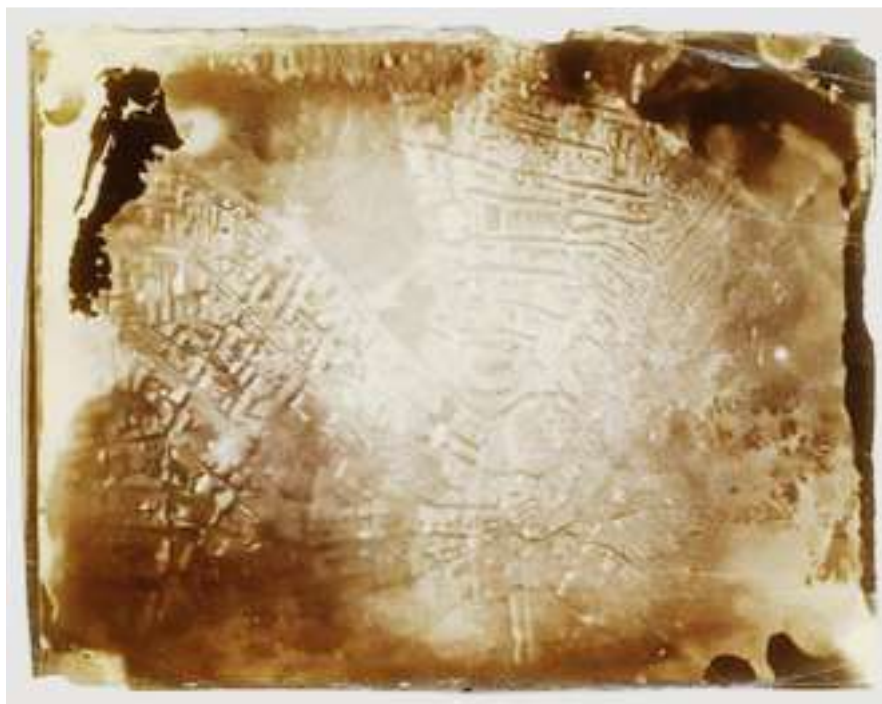


## ІСТОРІЯ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ



*Рис. 1.1.* Перший аерофотознімок з повітря Фелікса Турнашона (1858)



*Рис. 1.2. Світлини, зроблені голубами Нойброннера*



*Рис. 1.3.* Перший знімок з космосу 1946 р.  
На знімку зображена Мексика



- **ФІЗИЧНІ ОСНОВИ ДИСТАНЦІЙНОГО  
ЗОНДУВАННЯ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА**

# ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ХВИЛІ

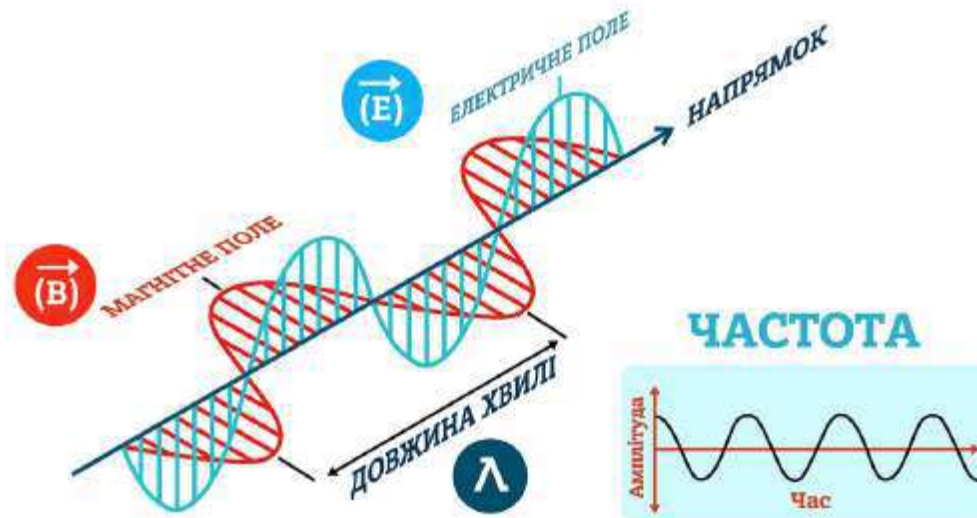


Рис.1. Електромагнітні хвилі

Рис. 2. Шкала електромагнітних хвиль

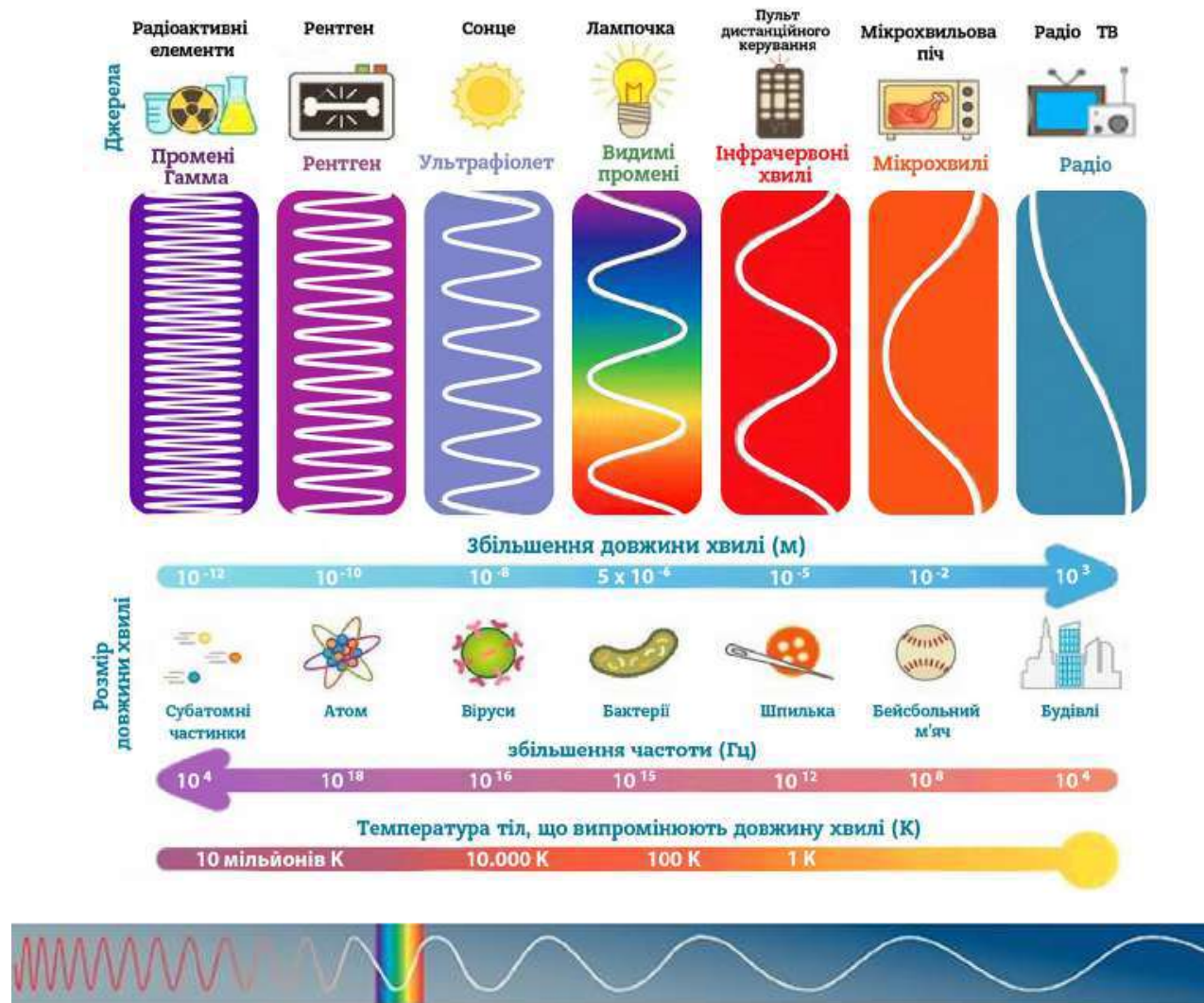


Рис. 3. Схема поділу спектра інфрачервоного випромінювання

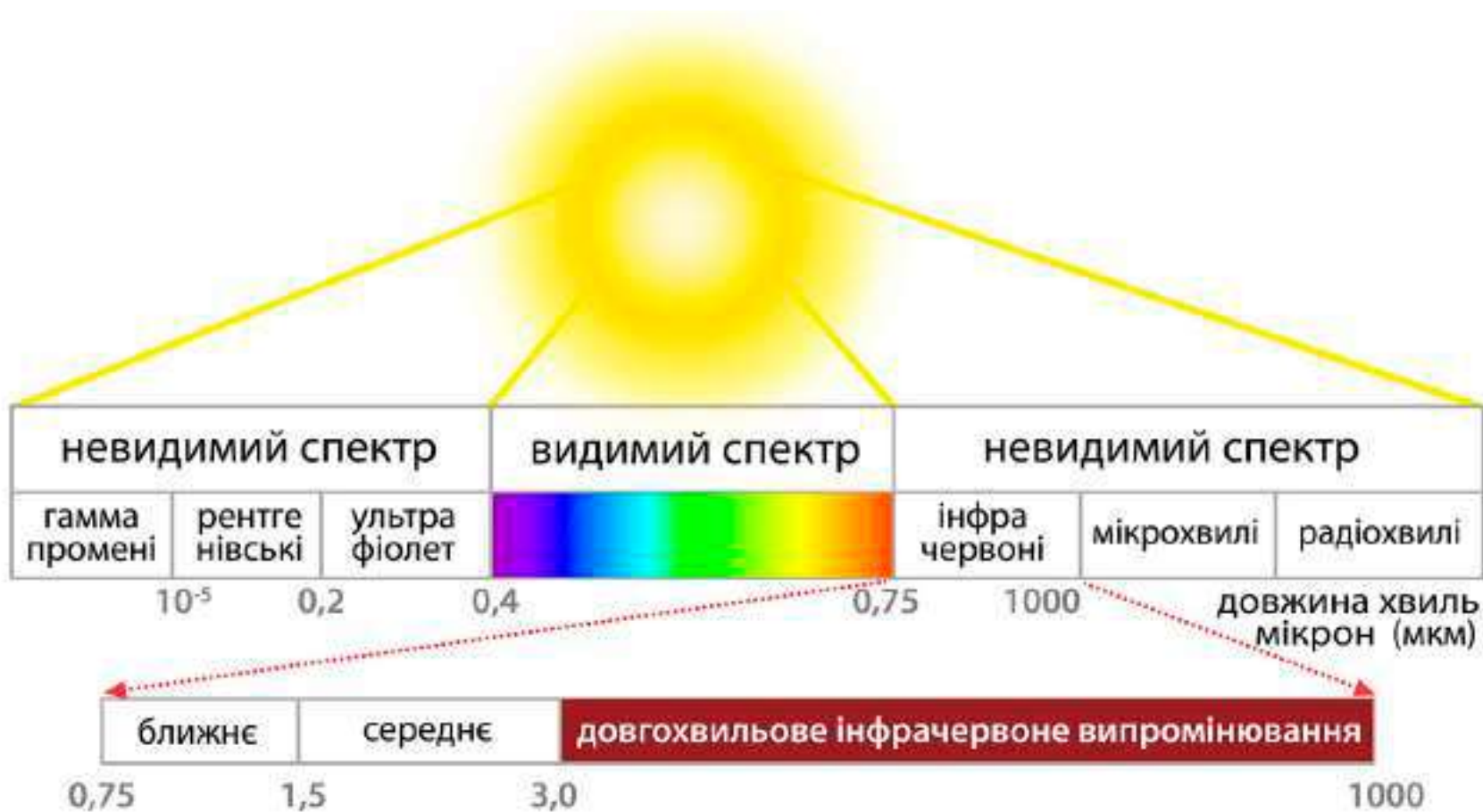




Рис. 4. Умови виникнення веселки

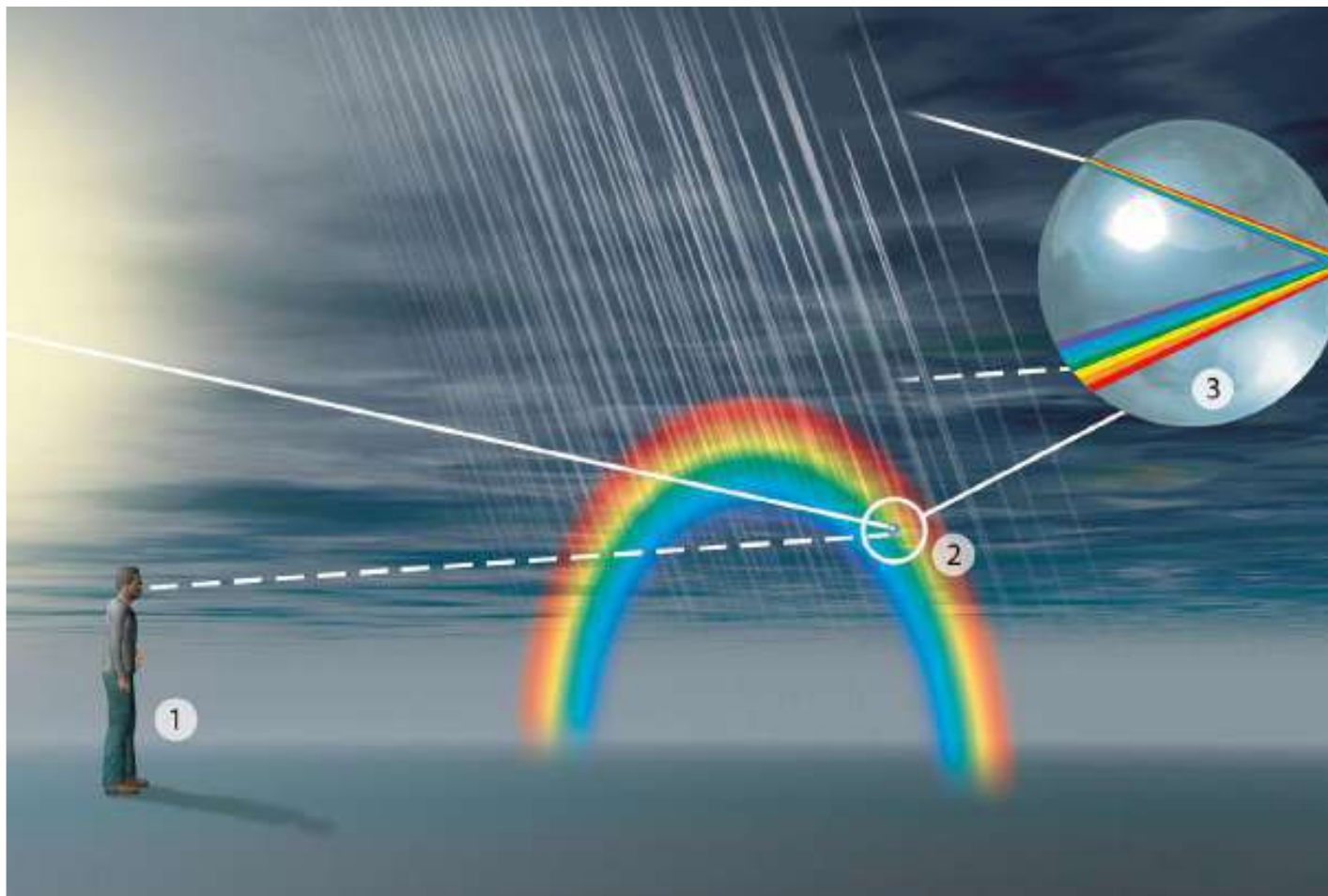


Рис. 5. Схема процесу розсіювання світла



Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Факультет геології, географії, рекреації та туризму  
Кафедра фундаментальної та прикладної геології

***Методичні вказівки до виконання практичних робіт  
з дисципліни «Дистанційні методи в геології»***

*Практична робота №1. Характеристика штучних супутників Землі.*

Мета: ознайомитися з основними характеристиками штучних супутників Землі

Необхідне обладнання:

- персональні комп'ютери або ноутбуки;
- доступ до мережі Internet;
- смартфон.

*Хід роботи:*

1. Для виконання даної частини практичної роботи студент обирає по 1 супутнику з кожної групи (список супутників в кінці ПЗ №1).

2. В MS PowerPoint створити презентацію за наступним планом:

[Слайд 1]	Титульний слайд, де повинно бути відображено: міністрство, ЗВО, факультет, кафедра, дисципліна, тема, П.І.Б. студента і перевіряючого викладача. Рік. На слайді розмістити фото супутника.
[Слайд 2]	«Загальні дані ...» а) країна виробник, угруповання; б) завдання (наприклад, ДЗЗ) в) час запуску, ракета-носій, стартовий майданчик. (проілюструвати слайд космічним знімком стартового майданчику) г) Вартість супутника.

[Слайд 3]	<p>«<i>Параметри орбіти ....</i>»</p> <p>а) Тип орбіти (за ексцентриситетом, нахиленням, висоті, висоті апогею, перигею).</p> <p>б) Період обертання навколо Землі, Інтервал повторення. Кількість витків за день (24 год / Тобр).</p> <p>в) Середня швидкість супутника</p>
[Слайд 4]	<p>«<i>Технічні характеристики...</i>»</p> <p>а) Спектральні канали та їх дозвіл (просторове і радіометричне)</p> <p>б) Зона огляду</p> <p>в) Фокусна відстань</p> <p>г) Маса, розміри, Розрахунковий термін функціонування/реальний.</p> <p>д) Швидкість передачі даних з супутника.</p>
[Слайд 5*]	<p>«<i>Застосування ...</i>»</p> <p>а) Області застосування</p> <p>б) доступність знімків, їх вартість із зазначенням розміру мінімальної сцени.</p>

\* при великому об'ємі даних кількість слайдів може бути збільшена

*Супутники високої, дуже високої та надвисокої роздільної здатності:*

- |                    |                  |
|--------------------|------------------|
| 1. QuickBird       | 12. SPOT -6,7    |
| 2. Worldview – 1   | 13. ALOS-1       |
| 3. Worldview – 2,3 | 14. ALOS-2,3     |
| 4. Ikonos          | 15. KOMPSAT-2,   |
| 5. Geoeye-1        | 16. СІЧ 2 (1,1м) |
| 6. Geoeye-2        | 17. Sentinel-2   |
| 7. CARTOSAT -1,2   | 18. TH-1, 2      |
| 8. PLEIADES-1A, 1B |                  |
| 9. RapidEye        |                  |
| 10. OrbView-1,2,3  |                  |
| 11. SPOT -5        |                  |

*Супутники середнього та низького роздільної здатності:*

19.IRS-P6

20.Terra (Aster, Modis)

21.Landsat 5,7,8

22.EOS

23.NOAA

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Факультет геології, географії, рекреації та туризму  
Кафедра фундаментальної та прикладної геології

***Методичні вказівки до виконання практичних робіт  
з дисципліни «Дистанційні методи в геології»***

*Практична робота №2. Планування аерофотознімальних робіт»*

***Мета:***

- ознайомити здобувачів з алгоритмом та принципом використання мобільних додатків для взаємодії з дронами DJI при планування аерофотознімальних робіт.

