). Також при пожежі та руйнувань які ведуть до розгерметизації, кожен з модулів бази може блокуватися герметичними дверима до ліквідації проблеми та до відновлення життєзабезпечення в модулі.

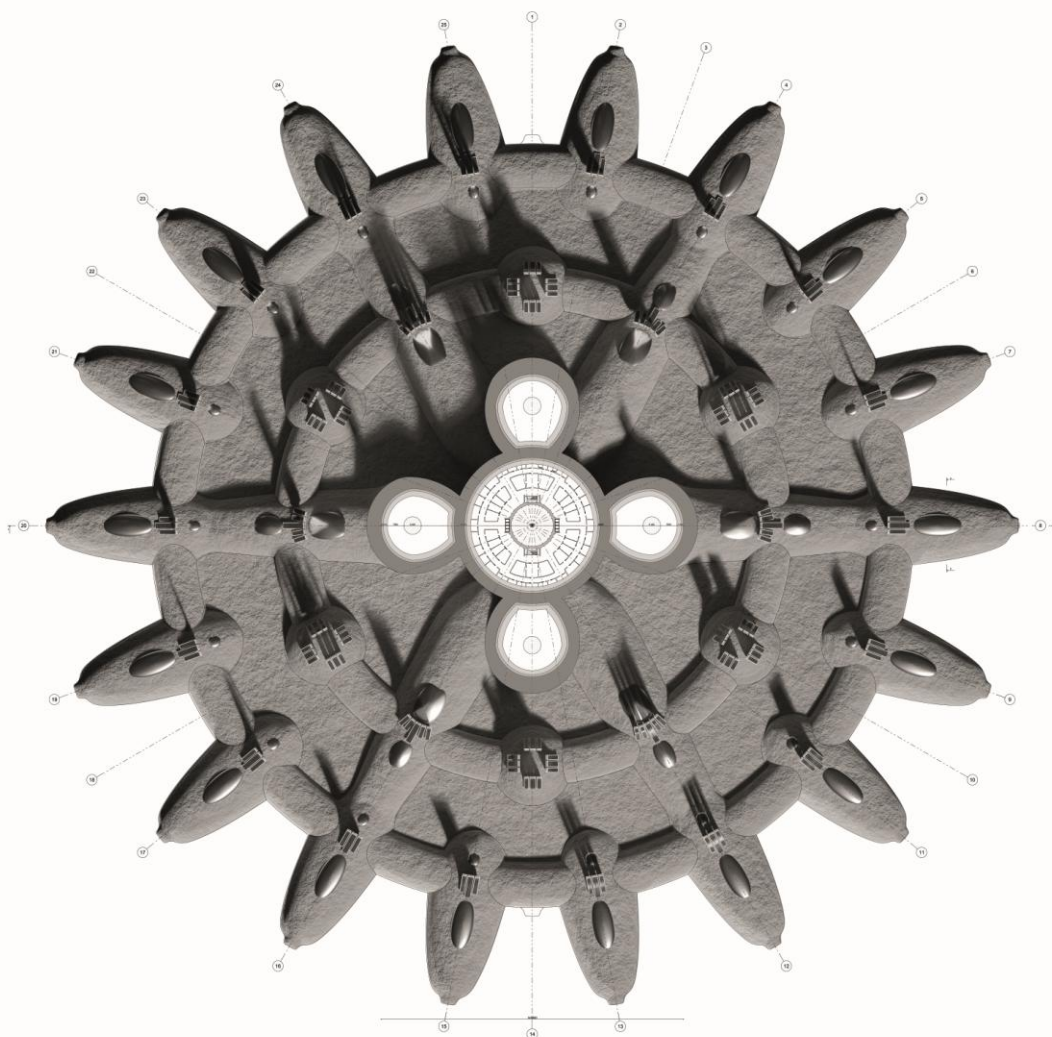
План поверху на відмітці +0,000 М 1:500



План на відмітці +15,000 М 1:800



План на відмітці +36,000 М 1:800



4.1 ДЖЕРЕЛА ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- Троицкий В.С., Тихонова Т.В. Результаты исследования поверхностного слоя Луны по ее собственному излучению // Современные представления о Луне.
- Бондаренко Н.В., Шкуратов Ю.Г. Карта толщины реголитового слоя видимого полушария Луны по радиолокационным и оптическим данным // Астрон.
- Лу Я., Шевченко В.В. Повышенное содержание железа в склоновых осыпях некоторых лунных кратеров // Астрон. вестн. 2012. Т. 46. № 4. С. 271–281. (Lu Y., Shevchenko V.V. Increased iron abundances in slope avalanches of certain lunar craters // Sol. Syst. Res.
- Desai C.S. Saadatmanesh H., Girdner K. Development and mechanical properties of structural materials from lunar simulants // Resources of NearEarth Space / Eds. Lewis J.S., Matthews M.S., Guerrieri M.L. Univ. Arizona Press, 1993. P. 297–324.
- Cadenhead D.A., Stetter J.R. Specific gravities of lunar materials using helium pycnometry // Proc. 6th Lunar Sci. Conf. 1975. P. 3199–3206.