***Необхідне обладнання:***

- персональні комп'ютери або ноутбуки;
- доступ до мережі Internet;
- смартфон.

***Завдання:*** Описати послідовність та принцип планування аерофотознімальних робіт за допомогою дронів.

***Порядок виконання роботи:***

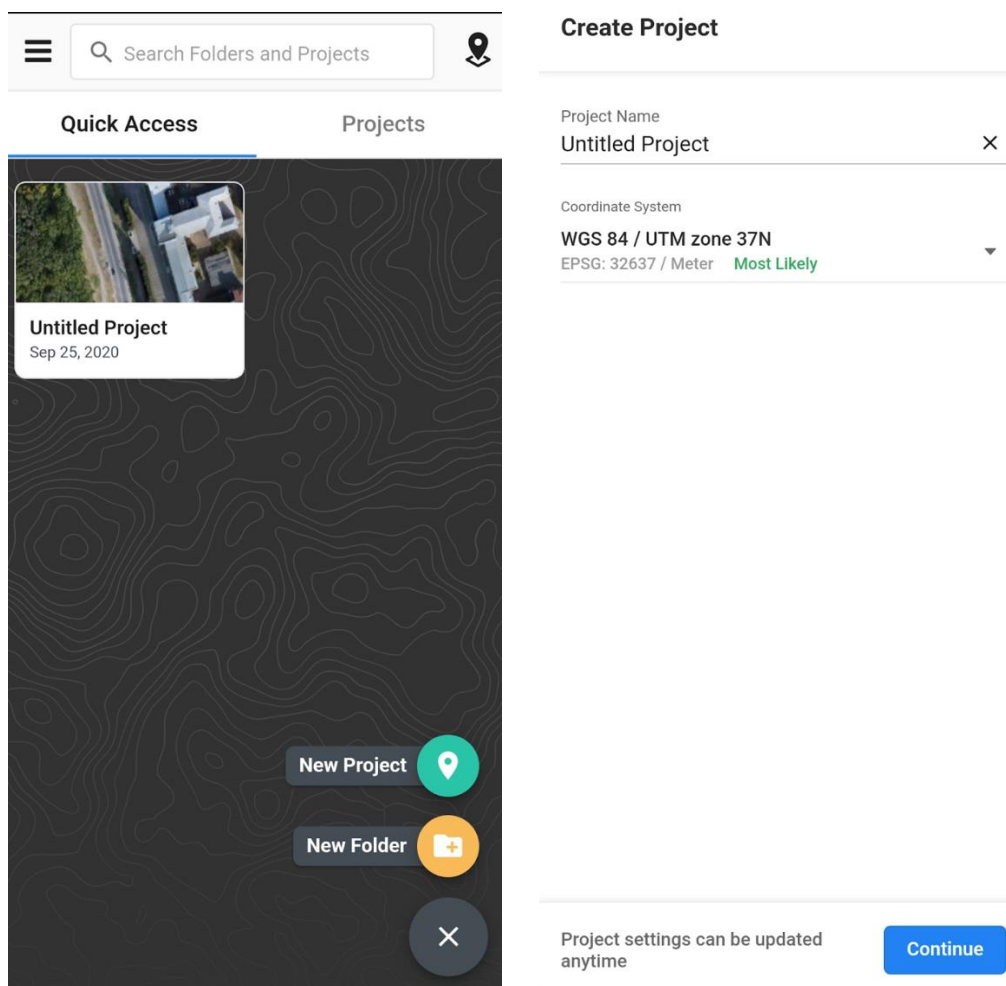
1. Завантажити мобільний додаток DroneDeploy(або будь який інший додаток) на свій смартфон
2. Обрати невеликий сільський населений пункт.
3. Описати створення місії для дрону, якщо задачею є створення ортофотоплану масштабу 1:2000 та 1:10000.
4. Які параметри місії зйомки слід враховувати.

- Усі етапи виконання відобразити у звіті, проілюструвати кожний етап скріном з екрану смартфона.

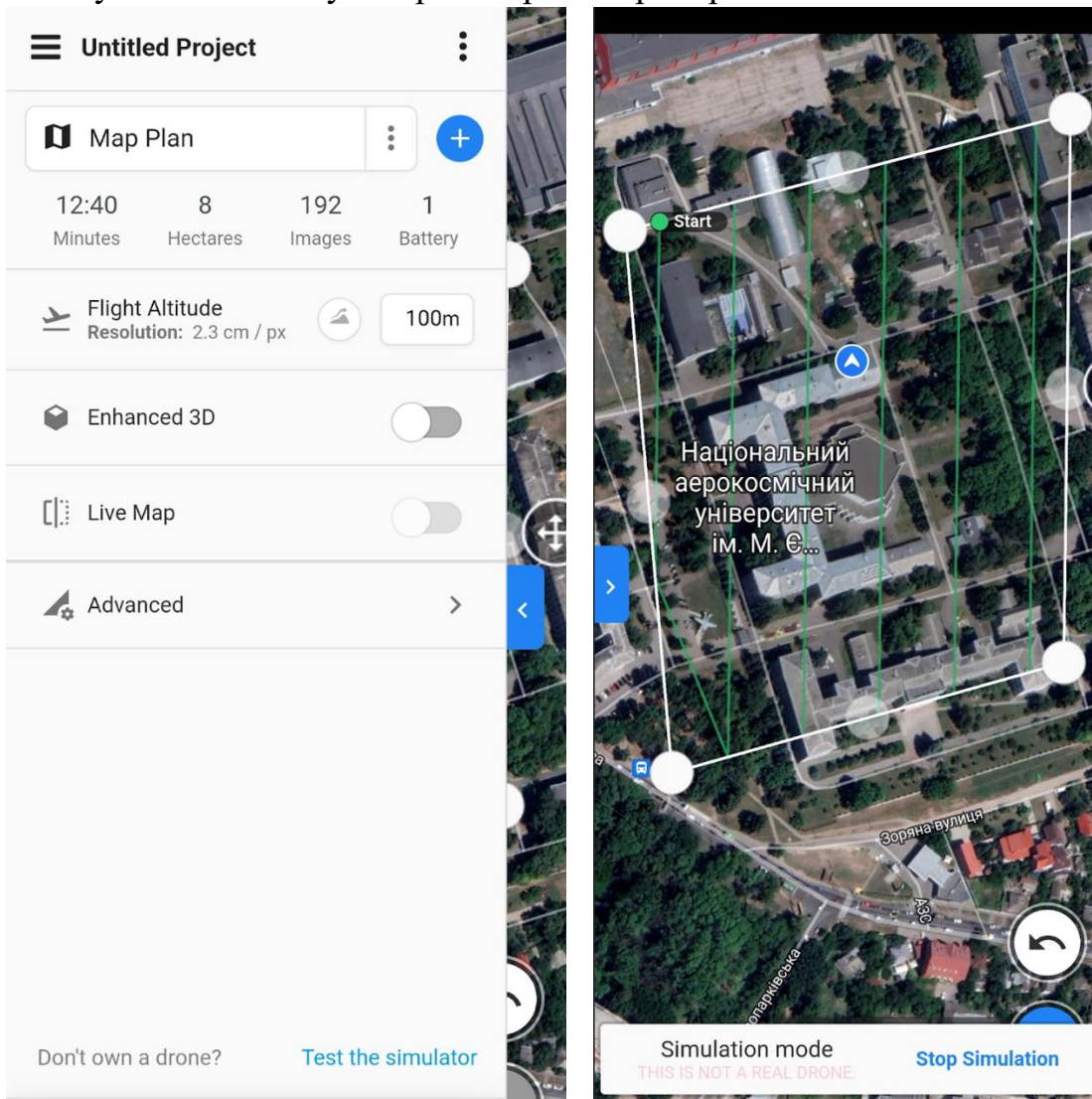
Інструкція роботи з додатком [DroneDeploy](#) описана нижче.

### Інструкція роботи з додатком [DroneDeploy](#)

- Завантажити мобільний додаток DroneDeploy.
- Пройти безкоштовну реєстрацію.
- Створити новий проект

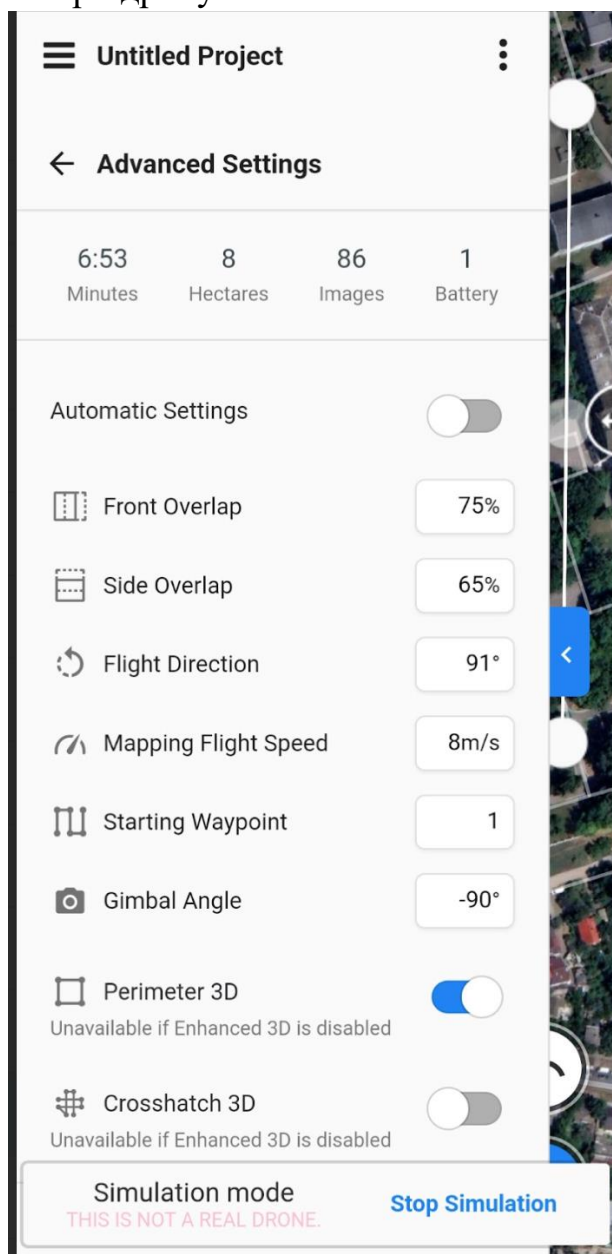


4. Активувати тест симулятор та обрати територію знімання.





5. Вказати параметри зйомки відповідно до завдань та характеристик камери дрону.



Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Факультет геології, географії, рекреації та туризму  
Кафедра фундаментальної та прикладної геології

***Методичні вказівки до виконання практичних робіт  
з дисципліни «Дистанційні методи в геології»***

*Практична робота №3. Структурно-геологічне дешифрування»*

***Мета:***

- отримати навички дешифрування різних типів геологічних структур за космічними знімками з визначенням їх кількісних характеристик

***Необхідне обладнання:***

- персональні комп'ютери або ноутбуки;
- доступ до мережі Internet;
- програма Google Earth

(<https://www.google.com/intl/ru/earth/about/versions/> )

***Завдання:***

По кожному об'єкту у варіанті (наведено нижче) необхідно:

1. Визначити тип геологічної структури\*:

А) горизонтальне залягання;

Б) похило залягання;

В) складчасті структури:

а) синклінальна складка;

б) антиклінальна складка.

Г) Лініеаменти:

а) розлом без зсува;

б) зсув (лівий, правий);

- в) скид;
- г) вскид;
- д) роздвиг.

Д) Кільцеві структури;

Е) Магматогенні форми:

- а) інтрузивні;
- б) ефузивні;
- г) гіпобісальні.

2. Залежно від типу структур необхідно визначити:

А) для горизонтального залягання:

- 1) визначити кількість шарів різних за кольором (фототон).
- 2) Припустити, які гірські породи перебувають у кожному шарі;
- 3) визначити ширину виходів шарів за допомогою GoogleEarth
- 4) Визначити абс. позначку підніжжя та вершини схилу (GoogleEarth).  
Розрахувати крутість схилу. Визначити потужність шарів.  
(3.1.Методика визначення потужності шарів у Google Earth).
- 5) визначити структурно-текстурні особливості горизонтального залягання на знімках.

Б) для складчастого залягання:

- 1) визначити кількість шарів різних за кольором (фототон).
- 2) Припустити, які гірські породи перебувають у кожному шарі;
- 3) визначити ширину виходів шарів за допомогою GoogleEarth.
- 4) Намалювати пластові трикутники (по 2 на кожне крило складки)
- 5) Визначити тип складки
- 6) визначити структурно-текстурні особливості горизонтального залягання на знімках.

Г) для лінеаментів:

- 1) визначити кількість шарів різних за кольором (фототон).
- 2) Припустити, які гірські породи перебувають у кожному шарі;
- 3) визначити ширину виходів шарів за допомогою GoogleEarth ;

- 4) визначити тип і характеристики геологічних розломів.
- 5) визначити структурно-текстурні особливості лінементів на знімках.

*\*об'єкт може відповідати кільком структурам (антикліналь, зрушення, кільцева структура)*

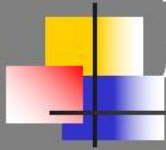
### 3.1.Методика визначення потужності шарів у Google Earth:

## Визначення параметрів горизонтально залягаючих шарів

1. Вимірюємо  
горизонтальну  
проекцію схилу (*b*)



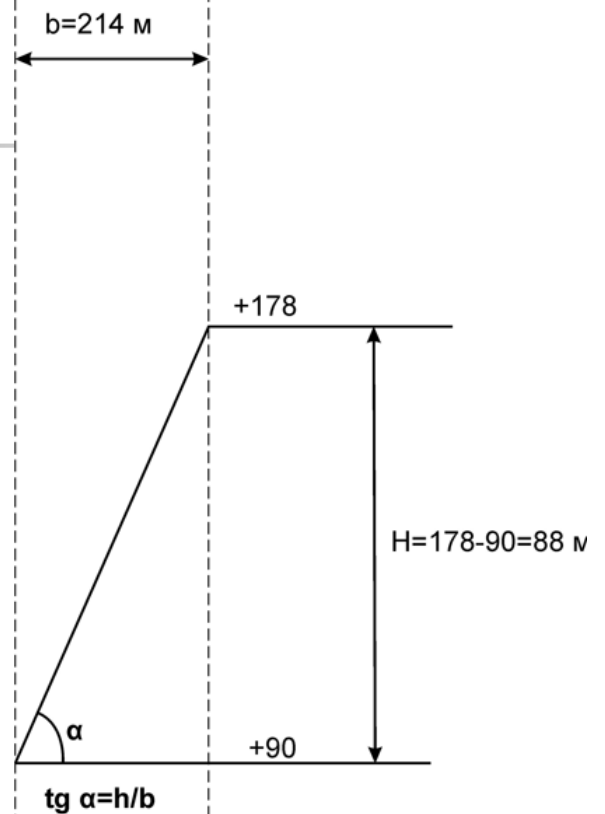
# Визначення параметрів горизонтально залягаючих шарів



2. Визначаємо абсолютну позначку основи та вершини схилу
3. Обчислюємо перевищення  $h$

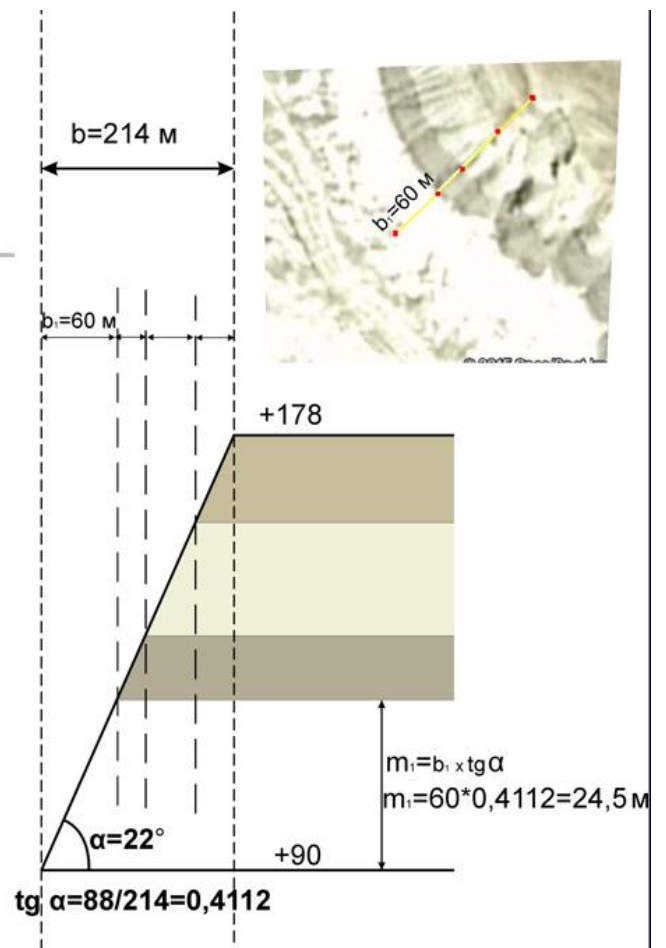


4. Визначаємо крутизну схилу ( $\alpha$ )





5. Обчислюємо  
потужність усіх  
шарів ( $m$ )



*3.2.Методика визначення напрямку падіння шарів по пластовим трикутникам у Google Earth:*

# Пластові трикутники



1. Знаходимо «клиноподібний» вигін шарів

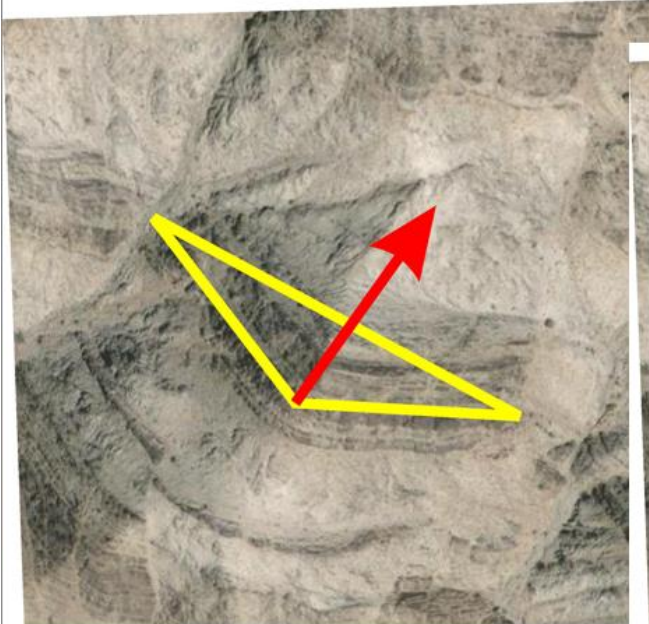


## Пластові трикутники



2. Вздовж цього пласту проводимо лінії, утворюючи вершину трикутника. З'єднуємо отриманий трикутник

3. Проводимо висоту з вершини трикутника- це напрям падіння шарів



**Варіанти завдань:**

№ завдання	Варіант	Координати
I	1	43°19'52.64"Пн.ш
		54°33'34.97"Сх.д
	2	43°58'45.18"Пн.ш
		53°26'47.29"Сх.д
	3	44°15'33.94"Пн.ш
		52° 05'40.28" Сх.д
	4	44° 1'15.63"Пн.ш
		52° 0'42.96" Сх.д
	5с	37°10'21.08"Пн.ш
		110°57'30.48"З.д.
	6с	37° 1'15.25"Пн.ш
		111° 1'48.67"З.д
	7с	35°51'45.23"Пн.ш
		111°11'23.39"З.д
№ завдання	Варіант	Координати
II	1	25°52'12.78"Пн.ш
		100°32'1.84"З.д
	2	25°55'36.19"Пн.ш
		100°27'58.93"З.д
	3	26° 1'58.05"Пн.ш
		100°25'48.12"З.д
	4	26° 0'25.48"Пн.ш
		100°48'53.95"д
	5	26° 8'38.53"Пн.ш
		100°50'29.84"З.д
	6	29° 4'57.10" Пн.ш
		103°57'3.45" З.д

№ завдання	Варіант	Координати
III	1	26°58'6.81"Пн.ш
		53°39'48.35"Сх.д
	2	27° 2'48.44"Пн.ш
		53°38'5.67"Сх.д
	3	27° 6'31.85" Пн.ш
		53°40'5.08" Сх.д
	4	27° 1'54.84"Пн.ш



		54° 3'45.37" Сх.д
	5	27°40'32.10" Пн.ш 54°23'5.30"Сх.д
	6	27° 7'48.89" Пн.ш 54° 3'1.21" Сх.д

№ завдання	Варіант	Координати (2 об'єктив)
IV	1,4	30°55'47.56"Пд.ш
		138°53'5.66"Сх.д
		30°51'18.94"Пд.ш
		138°58'3.85"Сх.д
	2,5	40°17'5.58"Пн.ш
		77°38'51.03"Сх.д
		40°13'29.14"Пн.ш
		77°40'49.83"Сх.д
	3,6	40°16'39.12"Пн.ш
		78° 6'31.77"Сх.д
		40°13'56.40"Пн.ш
		78° 4'10.33"Сх.д

№ завдання	Варіант	Координати
V	1	44°21'3.16"Пн.ш
		146°15'1.39"Сх.д
	2	19°27'49.48"Пн.ш
		155°35'18.69"Сх.д
	3	18° 9'48.56"Пд.ш
		69° 8'34.44"З.д
	4	43°31'25.16"Пн.ш
		120°53'22.45"З.д
	5	64°15'13.74"Пн.ш
		18°38'50.99"З.д
	6	52°44'51.48"Пн.ш
		170° 7'0.43"З.д

№ завдання	Варіант	Координати
VI	1,2,3,4,5,6	44°33'37.49"Пн.ш
		34°20'10.53"Сх.д
	1,4	21° 2'18.79"Пн.ш
		16°28'28.84"Сх.д
	2,5	23°55'19.73"Пн.ш
		39°54'32.72"Сх.д

	3,6	13°34'3.82"Пн.ш
		41°48'31.59"Сх.д

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Факультет геології, географії, рекреації та туризму  
Кафедра фундаментальної та прикладної геології

**Методичні вказівки до виконання практичних робіт  
з дисципліни «Дистанційні методи в геології»**

*Практична робота №4. Дешифрування гірських порід»*

**Мета:**

отримати навички дешифрування осадових гірських порід за дистанційними даними, а також визначення їх віку та потужності за відкритими даними

**Необхідне обладнання:**

- персональні комп'ютери або ноутбуки;
- доступ до мережі Internet;
- програма Global Mapper (<https://www.bluemarblegeo.com/global-mapper-download/>)
- програма Google Earth  
(<https://www.google.com/intl/ru/earth/about/versions/> )

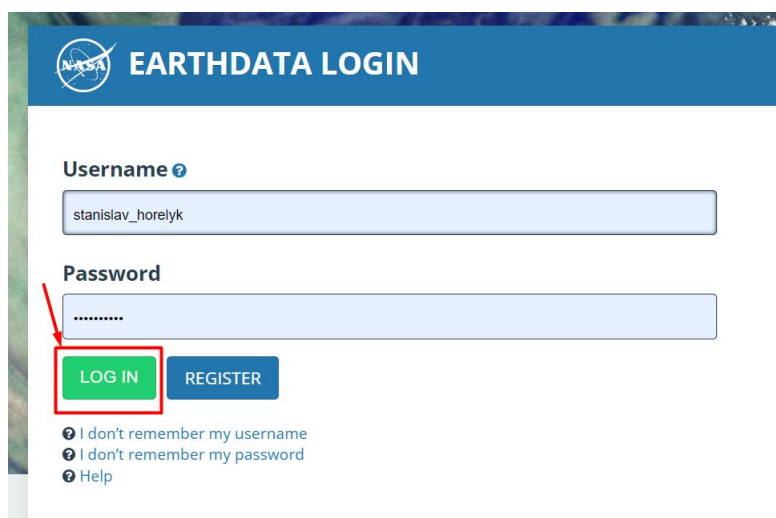
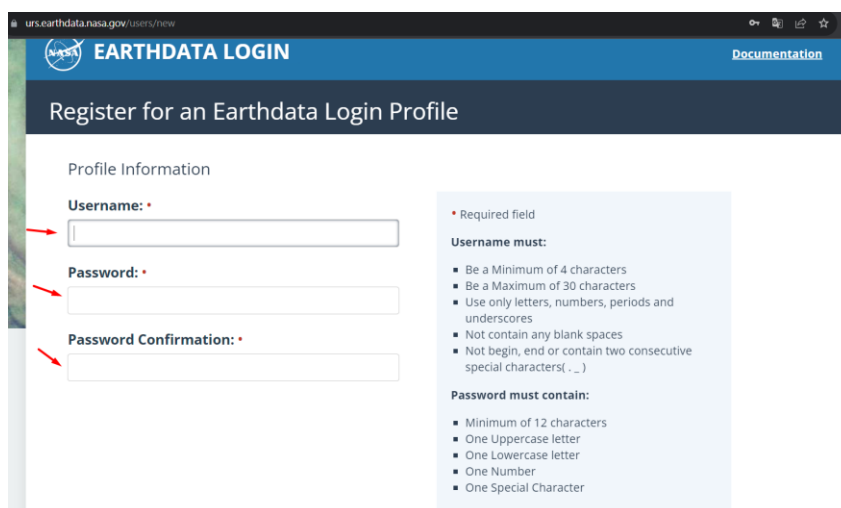
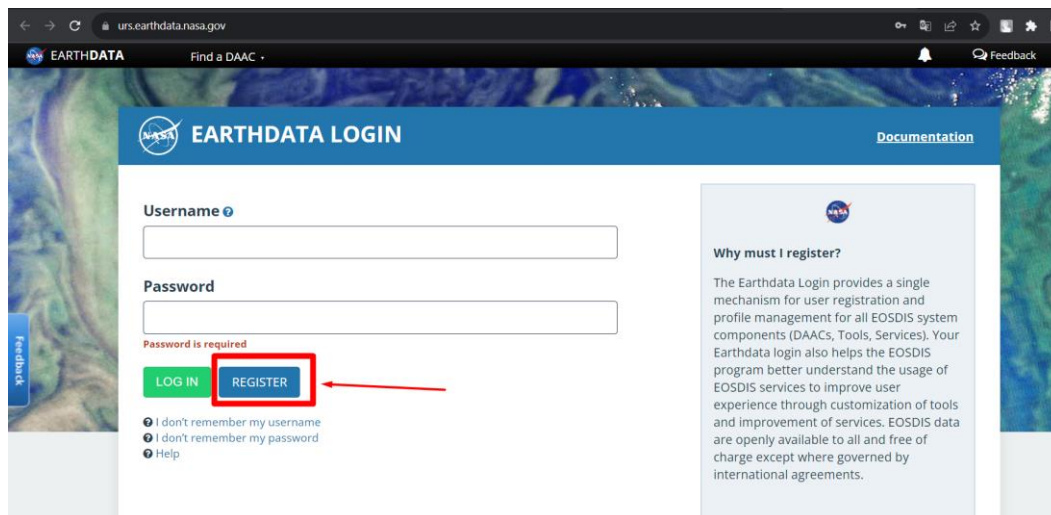
**Завдання:**

1. Отримати координати об'єкта згідно варіанту (див. в кінці практичної)
2. Загальне завдання. Визначити кількість шарів, з яких порід вони складаються. За якими дешифрувальними ознаками ви це визначили.
3. Складіть стратиграфічну колонку за прикладом.

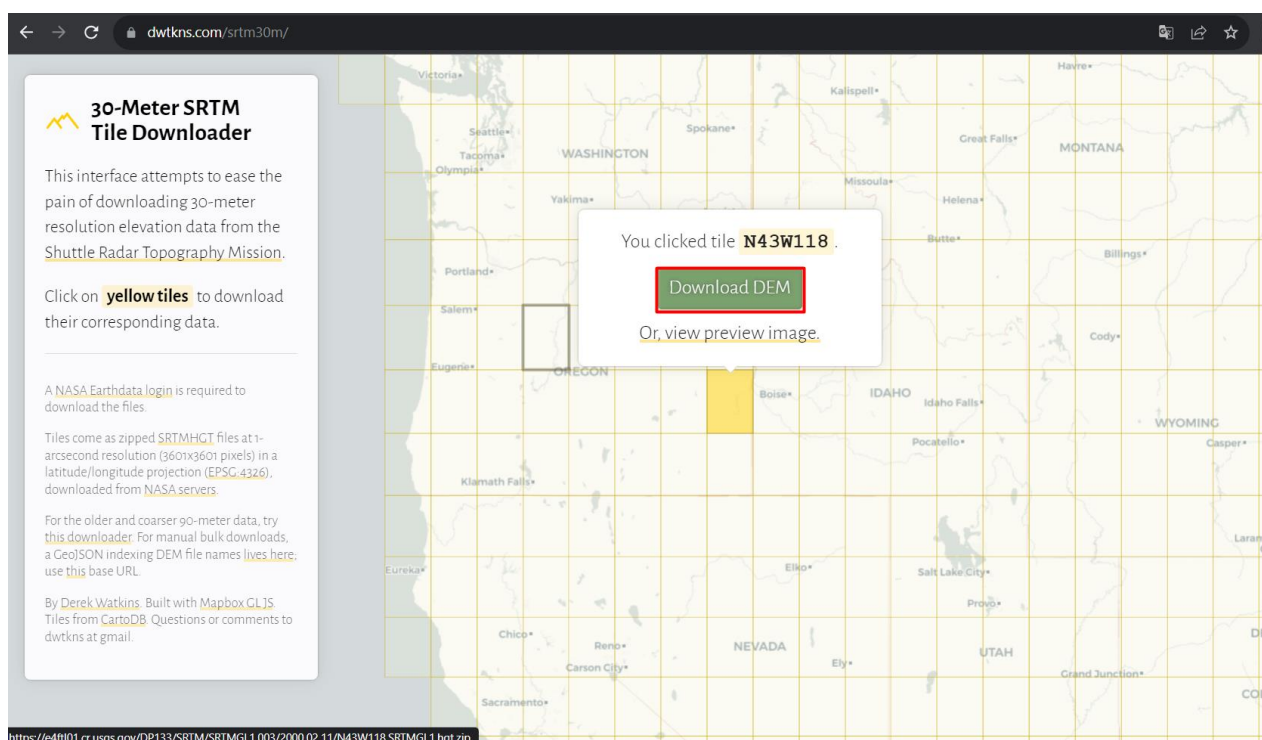
Система	Індекс	Потужність	Опис порід
Крейдова	K <sub>2co</sub>	40 м	Алеврити піщаністі темно-сірі, псамітова структура.
	K <sub>1ab</sub>	80 м	Алеврити глинувато-піскуваті темно-сірі, пелітова структура.
	K <sub>1at</sub>	160 м	Алеврити піскуваті з перешаруванням біло- і помаранчево-сірих алевритів, псефітова структура, з включенням крупно-уламкових порід.

4. Нижче наведена методика, як виконати парктичну роботу

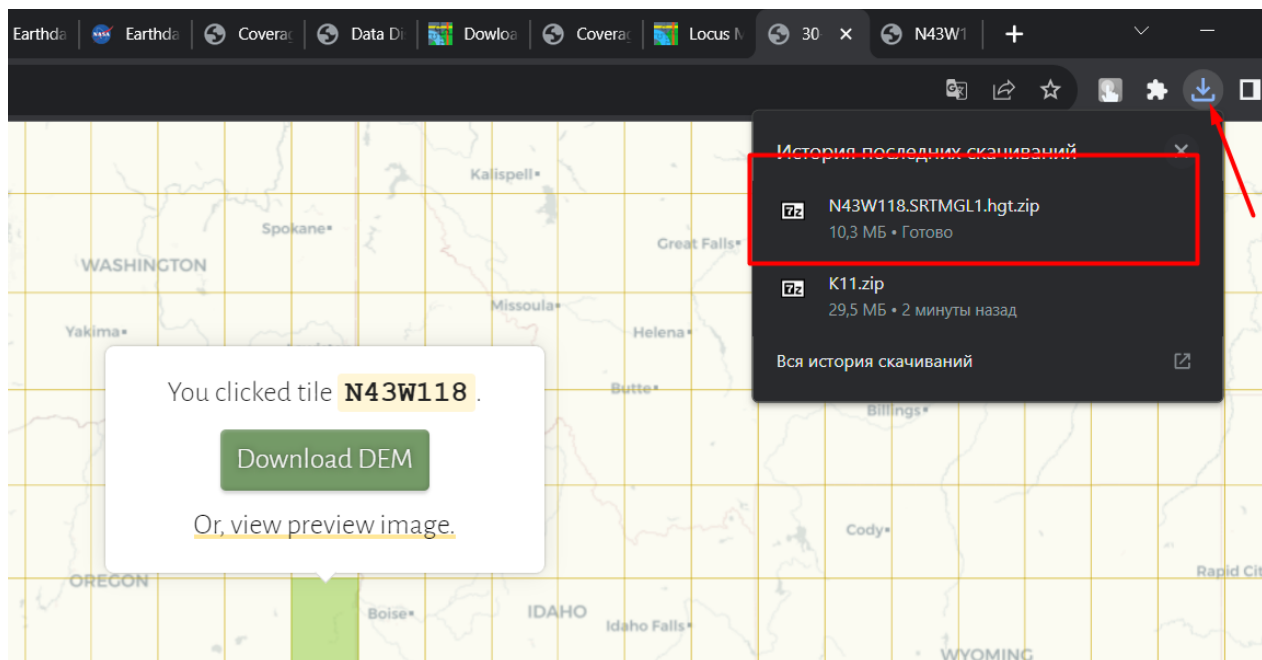
5. На сайті <https://urs.earthdata.nasa.gov/> необхідно пройти безкштовну реєстрацію. Увійти у портал.



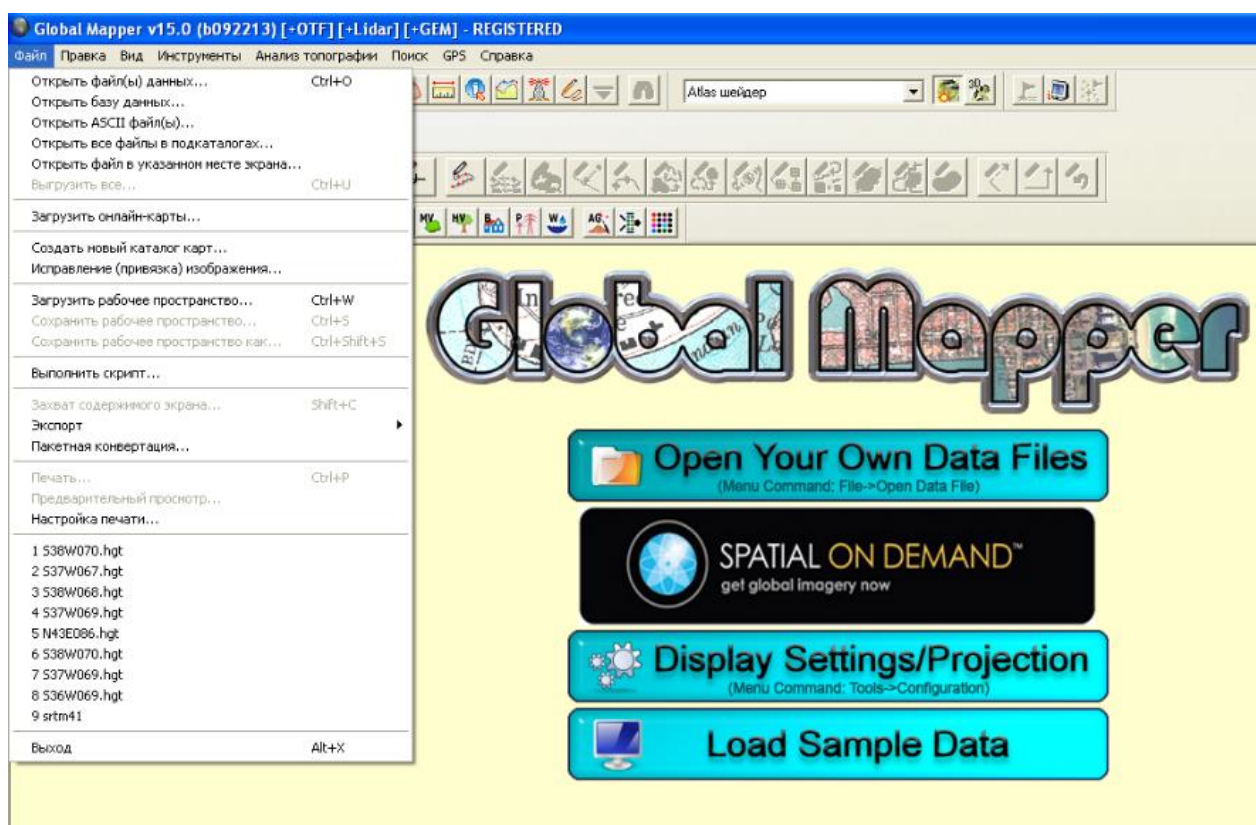
6. На сайті <https://dwtkns.com/srtm30m/> знайдіть квадрат, куди потрапив об'єкт, натисніть на нього та завантажте архів.



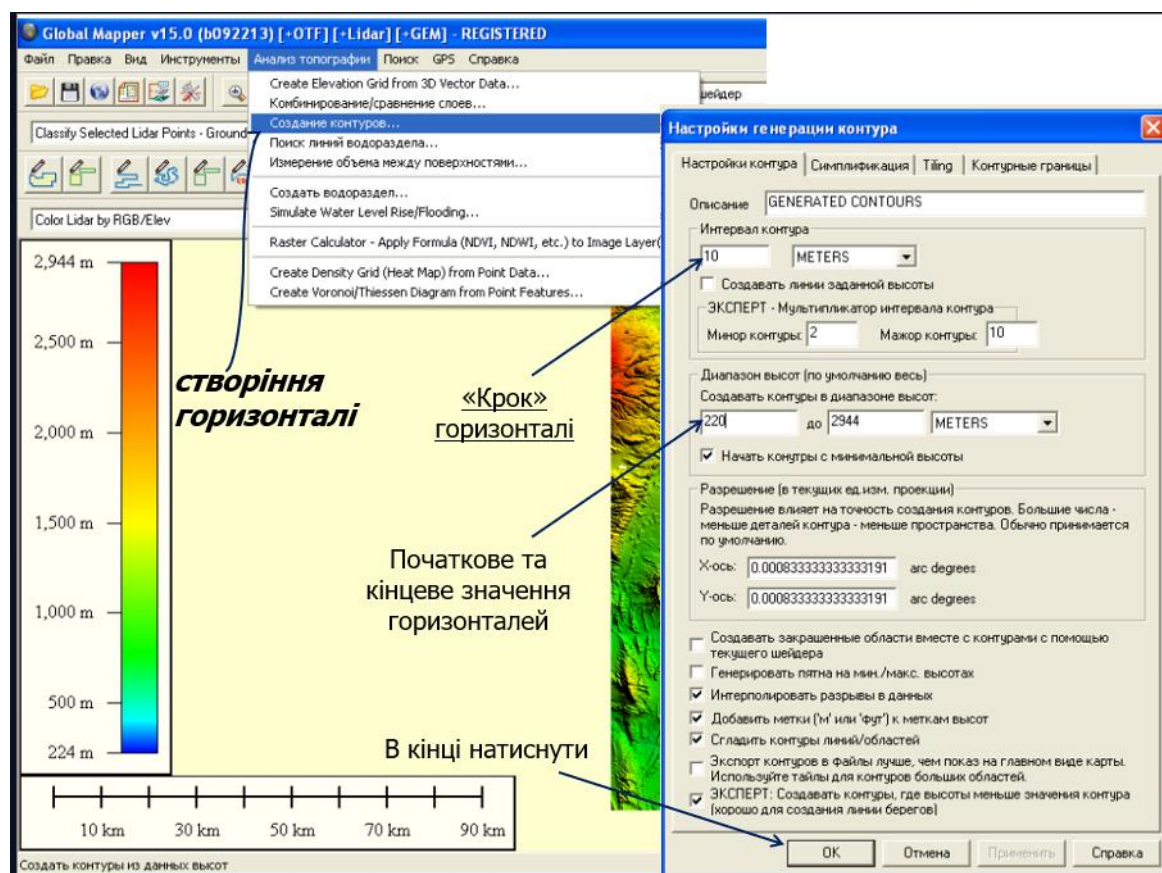
7. Він буде знаходитися у папці «Завантаження»



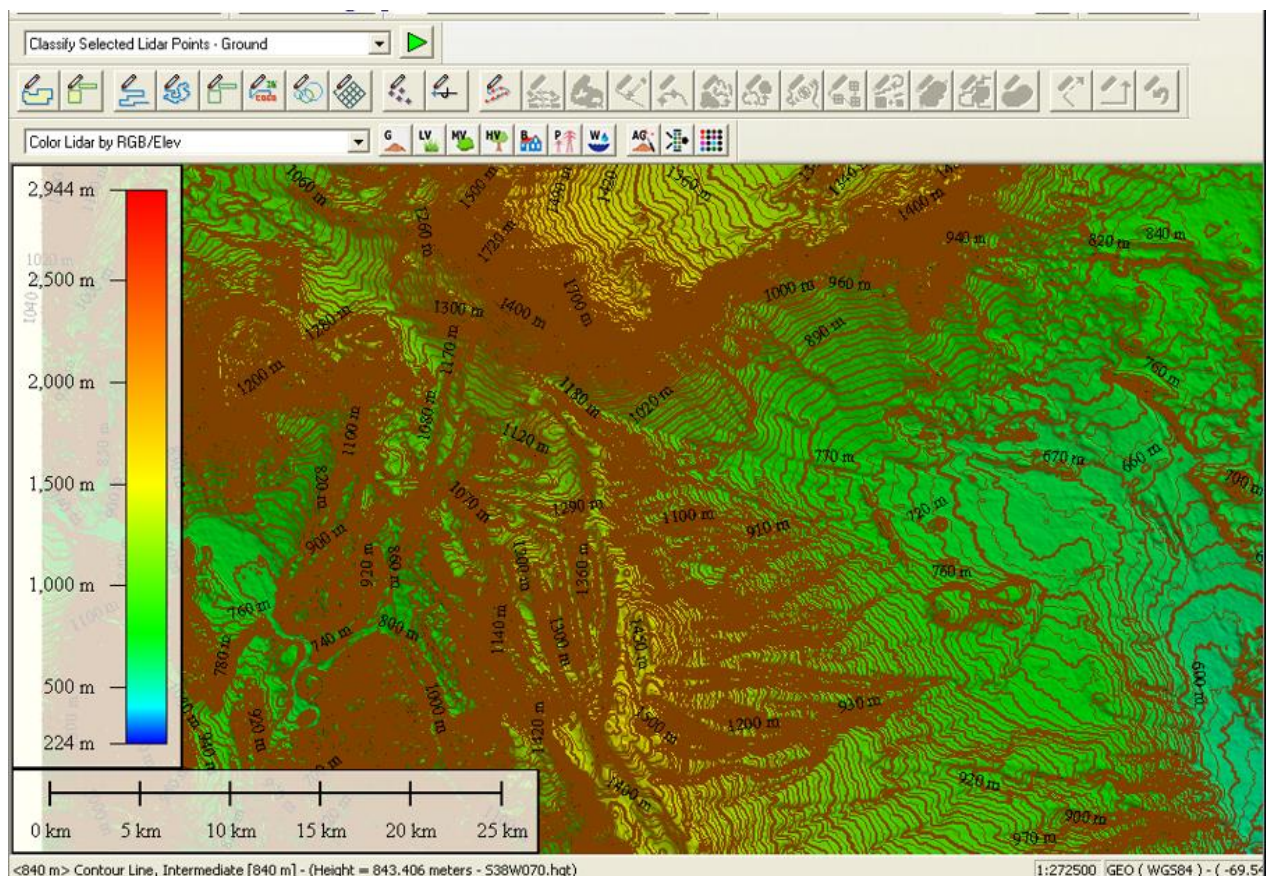
8. Розархівуйте архів.
9. Установіть програму Global Mapper.
10. Відкрийте файл SRTM (формат - hgt).



11. В закладці «Аналіз топографії» оберіть «Створення об'єктів». У вікні, що з'явилося оберіть необхідні параметри і натисніть «ОК».



## 12. Ви отримаете приблизно такий результат



## 13. Експортуємо файл у формат kml/kmz (формат Google Earth)

### Експортуємо горизонталі до \*.kmz (формат Google Earth)

Выберите формат экспорта

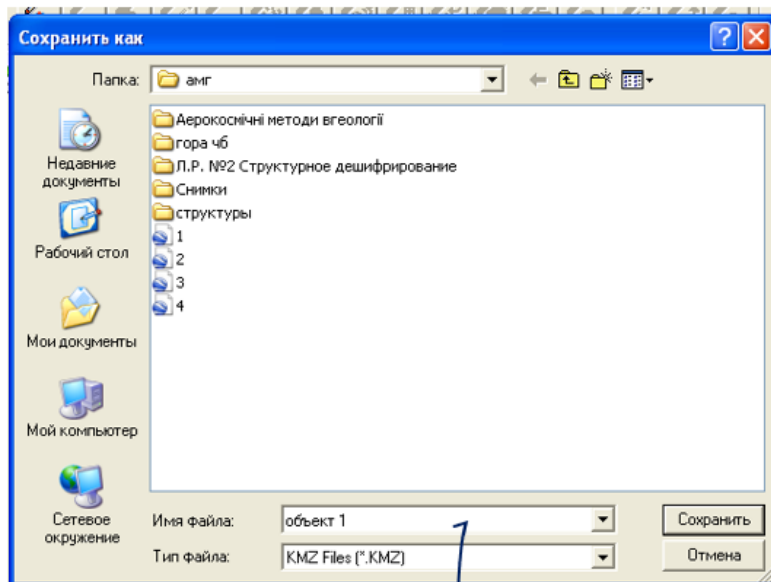
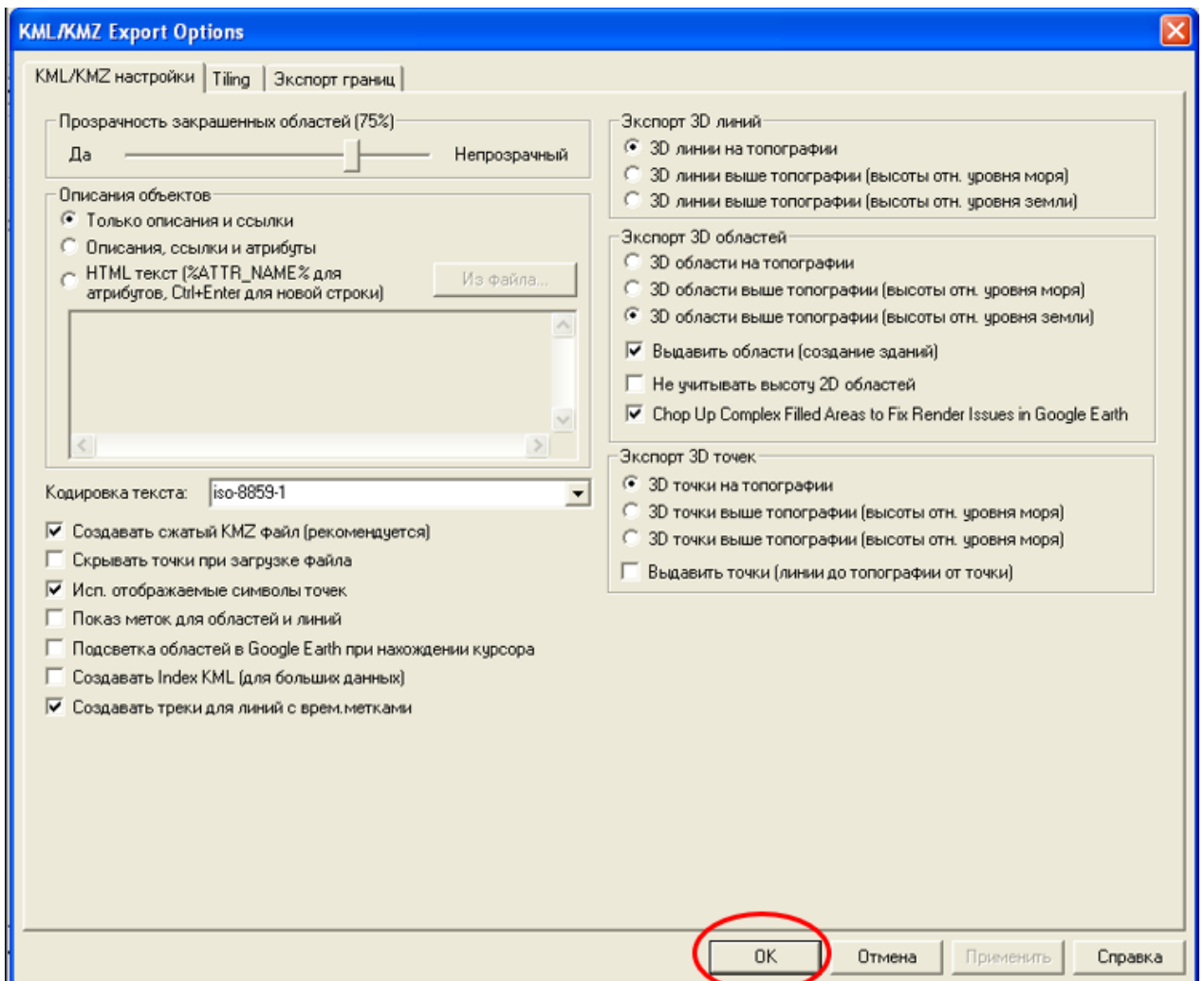
Выберите формат для экспорта. Дополнительная информация на <http://www.globalmapper.com/product/formats.htm>.

KML/KMZ

OK Отмена

**Выберіть формат kml|kmz**

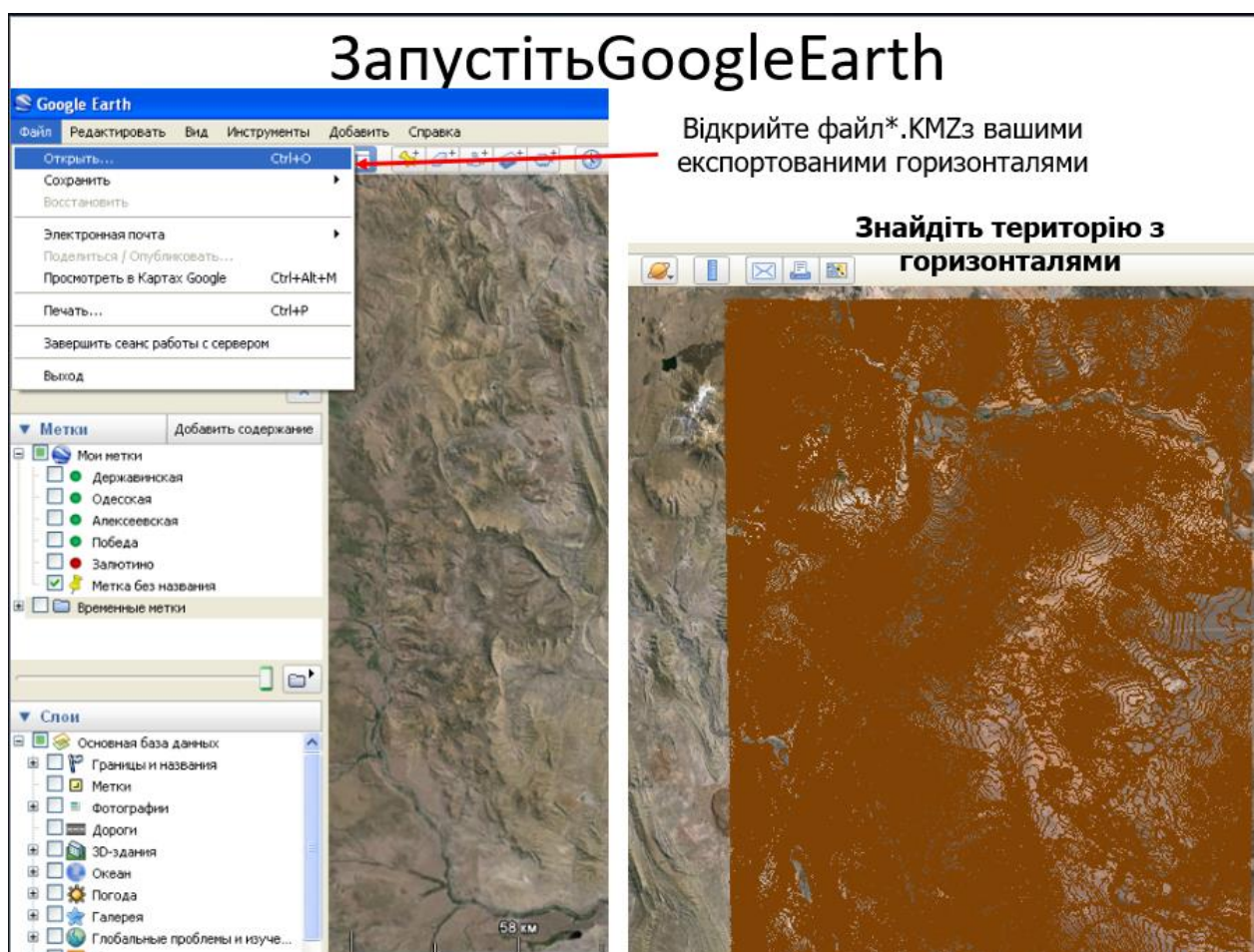
**Экспорт горизонталі**



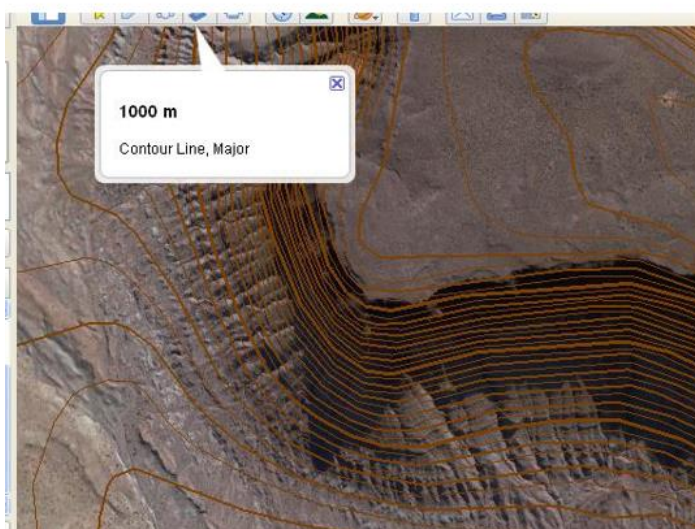
**Введіть ім'я та збережіть.**



14. Відкрийте Google Earth і завантажте отриманий файл з горизонталями. Натиснувши на горизонталь лівую кнопкою миші ви дізнаєтесь її абсолютну висхідмітку.



**Натисніть на горизонталь (лівою кнопкою миші), що цікавить, і Ви дізнаєтесь її значення**

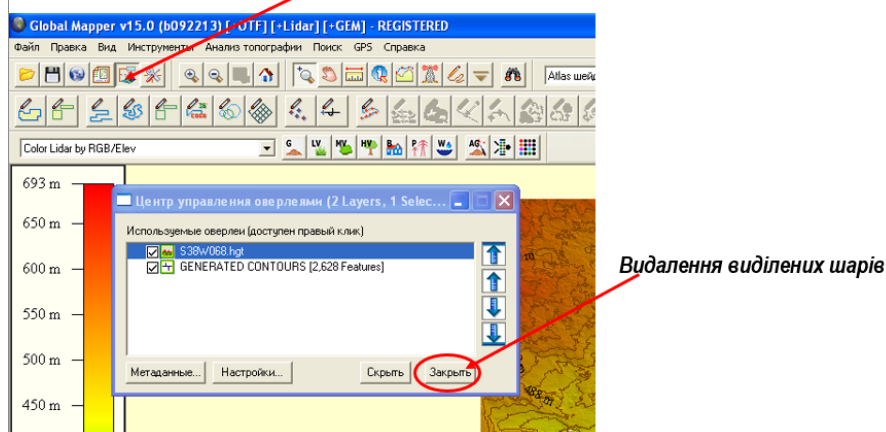


Таким чином ви дізнаєтесь абс. Позначки покрівлі та подошви геологічних шарів.

15. Якщо ви помилилися з територією виконайте процедури наведені на рис. нижче:

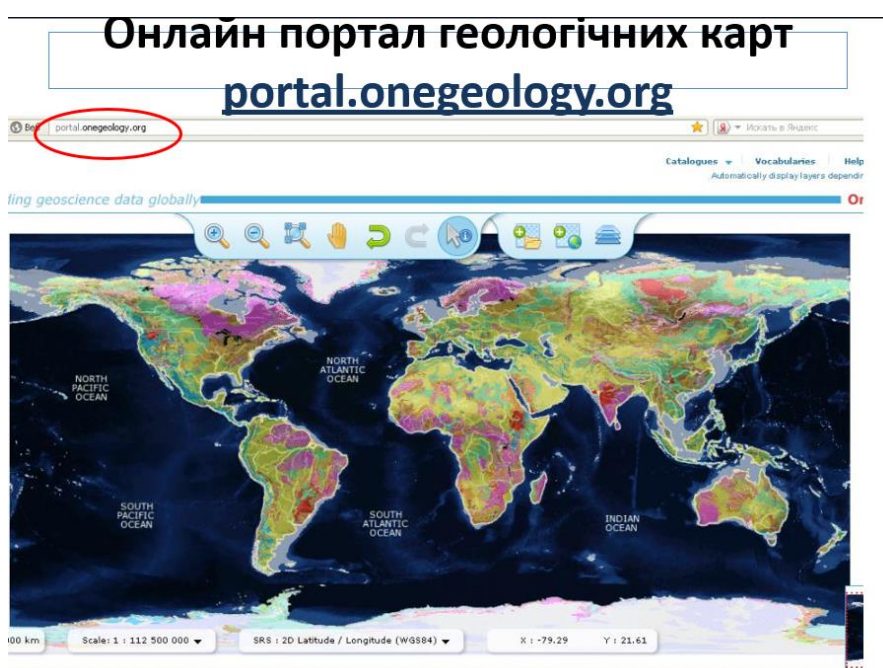
## Якщо горизонталі потрапили на іншу територію

1. Наново шукайте ваш квадрат на сайті <https://dwtkns.com/srtm30m/>
2. У Global Mapper видаліть усі шари  
*Натисніть, щоб побачити усі шари (оверлеї)*



16. Дані про геологічний вік шарів можна дізнатися на наступних геопорталах:

<https://portal.onegeology.org/OnegeologyGlobal/>



<https://certmapper.cr.usgs.gov/data/apps/world-maps/> - shp файли

***Варіанти завдань:***

Варіант №1.

37°56'48.52"Пд.ш

69°44'3.04"З.д.

Варіант №2

46°27'50.75"Пн.ш.

57°35'10.70"Сх.д.

Варіант №3

36°54'43.26"Пн.ш.

111°39'58.23"З.д.

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Факультет геології, географії, рекреації та туризму  
Кафедра фундаментальної та прикладної геології

***Методичні вказівки до виконання практичних робіт  
з дисципліни «Дистанційні методи в геології»***

*Практична робота №5. «Дешифрування новітнього континентального  
покриву»*

***Мета:***

- отримати навички дешифрування різних генетичних континентальних утворень за даними дистанційного зондування Землі.

***Необхідне обладнання:***

- персональні комп'ютери або ноутбуки;
- доступ до мережі Internet;
- програма Google Earth

(<https://www.google.com/intl/ru/earth/about/versions/> )

***Завдання:***

1. У Google Earth знайти наступні види новітнього континентального покриву (у Power Point зазначити місцезнаходження, географічну назву регіону):
  - a) Елювій (латеритний тип, екваторіальний або субекваторіальний клімат / жаркий й гумідний)
  - b) Делювій
  - c) Пролювій (конуси-виносу)
  - d) Колювій
  - e) Зсуви

- f) Поверхневий карст
  - g) Алювій
  - h) Дельтові відклади
  - i) Озерні відклади
  - j) Еолові відклади
- 2) По кожному типу відкладів зазначити дешифрувальні ознаки та потенційні корисні копалини, які можуть бути пов'язані з ними.

# Дистанційні методи в геології МР №1

## Вар1

МР №1 Варіант 1

*\*Обязательный вопрос*

---

1. Электронная почта \*

---

2. П.І.Б. \*

---

3. Група \*

*Отметьте только один овал.*

ГН-31

ГК-31

ГЗ-31

4. Які види зйомок відносяться до пасивних? \*

3 балла

*Отметьте все подходящие варианты.*

Фотографічна

Телевізійна

Теплова ІЧ

Радіолокаційна (РЛ)

Підповерхневе РЛ-зондування

Мультиспектральна

Лазерна (лідарна);

Фототеодолітна

5. Який вид космічних зйомок можна використовувати при хмарності 100%? \* 3 балла

*Отметьте только один овал.*

- Фотографічна
- Теплова ІЧ
- Радіолокаційна (РЛ)
- Мультиспектральна

6. Які спектри відносяться до видимого діапазону електромагнітних хвиль? \* 3 балла

*Отметьте все подходящие варианты.*

- ультрафіолетовий
- червоний
- зелений
- синій
- ближній інфрачервоний
- далекий інфрачервоний
- радіохвильовий

7. При якому ступеню оглядовості за допомогою даних ДЗЗ можливо виділити Альпійсько-гімалайський складчастий пояс? \* 2 балла

*Отметьте только один овал.*

- глобальний
- регіональні
- локальні
- великорегіональні

8. За якими орбітами можуть рухатися супутники ДЗЗ? \*

2 балла

Отметьте все подходящие варианты.

- кругові
- еліптичні
- гіперболічні
- параболічні

9. Яка з орбіт найбільше використовується при зйомці Землі в завданнях ДЗЗ? \*

2 балла

Отметьте только один овал.

- геосинхронна
- геостаціонарна
- сонячна-синхронна
- високоорбітальна

10. Який вид аерофотозйомки наведений на схемі? \*

2 балла



Отметьте только один овал.

- поодинокі
- маршрутні
- площадні
- глобальні



11. Який вид аерофотозйомки наведений на знімку? \*

2 балла



Отметьте только один овал.

- планова
- вертикальна
- перспективна
- горизонтальна

12. Який фактор призвів до подібного спотворення на знімку? \*

2 балла



Отметьте только один овал.

- дисторсія
- крен літального апарату
- вплив кривизни Землі
- рефракція атмфосфери

13. За якою характеристикою супутника можна визначити макисмальну кількість градацій/відтінків на знімку? \* 2 балла

Отметьте только один овал.

- просторова роздільна здатність
- радіометрична роздільна здатність
- часова здатність
- спектральна здатність

14. Визначити масштаб знімку отриманого зі супутника WorldView-3 за даними \* 2 балла таблиці. (Відповідь округліть до цілого)

Назва супутника	Маса, кг	Нахил, °	Період обертання, хв	Фокусна відстань, см	Середня висота, км
<b>Cartosat-2</b>	680	97,9	97,4	560	630
<b>EROS-B</b>	350	97,3	94,8	300	500
<b>IKONOS</b>	726	98,2	98	1000	681
<b>GeoEye-1</b>	1955	98	98	1330	684
<b>LandSat-7</b>	1973	98,2	98,4	243,8	694
<b>QuickBird-2</b>	1028	97,2	93,4	880	450
<b>SPOT 5</b>	3030	98,7	101,4	108	832
<b>WorldView-3</b>	2800	98°	97	1330	617

15. З якого супутника можливо отримувати знімки масштабу 1:770 370? \* 2 балла

Назва супутника	Маса, кг	Нахил, °	Період обертання, хв	Фокусна відстань, см	Середня висота, км
<b>Cartosat-2</b>	680	97,9	97,4	560	630
<b>EROS-B</b>	350	97,3	94,8	300	500
<b>IKONOS</b>	726	98,2	98	1000	681
<b>GeoEye-1</b>	1955	98	98	1330	684
<b>LandSat-7</b>	1973	98,2	98,4	243,8	694
<b>QuickBird-2</b>	1028	97,2	93,4	880	450
<b>SPOT 5</b>	3030	98,7	101,4	108	832
<b>WorldView-3</b>	2800	98°	97	1330	617

Отметьте только один овал.

- Cartosat-2
- EROS-B
- IKONOS
- GeoEye-1
- LandSat-7
- QuickBird-2
- SPOT 5
- WorldView-3

16. Розрахувати параметри аерофотозйомки території розміром 75x75 км в масштабі 1:50 000. Зйомка проводиться АФА-ТЕ (фокусна відстань 15 см, розмір кадру 30x30см). Перекриття подовжнє становить 50%, між маршрутами (поперчене) - 20%. АФА-ТЕ встановлений на АН-30, швидкість якого становить 450 км/год, витрати керосину складають 680 л/год. Заробітна плата пілота - 650 грн/год, помічника - 430 грн/год. Вартість керосину 18 грн/л, 1 м плівки - 15 грн.

Розрахувати:

1. Висота польоту під час фотографування
2. Базис фотографування (подовжній)
3. Час між фотографуванням знімків, с
4. Відстань між знімальними маршрутами
5. Кількість маршрутів
6. Кількість аерознімків у маршруті
7. Загальна кількість аерознімків
8. Необхідна кількість метрів плівки:
9. Довжина майданної зйомки
10. Час польоту
11. Витрата горючих матеріалів
12. Вартість аерофотозйомки
13. Собівартість

РІШЕННЯ ЗАПИШІТЬ НА ПАПЕРІ, ЗФОТОГРАФУЙТЕ ТА ПРИКРЕПІТЬ ДО ГУГЛ ФОРМИ

Отправленные файлы:

---

Компания Google не имеет никакого отношения к этому контенту.

Google Формы



## **КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ** **з «Дистанційних методів в геології»**

### **РОЗДІЛ 1. АЕРОКОСМІЧНІ ВИДИ ЗЙОМОК ТА ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКИ.**

#### **Тема 1. Основні поняття курсу.**

Дистанційне зондування Землі. Аерокосмічні методи в геології. Космогеологічне картування. Історія розвитку дистанційних методів. Фізичні основи дистанційного зондування.

Аерокосмічні методи геології входять у комплекс дистанційних (неконтактних) методів вивчення Землі. До них відносяться методи вивчення земної поверхні (суші та океану), що виконуються з авіаційних (повітряних) та космічних (орбітальних) носіїв шляхом візуальних спостережень, спеціальних видів аеро- та космічної зйомки, наземної зйомки, а також методів геологічного дешифрування аерокосмічних та наземних знімків.

Застосування аерокосмічних методів у геології ґрунтується на існуванні тісного зв'язку між геологічною будовою, з одного боку, та рельєфом, гідрографічною мережею, ґрунтово-рослинним покривом та ін. особливостями земної поверхні – з іншого. Вивчення цих особливостей візуально або за знімками шляхом їх дешифрування, дозволяє встановити багато особливостей геологічної будови району, які не виявляються традиційними методами геологічних досліджень, та має важливе наукове та практичне значення.

Основною метою курсу є:

- отримання необхідних відомостей про фізичні основи та методи аерокосмічних досліджень у геології, види аерокосмічної зйомки, властивості та класифікацію аерокосмічних знімків, способи їх геологічного дешифрування та основні напрямки використання аерокосмічних методів у геології;
- набуття практичних навичок роботи зі світовим фондом аерокосмічних знімків та їх візуального та комп'ютерного геологічного дешифрування у лабораторних та польових умовах.

**ІСТОРІЯ:**

Перші фотографії з повітря, а саме з повітряної кулі, були зроблені у Франції у 1855 році. Вони були використані для складання плану Парижа.

Пізніше французький геолог Еме Цівіаль фотографував Альпи з високих вершин, та був на фотографіях виділяв геологічні контури, тобто. вперше застосував фотографування земної поверхні із геологічними цілями.

З розвитком авіації застосування аерофотозйомок для військових цілей та складання топографічних карток йде швидкими темпами. Особливо широкий розмах ці роботи набули після створення на початку 30-х років XX століття ширококутних фотокамер, що дозволяють вести планові зйомки у дрібних масштабах.

У нашій країні використання аерознімків для вирішення геологічних завдань здійснено на початку 1930-х років, а саме широке застосування аерознімків знайшло щодо нафтоносних районів Фергани та Азербайджану.

З 1931 року створюються різні наукові та виробничі організації, що спеціалізуються на вивченні та застосуванні результатів аерофотозйомок у різних галузях господарства, в т.ч. під час проведення різних геологічних робіт. Розробляються методичні посібники та рекомендації, видаються монографії, підручники та довідники у яких узагальнено досвід використання аерознімальних робіт для вирішення завдань прикладної геології.

У 1971 р. Лабораторією аерометодів за редакцією Єр'оміна В.К. видано методичний посібник із застосування аерометодів при геологічних дослідженнях. Це видання, ілюстроване численними прикладами, не втратило значення й досі.

В даний час аерометоди увійшли складовою у всі види геологічних досліджень. Вони в обов'язковому порядку використовуються при виробництві геологознімальних та пошукових робіт усіх масштабів, а також при вивченні тектоніки та неотектоніки, структур рудних полів, гідрогеологічних та інженерно-геологічних дослідженнях, вивченні геологічної будови мілководних водойм, ділянок шельфу тощо.

Однак, для вирішення низки геологічних завдань навіть висотні аерознімки, отримані з висот понад 20 км, що мають масштаб близько 1:100 000, виявилися малоінформативними. Назріла нагальна потреба підняти реєструючу апаратуру на космічні висоти. Отримувана з висот інформація, зафіксована як фотографій, телевізійних зображень, цифрової записи на магнітних носіях тощо. називають матеріалами дистанційного зондування земної поверхні (МДЗ).

Їх одержують за допомогою різноманітної апаратури, що доставляється на орбіти різними носіями. Залежно від розв'язуваних завдань носії поділяються на балістичні ракети, штучні супутники Землі, пілотовані космічні кораблі, довгострокові орбітальні станції.

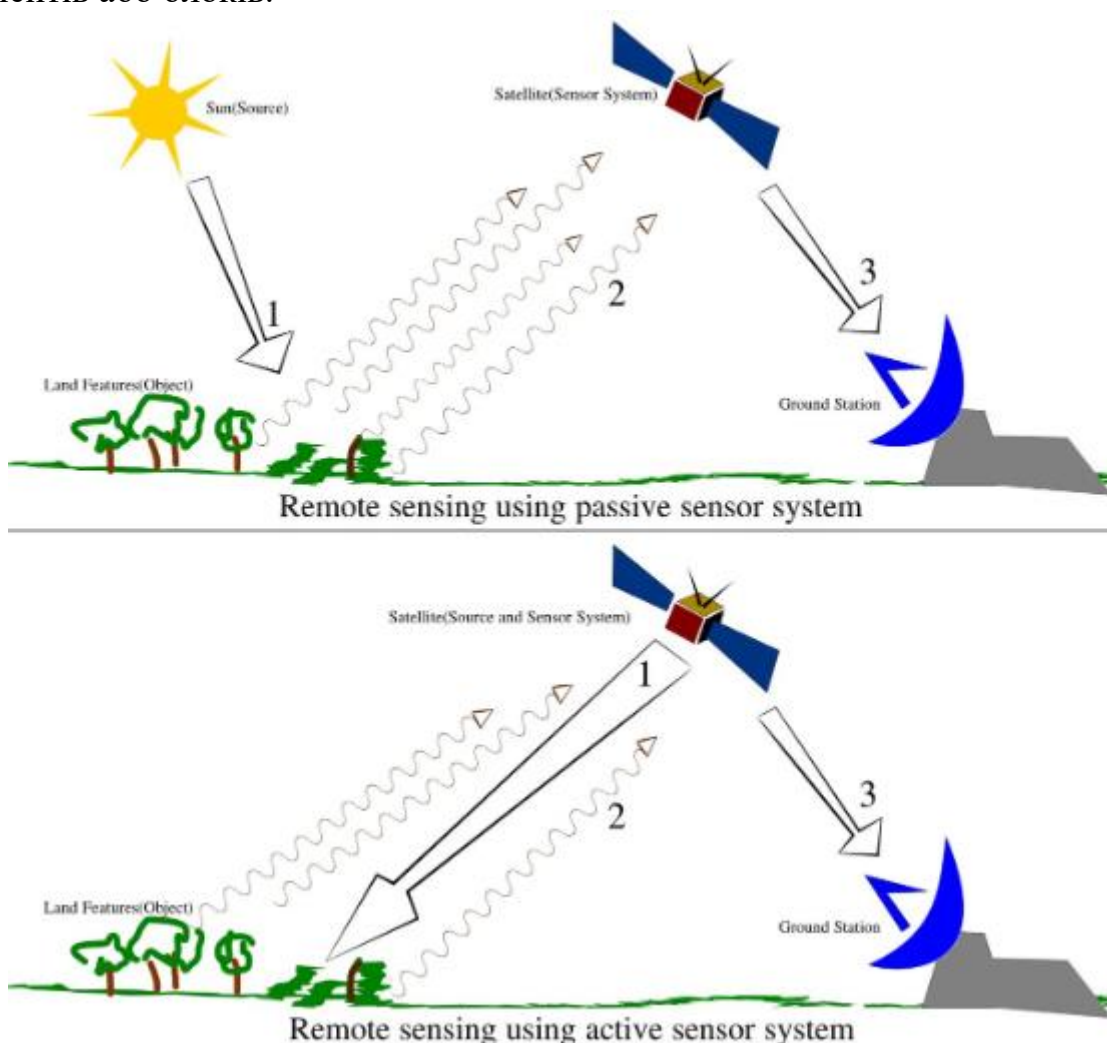
Перші космічні фотографії Землі було отримано 1945 року у США з балістичної ракети «ФАУ-2» з висоти 120 км, а перші фотографії з космосу людиною виконані Г.С.Титовим в 1962 р.

Аерокосмічні методи геології у своєму розвитку пройшли шлях від візуального дешифрування аерофотознімків до комп'ютерного аналізу цифрових даних, одержуваних у кількох діапазонах електромагнітного спектру як з авіаційних, так і з космічних носіїв. Коло завдань, розв'язуваних з використанням даних дистанційного зондування, розширилося від складання схем геологічної будови добре оголених районів до виявлення глибинних структур платформних областей з потужною товщею давньольодовикових відкладів. Значну роль стали відігравати матеріали дистанційних зйомок при геологічному картографуванні, гідрогеологічних, інженерно-геологічних та еколого-геологічних дослідженнях. Методи дистанційного зондування відкрили широкі перспективи вивчення будови планет Сонячної системи.

Матеріали дистанційного зондування є частиною великої системи збирання, переробки, реєстрації та використання даних. Правильно організована система дистанційних досліджень повинна бути орієнтована на вирішення конкретних геологічних завдань, що зумовлюють вибір орбіт космічних носіїв, набір датчиків, характер збору, переробки та передачі на наземні комплекси первинних даних та тип матеріалів, що подаються користувачеві.

Принципова схема дистанційного геологічного зондування

На малюнку зображено спрощену структурну схему системи дистанційного зондування. Система складається з кількох взаємозалежних елементів або блоків.



Сцена – це те, що знаходиться перед датчиком; побудова геологічної моделі сцени є у загальному вигляді тією метою, заради якої створюється система. Вивчення сцени на відстані можливе завдяки тому, що вона виявляє себе у фізичних полях, які можна виміряти. Найчастіше використовуються випромінювані чи відбиті електромагнітні хвилі, у разі необхідний джерело освітлення, пасивний (наприклад. Сонце) чи активний (лазери, радіолокатори та інших.). Фізичні поля вимірюються датчиками, що входять до складу висотного комплексу, який, крім вимірювань, служить для первинної обробки

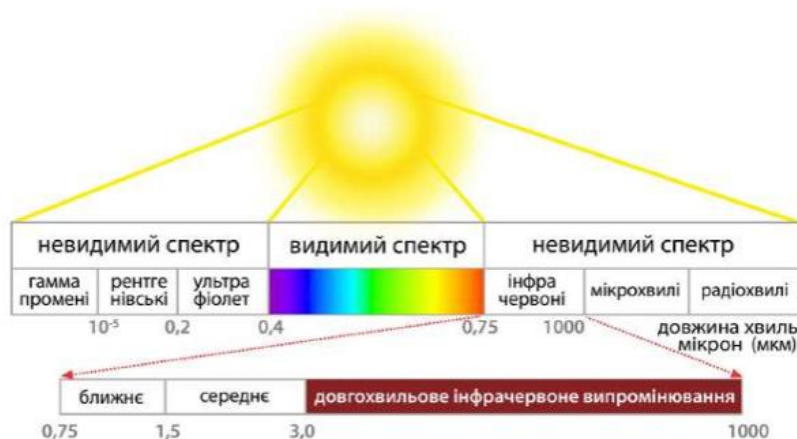


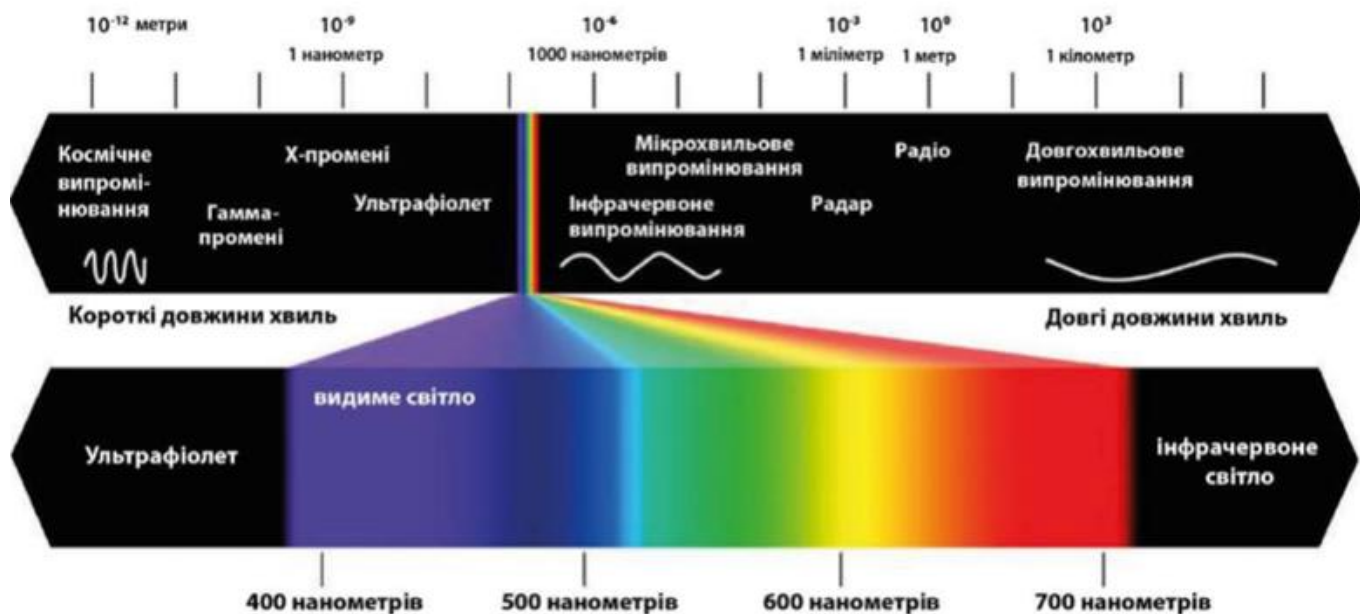
та передачі даних на Землю. Дані, закодовані в електромагнітному сигналі або записані на твердотільні носії (фотоплівки, магнітні стрічки та ін.), доставляють у наземний комплекс, в якому відбувається їх прийом, обробка, реєстрація та зберігання. Після обробки дані зазвичай переписуються в кадрову форму і видаються як матеріали дистанційного зондування, які традиційно називаються космічними знімками. Користувач, спираючись на зовнішню базу знань, а також власний досвід, інтуїцію, проводить аналіз та інтерпретацію матеріалів ДЗ та створює геологічну модель сцени, яка є формою реєстрації вирішення поставленої проблеми. Достовірність моделі перевіряється зіставленням, або ідентифікацією моделі та сцени; ідентифікація замикає систему та робить її придатною для прикладного користування а також власний досвід, інтуїцію, проводить аналіз та інтерпретацію матеріалів ДЗ та створює геологічну модель сцени, яка і є формою реєстрації вирішення поставленої проблеми. Достовірність моделі перевіряється зіставленням, або ідентифікацією моделі та сцени; ідентифікація замикає систему та робить її придатною для прикладного користування а також власний досвід, інтуїцію, проводить аналіз та інтерпретацію матеріалів ДЗ та створює геологічну модель сцени, яка і є формою реєстрації вирішення поставленої проблеми. Достовірність моделі перевіряється зіставленням, або ідентифікацією моделі та сцени; ідентифікація замикає систему та робить її придатною для прикладного користування

### Фізичні основи аерокосмічних методів

Фізичною основою аерокосмічних методів є випромінювання чи віддзеркалення електромагнітних хвиль природними об'єктами.

Послідовність електромагнітних хвиль, класифікована за їх довжинами (або частот), називається спектром електромагнітних хвиль. Більшість сучасних аерокосмічних методів засновані на використанні оптичних та ультракоротких радіохвиль з довжиною від 0,3 мкм до 3 м. Ділянка оптичних хвиль (0,001-1000 мкм) включає: ультрафіолетовий (0,001-0,4 мкм), видимий (0,4-0,8 мкм) та інфрачервоний (0,8 -1000 мкм) діапазони. Видимий діапазон, що сприймається оком як світлове і відчуття кольору ділять на наступні колірні схеми:





Діапазон інфрачервоного випромінювання поділяють на піддіапазони, мкм: ближній (0,8-1,3), середній (1,3-3) та дальній (3-1000). У ближньому і середньому піддіапазонах переважає відбите (сонячне) випромінювання, а далекому, званому тепловим, власне випромінювання Землі. Видимий діапазон, а також ближній та середній інфрачервоний піддіапазон часто називають світловим.

Частину спектру, що охоплює ультракороткі радіохвилі (1 - 10 000 мм), розбивають на діапазони міліметрових, сантиметрових, дециметрових та метрових радіохвиль. Сантиметрові та дециметрові хвилі часто об'єднують у діапазон радіохвиль надвисоких частот (НВЧ), у якому виділяють ряд ділянок. Саме у цих ділянках працює різна радіоелектронна апаратура супутників, у тому числі глобальні системи супутникового позиціонування – американська GPS(Global Positioning System), європейська Galileo, китайська Beidou й російська ГЛОНАСС (Глобальна навігаційна супутникова система). Нерідко міліметрові, сантиметрові та дециметрові радіохвилі власного випромінювання Землі відносять до одного діапазону, що називається мікрохвильовим. Зазначимо, що наведена класифікація та назви окремих ділянок електромагнітного спектра мають умовний характер і неоднакові у різних авторів.

Причому для геологічних цілей найбільшою геоінформативністю відрізняється видимий та ближній інфрачервоний діапазон. Найбільша частина геологічної інформації знаходиться в інфрачервоному діапазоні.

Геологічні об'єкти (гірські породи, структурні елементи, форми рельєфу земної поверхні) випускають електромагнітні хвилі, які містять як власне випромінювання, і відбите випромінювання енергії Сонця. Експериментальними дослідженнями встановлено, що величина та характер електромагнітних коливань багато в чому залежить від структурних та літологічних особливостей поверхні літосфери. Існуючі відмінності в

електромагнітному випромінюванні різнорідних геологічних утворень дозволяє застосовувати для їхнього випромінювання методи дистанційного зондування.

Аналіз спектральної відбивної спроможності геологічних утворень показує, що його обсягу геоінформації можливе при дистанційному зондуванні у видимій і ближньої ІЧ- області спектра – 0,4-1,5 мкм. За даними Є.Л. Крінова та Ю.С. Толчельникова спектральні коефіцієнти яскравості геологічних об'єктів мають тенденцію зростати в міру просування в довгохвильову частину спектра. Деякі криві спектральної відбивної здатності проходять через максимум у різних ділянках спектра. Як приклад на рис. 2 і 3 наведені криві спектральної яскравості вивержених, метаморфічних та осадових гірських порід, а також основних типів ґрунтів.

В даний час у геології використовуються різні види аерокосмічних зйомок, що дозволяють вивчати геологічні об'єкти у видимій та ближній інфрачервоній області електромагнітного спектру, тепловому в інфрачервоному (середньому, дальньому) діапазоні та радіохвильовому (радарному) спектральному інтервалі. Якщо при аерозйомках електромагнітні коливання Землі може бути зафіксовано з висот трохи більше 25 км, то за використанні космічних апаратів висота зондування земної поверхні необмежена. Завдяки великим висотам зйомки збільшується площа геологічних об'єктів, що вивчаються, і як наслідок збільшується оглядовість і геоінформативність матеріалів дистанційних зйомок (МДС).

### ***Поглинання атмосферою.***

Випромінювання під час проходження атмосфери частково поглинається: парами, води, вуглекислими газами, озоном. У видимій частині спектра поглинання немає, крім хмар. Найбільше поглинання – в ІЧ діапазоні. Виділяють вікна прозорості у ближньому 3-5мкм та дальньому ІЧ 8-14 мкм. Радіохвилі проходять через атмосферу без поглинання.

*Розсіювання* відбувається на молекулах та аерозолях. Розсіювання створює додаткову яскравість, що спотворює сприйняття об'єкта. Наявність серпанку навпаки слабшає світловий потік, але призводить до додаткового свічення, що зменшує контраст.

### ***Освітленість земної поверхні.***

Кількість світлової енергії, що припадає на одиницю площі, складається переважно з прямої і розсіяної СР, співвідношення між якими змінюється в залежності від:

- Сонця
- Крутизни та орієнтування схилів.
- Хмарності.

При високому сонці переважає пряма радіація, що призводить до різних відмінностей у освітленості схилів різної експозиції: одні схили-освітлені, інші - тіні або півтіні. Опівдні при ясній погоді освітленість схилів може відрізнитись у 4-6 разів. Незважаючи на те, що тіні коротші, вони дуже щільні

і тому об'єкти ними приховуються розпізнати дуже складно. При низькому Сонці зростає частка розсіяної радіації, тіні стають прозорішими і значно більшими за площею. Різниця у освітленості схилів різної експозиції зменшується.

Тому необхідно використовувати знімки з різною висотою Сонця. Так, занесені території краще дешифруються за мінімальних розмірів тіней, за високого Сонця (понад  $40^\circ$ ), інакше тіні від дерев закривають нижні яруси. Навпаки, мікрорельєф у степових та пустельних районах розпізнається за низького сонця. Для гірських територій – середня висота Сонця.

Прихід сонячної радіації на поверхню Землі залежить від орієнтування та крутості схилів. Освітлення завжди більше на південних схилах. Горизонтальні та похилі ділянки схилів освітлені по-різному. Вранці похилі поверхні здійснені сильніше, а вдень – горизонтальні. Це призводить до неоднакового зображення об'єктів на різних ділянках.

#### Хмарність.

З одного боку хмари є на заваді при зйомці: закривають територію і відкидають тінь. З іншого боку хмарність змінює освітлення, так купові хмари зменшують освітленість у 2-4 рази, хмари середнього ярусу – на третину, Хмарність верхнього шару хмар призводить до розсіювання світла, що збільшує загальну освітленість. Така зйомка сприятлива гірських районів, т.к. відсутні тіні.

## Тема 2. Аерофотозйомка.

Визначення аерофотозйомки. Класифікація аерофотозйомок (одинарна, маршрутна, площадна; звичайна, висотна). Перспективна та планова зйомка. Будова аерофотоапарату. ПЗС-матриця та лінійка. Вплив природних умов на проведення зйомки. Викривлення на знімках.

## Тема 3. Космічна фотографічна зйомка.

Засоби космічної зйомки – штучні супутники Землі. Характеристика основних штучних супутників Землі та напрямки використання їхніх даних. Спектральні діапазони отримання дистанційних даних.

Види космічної зйомки (інфрачервона, многозональна, сканерна, телевізійна, радіолокаційна, лазерна, спектрометрична).

## Тема 4. Параметри аерокосмічних матеріалів.

Обзорність, роздільна здатність, генералізація, ширина захвату земної поверхні. Висота фотографування, масштаб зображення, площа знімку. Рівні генералізації дистанційних зображень та напрямки їх використання для рішення геологічних задач.

### Методи дистанційного зондування

Залежно від типу випромінювання :

**Пасивні** – використовують природне відбите чи вторинне теплове випромінювання об'єктів лежить на поверхні Землі, обумовлене сонячною радіацією

**Активні** – що використовують вимушене випромінювання об'єктів, ініційоване штучним джерелом спрямованої дії.

Методи дистанційного зондування різняться залежно від апаратури та носіїв, які використовуються під час зйомок Землі. Виділяють дві основні групи дистанційних методів: фотографічні та нефотографічні, або оптико-електронні.

види аерокосмічних зйомок земної поверхні:

Пасивні	Активні
<ul style="list-style-type: none"> <li>• аерофотозйомка в оптичному діапазоні</li> <li>• телевізійна зйомка</li> <li>• мультиспектральна</li> <li>• тепла інфрачервона зйомка</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• сканерна зйомка (0,3 – 12,6 – км),</li> <li>• лазерна (лідарна) зйомка</li> <li>• радіолокаційна</li> <li>• підповерхневе зондування</li> <li>• спектрометрія</li> </ul>

Аерокосмічне фотографування засноване на принципі прямого оптичного проектування видимих променів на світлочутливі фотошари. Подібне зондування земної поверхні здійснюється у видимому та ближньому інфрачервоному спектральному інтервалі. У дистанційних нефотографічних методах реєстрація електромагнітного випромінювання здійснюється в інших

ділянках спектра шляхом електронно-оптичних перетворень електричних сигналів. Використання при зондуванні Землі авіаційних та космічних носіїв знімальної апаратури дозволяє розділити дистанційні методи на аеро- та космічні.

Особливу групу дистанційних методів становлять візуально-інструментальні спостереження земної поверхні. Вони проводяться космонавтами з пілотованих кораблів та довготривалих орбітальних станцій. Важливу роль при геологічних дослідженнях, особливо складних тайгових районів, відіграють аеровізуальні спостереження з борту літака або вертольота.

### ***Види зйомок***

Фотографічна зйомка (чорно-біла, кольорова, спектрзональна) – об'єктивний та інформативний вид аерокосмічної зйомки. Вона забезпечує високу якість зображення земної поверхні (висока роздільна здатність та геометрична точність).

Телевізійна зйомка, яка застосовувалася в початковий період аерокосмічних досліджень, а потім сканерна (оптико-механічна) зйомка відрізнялися регулярністю та оперативністю отримання зображення, але нижчою їхньою фотографічною якістю та слабкою роздільною здатністю. Зі створенням у 80-ті роки. ХХ століття оптико-електронних сканерів, що характеризуються дуже високою роздільною здатністю та оперативною передачею зображень у цифровій формі по радіоканалах, цей метод зйомки став основним в аерокосмічних дослідженнях і склав реальну конкуренцію фотографічній зйомці.

В області невидимого діапазону спектра електромагнітних хвиль найбільш широко використовується теплова інфрачервона та радіолокаційна зйомки.

Теплова інфрачервона зйомка реєструє, на відміну від попередніх, не оптичні, а температурні характеристики земної поверхні.

Радіолокаційна зйомка відноситься до активних методів аерокосмічних досліджень, коли реєструється не власне випромінювання Землі, а штучне радіовипромінювання НВЧ – діапазону, надіслане з носія. При цьому активна зйомка радіолокації не залежить від умов погоди та освітлення.

В останні роки все більшого значення надається багатозональній і особливо гіперспектральній зйомці, а принцип багатозональності в аерокосмічних дослідженнях став основним.

Багатозональна зйомка зазвичай виконується одночасно у 3-7 спектральних зонах, а гіперспектральна – у десятках та сотнях дуже вузьких зонах спектру. Електромагнітне випромінювання різних спектральних діапазонів містить інформацію про об'єкти земної поверхні. Одночасна реєстрація випромінювання у кількох спектральних зонах дозволяє одержати найбільш різнобічну характеристику об'єкта.

Лазерна (лідарна зйомка). Лідари – зондувальні пристрої, що складаються з імпульсного джерела випромінювання (лазера) та високоточного

приймального пристрою, що забезпечує аналіз спектрального складу прийнятого ехосигналу ГЧ УФ діапазон. Лідарну зйомку можна використовувати для вивчення активних розривних порушень та пошуків родовищ корисних копалин.

Специфічним методом аерокосмічних досліджень є наземна стереофотограмметрична або фототеодолітна зйомка, що забезпечує вивчення ділянок земної поверхні, невидимих на аерокосмічних знімках – так званих «мертвих зон», а також для вивчення сучасних процесів рельєфоутворення та при великомасштабному картографі.

#### *Аерокосмічні матеріали.*

Аерокосмічні знімки - основний результат аерокосмічних зйомок, для виконання яких використовують різноманітні авіаційні та космічні носії.

Усі аерокосмічні знімки прийнято ділити на аналогові (зазвичай фотографічні) та цифрові (електронні). Зображення цифрових знімків утворено з окремих однакових елементів – пікселів (від англ. Picture element – pixel); яскравість кожного пікселя характеризується одним числом. Аерокосмічний знімок складається з мільйонів пікселів. При виконанні практичних робіт доводиться відрізнити вихідні знімки, які отримані безпосередньо в результаті зйомки, від їх копій і перетворених знімків, що надходять до споживачів після попередньої обробки. При фотографічній зйомці вихідним знімком вважається оригінальний фотонегатив, при сканерній - "сирий" файл із записом зображення цифрового знімка без його корекції.

Кадрові, насамперед фотографічні знімки, що відрізняються найвищою геометричною точністю, найбільше придатні для точних вимірювань. Сканерні знімки, одержувані у всіх спектральних зонах оптичного діапазону, включаючи інфрачервону теплову, можуть реєструвати більше енергетичних рівнів випромінювання і мають найбільш високу точність радіометрії. Радіолокаційні знімки за своїми геометричними та радіометричними властивостями поступаються фотографічним та сканерним, але їх можна отримувати в будь-яку погоду, навіть коли земна поверхня закрита суцільним хмарним покривом.

Аерокосмічні знімки як інформаційні моделі місцевості характеризуються рядом властивостей, серед яких виділяють образотворчі, радіометричні та геометричні. Образотворчі властивості характеризують здатність знімків відтворювати дрібні деталі, кольори та тонові градації об'єктів, радіометричні свідчать про точність кількісної реєстрації знімком яскравостей об'єктів, геометричні характеризують можливість визначення знімків розмірів, довжин і площ об'єктів та їх взаємного положення. Властивості знімків, одержуваних у різних діапазонах та різною знімальною апаратурою, суттєво різняться, що й покладено в основу їхньої класифікації.

Роздільна здатність знімка:

**Радіометрична роздільна здатність** здатність визначається кількістю градацій значень кольору, що відповідають переходу від яскравості абсолютно "чорного" до абсолютно "білого". Іншими словами під радіометричною

роздільною здатністю розуміється - кількість градацій кольору. Більшість сенсорів мають радіометричну роздільну здатність 6 або 8 біт. 6 біт – 64 градації ( $2^6 = 64$ ); 8 біт – 256 градацій ( $2^8 = 256$ ). Але є сенсори і з більш високою роздільною здатністю (11 біт для IKONOS і 16 біт для CORONA), що дозволяє розрізняти більше деталей на дуже яскравих або дуже темних областях знімка.

**Просторове розрізнення** – це величина пікселя зображення у просторових одиницях. Ця величина характеризує розмір найменших об'єктів, помітних на зображенні. Значення просторового дозволу залежить від величини апертури та висоти зйомки. Апертура - це діюче отвір оптичного приладу, що визначається розмірами лінз або діафрагмами. Кутова апертура - кут  $L$  між крайніми променями конічного світлового пучка, що входить до системи.

По просторовому дозволу (розміру біля мінімального зображуваного елемента) знімки поділяють так:

1. Знімки низької роздільної здатності (вимірюється кілометрами, більше 1000м). Така роздільна здатність характерна для сканерних і теплових інфрачервоних знімків з метеосупутників, включаючи геостаціонарні, і для знімків, одержуваних сканерами малого дозволу з ресурсних супутників, де основні об'єкти, що зображуються - хмарність, тепла структура вод океану, найбільші геологічні структури суші.

2. Знімки середнього дозволу (сотні метрів, 100-1000м), де відображаються багато природні об'єкти, але здебільшого не відтворюються об'єкти, пов'язані з господарською діяльністю. Це знімки, які отримують сканери середньої роздільної здатності, і теплові інфрачервоні знімки з ресурсних супутників.

3. Знімки високої роздільної здатності (десятки метрів, 10-100 м), на яких зображуються не лише природні, а й багато господарських об'єктів. Висока роздільна здатність характерна для найбільш широко використовуваних сканерних знімків з ресурсних супутників і фотографічних знімків з кораблів, що пілотуються, орбітальних станцій, автоматичних картографічних супутників. Ця група поділяється на дві підгрупи:

а) знімки щодо високої роздільної здатності (30-100 м), одержувані головним чином скануючою апаратурою з ресурсних супутників для вирішення оперативних завдань та оглядового тематичного картографування;

б) знімки високої роздільної здатності (10 - 30 м) - це фотографічні, сканерні знімки з ресурсно-картографічних та ресурсних супутників, які використовуються для детального тематичного картографування.

4. Знімки дуже високої роздільної здатності (одиниці метрів, 1-10 м), на яких відображається весь комплекс природних та господарських об'єктів, включаючи населені пункти та транспортні мережі. Знімки отримують довгофокусною фотографічною та оптико-електронною сканерною апаратурою. З картографічних супутників для вирішення задач топографічного картографування.



5.Знімки надвисокого дозволу (долі метра, менше або дорівнює 1 м), що детально відображають населені пункти, промислові, транспортні та інші господарські об'єкти. Ці знімки отримують зі спеціалізованих супутників для детальної зйомки та великомасштабного топографічного картографування. До цієї групи належить і весь великий масив пташиного польоту.

**Часова просторова здатність** - часовий інтервал між двома послідовними зображеннями однієї і тієї ж ділянки місцевості.

**Спектральна роздільна здатність**- Це ширина спектрального каналу, до якого чутливий датчик. Таким чином, спектральна роздільна здатність - це характеристика кожного каналу, а не всього знімка в цілому. Перші знімки мали один канал з дуже широким діапазоном чутливості, який охоплював видимий і частину ближнього ІЧ діапазону (тобто спектральна роздільна здатність становила близько 0,5 мкм - на графіці показаний блакитним кольором).

За оглядовістю (охопленням території одним знімком) знімки поділяють наступним чином:

1.Глобальні, що охоплюють всю планету, точніше освітлену частину однієї півкулі – це знімки Землі з геостаціонарних супутників та міжпланетних космічних апаратів. Ширина зони охоплення мають понад 10 тис. км, а територіальне охоплення становить сотні мільйонів квадратних кілометрів.

2.Крупнорегіональні, що відображають материки, їх частини та великі регіони, - знімки з метеорологічних супутників на навколоземних орбітах, а також знімки малого та середнього дозволу з ресурсних супутників. Ширина зони охоплення варіює від 3 тис. км у знімків малої роздільної здатності до 500 км у знімків середньої роздільної здатності, територіальне охоплення становить мільйони квадратних кілометрів. На одному знімку цього зобразиться Західна Європа, майже вся Австралія, Середня Азія, Тибет.

3.Регіональні, на яких зображуються регіони та їх частини, — це знімки з ресурсних та картографічних супутників, а також з пілотованих кораблів та орбітальних станцій. Найбільш характерне охоплення 350 x 350 км<sup>2</sup>, 180 x 180 км<sup>2</sup>, 60 x 60 км<sup>2</sup>. На знімку такого охоплення зобразиться така держава, як Бельгія, невелика область, наприклад, Московська, великі мегаполіси.

4.Локальні, на яких зображуються відносно невеликі ділянки місцевості, — знімки із супутників для детального спостереження та великомасштабного топографічного картографування з охопленням близько 10×10 км<sup>2</sup>. На такому знімку зобразиться промисловий комплекс, велике господарство, невелике місто. Охоплення аерознімків становить від сотень квадратних метрів до 20 x 20 км<sup>2</sup>; зазвичай він істотно менше, ніж у космічних знімків, але дрібномасштабні аерознімки по охопленню перекривається з детальними космічними.

<i>За оглядовістю</i>	<i>За масштабом</i>
1) Глобальні (планета) $S = n \cdot 10^8 \text{ км}^2$ , ширина = 10 000 км	1) Наддрібномасштабні 1:10 000 000 – 1: 100 000 000
2) Великорегіональні $S = n \cdot 10^6 \text{ км}^2$ , ширина = 500-3000 км	2) Дрібномасштабні 1:1 000 000 – 1: 10 000 000
3) Регіональні $S = n \cdot 10^4 \text{ км}^2$ , ширина = 50-500 км	3) Середньомасштабні 1:100 000 – 1: 1 000 000
4) Локальні $S = n \cdot 10^2 \text{ км}^2$ , ширина = 10-50 км	4) Дрібномасштабні 1:10 000 – 1: 100 000

### **Космічна зйомка.**

Космічна зйомка, тобто. зйомка з висоти понад 150 км, виконується з супутника, який відповідно до законів небесної механіки переміщається строго встановленою орбітою. Тому можливості його маневрування, порівняно з літаком, дуже обмежені. Будь-який супутник-знімач завжди повинен розглядатися з урахуванням параметрів його орбіти.

Космозйомка здійснюється за допомогою:

- штучних супутників Землі (ШСЗ),
- міжпланетних автоматичних станцій,
- довгострокових орбітальних станцій,
- пілотованих космічних кораблів.

ШСЗ літають за певними орбітами.

Форма орбіти визначається 1-м законом Кеплера: орбіта тіла, що рухається, є крива другого порядку, утворена перетином конуса (еліпс (коло), парабола або гіпербола), в одному з фокусів якої знаходиться центр сили тяжіння (або центр мас системи).

Елементи орбіти характеризують форму, розміри та орієнтацію у просторі орбіти небесного тіла, і навіть становище тіла у цій орбіті.

Важливим показником форми орбіти є ексцентриситет:

$e=0$  коло;

$0 < e < 1$  еліпс;

$e=1$  парабола;

$e > 1$  гіперболу.

Про розмір і висоту орбіти можна судити на відстані від Землі до перигей (найближча точка) і апогей (найвіддаленіша точка орбіти).

Положення орбіти у просторі визначається способом  $i$ .

Нахилення орбіти – кут між площиною орбіти та екватором може приймати значення від  $0^\circ$  до  $180^\circ$ . При  $0^\circ < i < 90^\circ$  рух тіла вважається прямим, при  $90^\circ < i \leq 180^\circ$  - зворотним.

$i=0$  екваторіальна орбіта,  $i=90$  полярна орбіта,  $0^\circ < i < 90^\circ$  - похила орбіта.

**Сонячно-синхронна орбіта (ССО)** - Є орбітою з такими параметрами, що супутник проходить над будь-якою точкою земної поверхні приблизно в один і той же місцевий сонячний час. Тобто. супутник постійно пролітає над

місцевістю в однаковий місцевий час. Висота орбіти 600-800 км та спосіб "і" = 98°.

*По висоті орбіти:*

- Низькі (160–2000 км). періоди звернення від 87,6 хвилини до 127 хвилин.

- Середні (2000 – 35786 км) – GPS, Galileo, Beidou, ГЛОНАСС. Період звернення – від 127 хвилин до 24 годин

- Геостаціонарні ШСЗ вважаються супутники, що мають період обертання навколо Землі, рівний зоряним (сидеричним) діб - 23ч 56м 4,09с. Якщо спосіб "і" орбіти нульове, то такі орбіти називають геостаціонарними. Геостаціонарні ШСЗ літають на висоті 35 786 км над поверхнею Землі. Т.к. їх період звернення збігається з періодом звернення Землі навколо своєї осі, то такі ШСЗ "висять" у небі одному місці. Якщо спосіб "і" не дорівнює нулю, то такі ШСЗ називаються геосинхронними.

***Типи ШСЗ:***

1. *Дослідницькі супутники.* Це супутники, призначені для дослідження планет, галактик та інших космічних об'єктів. "Hubble Space Telescope",

2. ШСЗ дистанційного зондування Землі. Ці супутники здійснюють дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) у різних спектральних діапазонах. Діапазон довжин хвиль, що приймаються знімальною апаратурою, становить від УФ до ІЧ та радіохвиль [13]. Супутники служать для стеження станом флори і фауни, клімату, морських і повітряних течій течій, розвідки з корисними копалинами тощо. Прикладом таких апаратів можуть бути супутники серії " Landsat " , ШСЗ " AQUA " , " AURA " тощо. Зазвичай подібні ШСЗ запускають на сонячно-синхронні орбіти.

3. Космічні кораблі. Пілотовані космічні апарати. Прикладами є російські кораблі серії "Союз" та американські човники "Space shuttle".

4. Космічні станції. Довготривалі космічні кораблі. В даний час на орбіті присутній лише один такий об'єкт - "Міжнародна космічна станція" (МКС).

5. Метеорологічні супутники. Це супутники, призначені передачі даних з метою прогнозування погоди, і навіть спостереження клімату Землі.

6. Навігаційні супутники. Це супутники, які забезпечують вирішення задачі навігації Землі. В даний час глобальними системами навігації є GPS та ГЛОНАСС.

7. Розвідувальні супутники. Це супутник спостереження Землі або супутник зв'язку, що застосовується для розвідки.

8. Супутники зв'язку. Штучний супутник Землі, спеціалізований для ретрансляції радіосигналу між точками лежить на поверхні землі, які мають прямої видимості.

9. Мікросупутники. Це малі космічні апарати (масою менше 500 кг), які розробляють університети, приватні компанії і навіть любителі. На даному етапі стали дуже затребуваними через свою відносно низьку вартість і доступність. Багато університетів США, Європи, Японії запускають свої

мікросупутники, які виконують завдання ДЗЗ, зв'язку між радіоаматорами, відпрацювання нових технологій.

### **Методи космічної зйомки:**

За характером покриття земної поверхні космічними знімками можна виділити такі зйомки:

- *Поодинокі (вибіркове) фотографування* виконується космонавтами ручними камерами. Знімки зазвичай виходять перспективними із значними кутами нахилу.

- *Маршрутна зйомка* земної поверхні проводиться вздовж траси польоту супутника. Ширина смуги зйомки залежить від висоти польоту та кута огляду знімальної системи.

- *Прицільна (вибіркова) зйомка* призначена для отримання знімків спеціально заданих ділянок земної поверхні осторонь траси.

- *Глобальну зйомку* роблять із геостаціонарних та полярно-орбітальних супутників. Чотири-п'ять геостаціонарних супутників на екваторіальній орбіті забезпечують практично безперервне отримання дрібномасштабних оглядових знімків усієї Землі (космічне патрулювання) за винятком полярних шапок.

**Особливості зображення на космічних знімках** залежать від впливу факторів: технічних та природних (природних).

*Технічні фактори*, що впливають на інформативність космічних знімків, є:

а) параметри польоту (траєкторія, висота, тип орбіти, швидкість руху);

б) характеристики космічних знімальних систем (фокусна відстань апарату, спектральний діапазон, що дозволяє здатність знімальних систем;

в) методи обробки матеріалів.

*Природні (природні) фактори* – електромагнітний спектр Сонця, стан атмосфери, сезон зйомки, ландшафтно-кліматичні особливості території.

**Переваги космозйомки.** Супутник, що летить, не відчуває вібрацій і різких коливань, тому космічні знімки вдається отримувати з більш високою роздільною здатністю і високою якістю зображення, ніж аерознімки. Знімки можуть бути переведені в цифрову форму для подальшої обробки комп'ютера.

**Недоліки космозйомки:** інформація не піддається автоматизованій обробці без попередніх перетворень. При космофотозйомці відбувається усунення точок (під впливом кривизни Землі), їх величина на краях знімка досягає 1,5 мм. У межах знімка порушено сталість масштабу, відмінність якого на краях та в центрі знімка може становити понад 3%.

Недоліками космічного методу є також:

- Складність забезпечення високоперіодичного спостереження об'єктів - з періодичністю краще 1-2 годин, особливо для низькоширотних регіонів, розташованих південніше 30-40 ° пн.ш. спостереження детального і високодетального спостереження, під час роботи 1-2 КА на орбіті зазвичай вдається досягти періодичності краще 6-12 годин;

- для оптико-електронної зйомки великою проблемою є хмарність. Період повторного відвідування того ж об'єкта спостереження тим самим КА - від 3 днів і більше;

- скрутність модернізації систем: запуснені КА, зазвичай, не обслуговуються, і нові зразки датчиків можуть працювати лише за нових запусках нових апаратів;

- в умовах космосу важко реалізувати розміщення деяких типів засобів зондування, що працюють в цікавих діапазонах електромагнітного спектру (наприклад, РСА з довжиною хвилі не менше 1-2 м для підповерхневого зондування);

- Часто недостатня оперативність виконання заявок, викликана суворою залежністю часу виходу КА на район зйомки балістичними параметрами робочої орбіти. Більшість народногосподарських систем середній термін поставки зображення після замовлення становить 7 днів. Для деяких хмарних/дощових районів термін може збільшуватись до місяця;

- Високі витрати на створення та розгортання КС, пов'язані зі складністю космічної техніки та необхідністю проведення запусків дорогих РН для досягнення робочої орбіти КА.

#### ***Супутники високої, дуже високої та надвисокої роздільної здатності.***

- |                           |                          |                         |
|---------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 1. <i>QuickBird</i>       | 8. CARTOSAT -1,2         | 15. ALOS-2,3            |
| 2. <i>Worldview – 1</i>   | 9. PLEIADES-1A, 1B       | 16. KOMPSAT-2,          |
| 3. <i>Worldview - 2,3</i> | 10. <i>RapidEye</i>      | <b>17. СІЧ 2 (1,1м)</b> |
| 4. <i>Ikonos</i>          | 11. <i>OrbView-1,2,3</i> | 18. Ресурс_ДК           |
| 5. <i>Geoeye-1</i>        | 12. SPOT -5              | 19. ТН-1, 2             |
| 6. <i>Geoeye-2</i>        | 13. <i>SPOT -6,7</i>     |                         |
| 7. <b>Sentinel 1, 2</b>   | 14. ALOS-1               |                         |

#### ***Супутники середньої та низької роздільної здатності.***

20. IRS-P6
21. *Terra (Aster, Modis)*
- 22. Landsat 7,8,9**
23. EOS
24. NOAA

### **Цифрові (електронні) фотографії**

Зображення виходить за допомогою ПЗЗ-матриці або лінійки (монолітний чіп), що складається з світлочутливих фотодіодів, виконаної на основі кремнію. Розмір осередку досягає 13 мкм при діагоналі близько дюйма. На супутниках стоїть матриця у сотні МП, планується ДПА

Кожен елемент матриці (піксель) чутливий тільки до певного спектру, наприклад, R. Якщо випромінювання даного діапазону потрапляє на комірку, виникає електричний заряд, який перетворюється в число від 0 до 255, характеризує його силу.

Щоб отримати кольорове зображення, необхідно мати 3 канали RG В. Колір виходить шляхом змішування даних каналів. Можлива комбінація  $256 \times 256 \times 256 = 16,8$  млн. кольорів.

### **Аерозйомка**

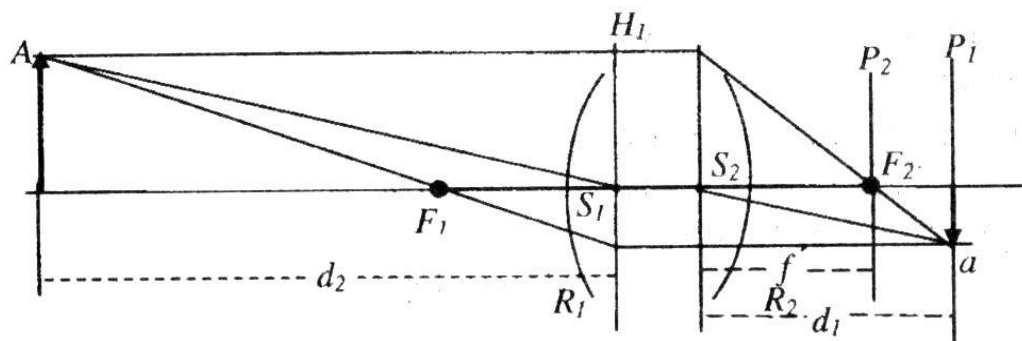
Аерозйомка - зйомка з висоти від сотень метрів до 10 км, що виконується за допомогою літаків, вертольотів, БПЛА. Слід виділити аерофотозйомку виконувану з літака за рахунок фотографування території. На борту ЛА можуть бути встановлені: АФА, лідари, радіолокатори, сенсори (спектрозональної зйомки).

Невелика висота польоту дозволяє отримати більшу роздільну здатність, ніж при космічній зйомці, але має меншу оглядовість.

Пристрій та принцип роботи АФА:

Зображення АФА будується на площині (плівці чи ПЗЗ матриці) з допомогою об'єктиву (складна оптична система, що складається з лінз). Через центр об'єктива проходить лінія, яка називається головною оптичною віссю.

Зображення потрапляє на плівку або ПЗЗ матрицю згідно з геометричними законами:



Де F1 та F2 – фокуси.

$$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{d_2} = \frac{1}{f'}$$

де d1 – відстань від лінзи до плівки чи ПЗЗ матриці

d2 – відстань від об'єкта до лінзи;

f' – фокусна відстань.

При аерофотозйомці відстань d2 значно більша за d1 (), відповідно можна прийняти що  $d_2 = \infty$ . Тоді  $d_1 = f'$ .

Фокусна відстань може змінюватись, залежно від моделі, від 55 до 500 мм, але найчастіше використовуються: 75, 100, 150, 200, 300 мм.

За величиною фокусної відстані АФА поділяється на:

- короткофокусні (вузькокутні) ( $f < 150$  мм)
- середньофокусні (нормальні) ( $f = 150-300$  мм)
- довгофокусні (ширококутні) ( $f > 300$  мм).

В АФА є касета для розміщення фотоплівки завдовжки 120 м. Стандартний розмір кадру 18x18 та 30x30см. У Європі стандарт 23x23см. Відповідно, на одній фотоплівці з розміром кадру 18x18 см виходить 560 знімків, а при 30x30 – 400 знімків.

Залежно від напрямку оптичної осі аерофотоапарата розрізняють:

Планова (вертикальна) аерофотозйомка оптичну вісь АФА розташована під прямим кутом ( $90^\circ$ ) до місцевості, при якому знімок є горизонтальним. Однак у процесі польоту прямолінійним маршрутом аерознімальний літак періодично зазнає відхилень, які характеризують кутами тангажу, крену і зносу (рискання). Через коливання літака аерофотоапарат також нахиляється та розгортається. Прийнято до планових відносити знімки, що мають кут нахилу  $\pm 3^\circ$ . Цей кут називають кутом надиру ( $0^\circ$  - площина АФА паралельна землі,  $90^\circ$  - зйомка горизонту).

При перспективній аерофотозйомці оптичну вісь аерофотоапарата встановлюють під певним кутом до вертикалі. Порівняно з плановим, перспективний знімок захоплює велику площу, а зображення виходить у більш звичному для людини ракурсі. Гірська місцевість.

За характером покриття території знімками аерофотозйомку ділять на одиночну, маршрутну та майданну.

- Одиночною називається аерофотозйомка, при якій отримують один або кілька знімків.

- Маршрутною називається аерофотозйомка смуги місцевості з одного заходу літака. При цьому аерофотознімки взаємно перекривають одна одну у напрямку польоту. (Для лінійних об'єктів).

- Площадна зйомка при якій ділянку, що знімається, покривається серією паралельних прямолінійних аерознімальних маршрутів, що прокладаються зазвичай із заходу на схід. У маршруті кожному наступному знімку виходить частина місцевості, зображеної попередньому знімку, утворюючи поздовжнє перекриття. Пташиного польоту, що отримуються з поздовжнім перекриттям, утворюють стереоскопічні пари. Аерофотознімальні маршрути прокладають так, щоб знімки сусідніх маршрутів мали поперечне перекриття.

Навіщо потрібне перекриття знімків? (Спотворення і стереопари)

Поздовжнє перекриття становить 30% попереднього знімка або 60% для одного знімка (з двома перекриттями). Поперечне перекриття двох маршрутів – 15%, у результаті для знімка – 30%.

Для забезпечення заданої величини перекриттів необхідно дотримуватись базис фотографування. Базисом фотографування називається відстань, що пролітає літак між двома сусідніми точками фотографування. Базис фотографування обчислюється за формулами:

$$B_x = \frac{100 - 60}{100} \cdot a_x \cdot m_0, \quad B_y = \frac{100 - 40}{100} \cdot a_y \cdot m_0,$$

де  $B_x$  - поздовжній базис фотографування за маршрутом;

$B_y$  – відстань між осями двох суміжних маршрутів;

$a_x, a_y$  - розміри поздовжньої та поперечної сторони аерофотознімка;

$m_0$  - знаменник масштабу аерофотозйомки.

Для полегшення водіння літака та заходу його з маршруту на маршрут задалегідь намічають на карті орієнтири, що добре видно з повітря.

Після виконання аерофотозйомки виготовляють аерофотознімки.

Для перевірки знімальних робіт виконують накідний монтаж, що є наближеним з'єднанням аерофотознімків за їх однойменними контурами в одну суцільну картину знятої місцевості.

Оцінка якості літвознімальних робіт виконується за такими критеріями:

- 1) за якістю фотографічного зображення;
- 2) величині поздовжнього та поперечного перекриття;
- 3) ухилення осі фотоапарата від вертикалі;
- 4) прямолінійності маршруту;
- 5) ухилення від заданої висоти польоту літака.

Виявлені недоліки аерофотозйомки усуваються. Накідний монтаж фотографують у дрібному масштабі – одержують репродукцію накідного монтажу. Її використовують із попереднього вивчення місцевості.

**Фотограмметрія** (від грец. слів photos – світло, gramma – запис, metroo – вимір) – це наука визначення кількісних та якісних характеристик за знімками.

### Геометричні властивості знімка

1. *Робоча частина та поля знімка.* На полях (1а) поміщають номер знімка та додаткову інформацію (номер замовлення, дату та час зйомки, бульбашковий рівень).

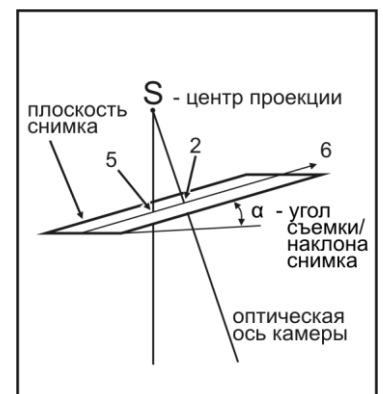
2. *Головна точка знімка.* Зображення точки поверхні, куди орієнтована оптична вісь камери.

3. *Координатні вершини знімка.* Мітки, які допомагають встановити головну точку знімка.

4. *Базис знімка.* Відстань між головною точкою поточного знімка та положенням на ньому головної точки попереднього знімка.

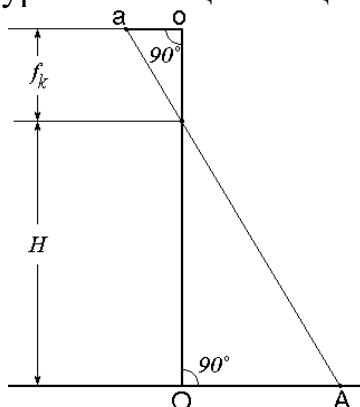
5. *Точка надиру (N).* Зображення на знімку точки на поверхні землі, що знаходиться точно під літаком.

6. *Напрямок зйомки.* Лінія, що проходить через головну точку (O) та точку надиру.



### Масштаб знімка

Пташиного польоту горизонтальної ділянки плоскої місцевості, отриманий при прямовисному положенні оптичної осі АФА, являє собою контурний план цієї місцевості.



Масштаб такого аерофотознімка (рис. 100) називається горизонтальним, виражається ставленням

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H}$$

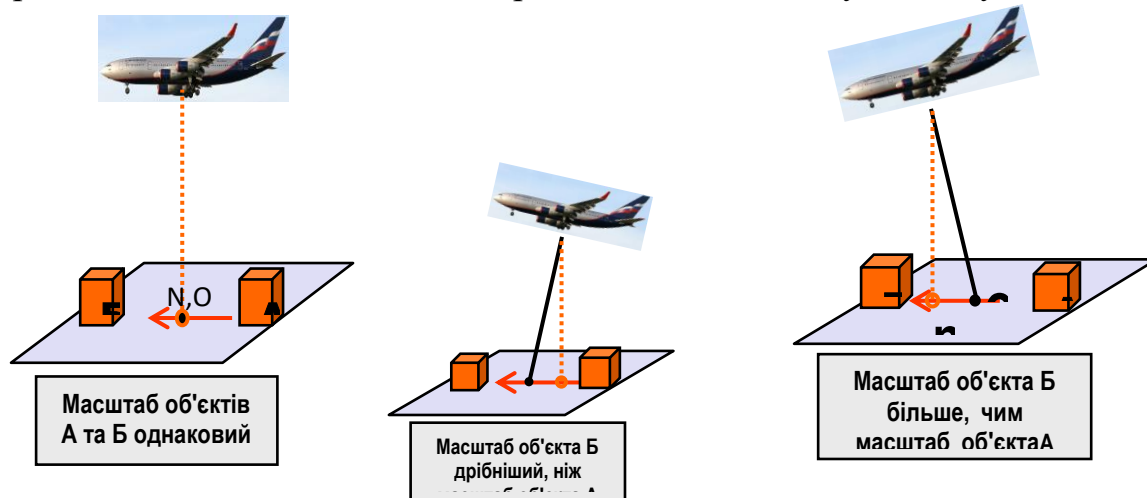


Якщо ж оптична вісь відхилиться від прямовисного положення, то отриманий пташиного польоту буде мати в кожній своїй точці різний масштаб. У цьому випадку можна говорити лише про середній масштаб знімка

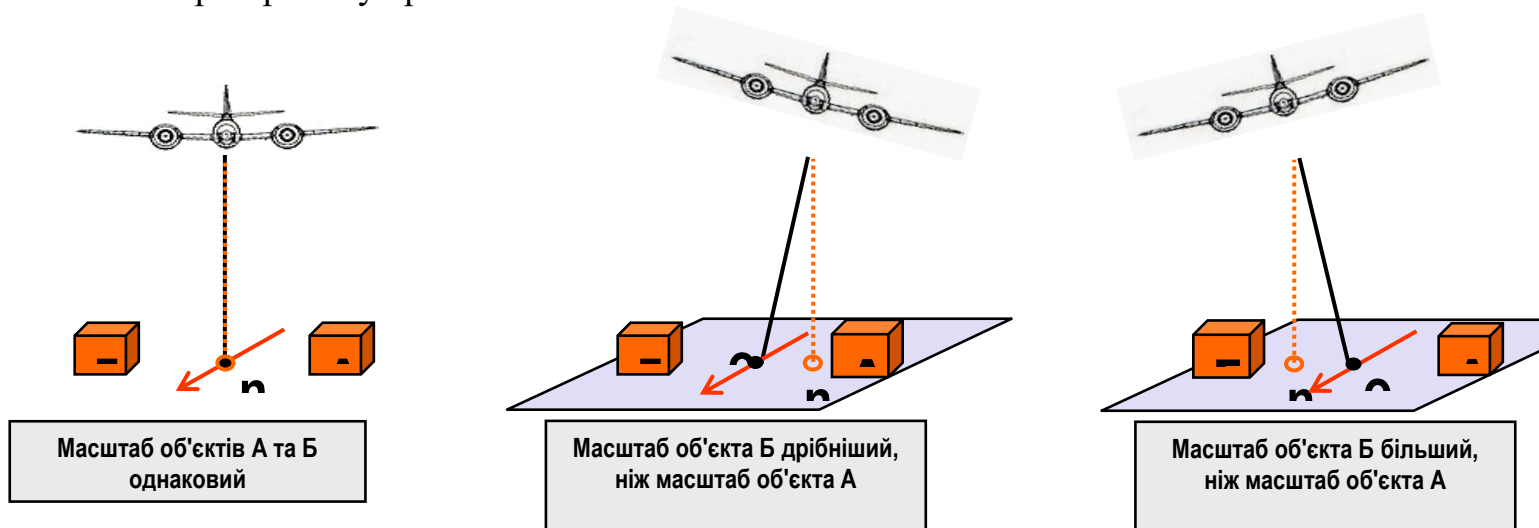
**Спотворення на аерознімках** викликані такими факторами:

1. Нахил літака або ЛА:

При тангажі літак або задирає носа (кабрування), або опускає його (пікірування). При кабруванні центральна точка "відходить" вперед від точки надиру, через що масштаб частини АФС, розташованої по ходу польоту, стає дрібнішим. При пікіруванні центральна точка "іде" назад від точки надиру, через що масштаб частини АФС, розташованої по ходу польоту, стає більшим



При крен літак хитається відносно поздовжньої осі (качає крилами). При лівому крені центральна точка "відходить" праворуч від точки надиру, через що масштаб частини АФС, розташованої праворуч по льоту, стає дрібнішим. При правому крені все навпаки

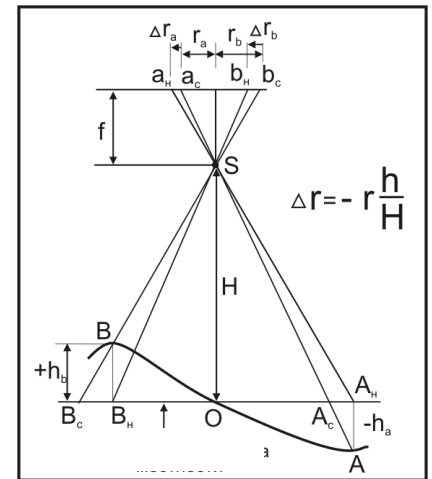


При нишпоренні змінюється кут між поздовжньою віссю літака і напрямком польоту. Це не призводить до додаткових спотворень масштабу, в межах одного знімка, проте зона перекриття стає трапецієподібною, що ускладнює подальшу інтерпретацію.

2. Спотворення пов'язані з рельєфом. При фотографуванні території з розчленованим рельєфом, різні точки знаходяться на відстані від центру проєкції, що змінюється, що призводить до спотворення зображення в порівнянні з плановою проєкцією.

Крапки, що знаходяться на пагорбах, на знімку "відсуваються" далі від головної точки знімка, а що знаходяться в пониженнях - "наближаються" до неї.

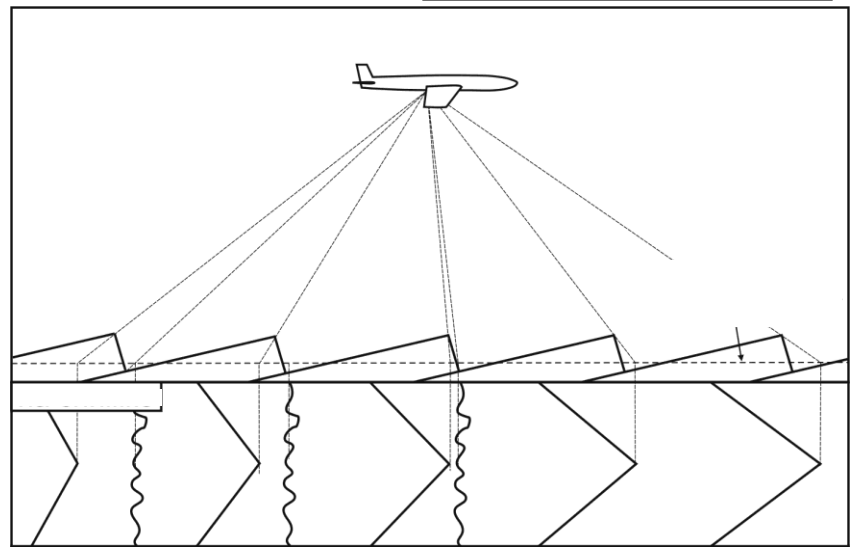
При цьому, природно, спотворюється і масштаб: об'єкти на височинах виглядають більшими, об'єкти в низинах – дрібнішими.



Одним із наслідків спотворення за рельєф є ефект візуальної зміни кутів падіння шарів.

Схили, звернені до головної точки знімка, виходять ширше, а від головної точки – вже. При цьому "змінюється" форма пластових фігур.

3. Спотворення пов'язані з атмосферою та кривизною Землі:



Рефракція - спотворення "лінії" ЕМ за рахунок заломлення в атмосфері.

Кривизна Землі створює спотворення під час космічної зйомки на краях знімка.

4. Спотворення пов'язані з АФА:

*Дисторсія*- Спотворення об'єктів на знімку через неідеальність лінзи. Похибки під час виготовлення лінзи.

*Деформація фотоматеріалів*

*Помилка вирівнювання фотоплівки.*

### Планування аерознімальних робіт

Аерознімальні роботи, як правило, виконуються в літній період часу в південь.

Основним документом для виконання аерофотозйомки є технічний проект, яким визначаються основні параметри аерофотозйомки (висота фотографування, поздовжнє та поперечне перекриття, базис фотографування, відстань між маршрутами, кількість необхідних фотоматеріалів).

Дано. Масштаб, апаратура, поздовжнє та поперечне перекриття, розмір площі зйомки

Завдання:

Необхідно провести аерофотозйомку території розміром 20х20км у масштабі 1:10 000. Зйомка проводиться з АФА-41 (фокусна відстань 100 мм, розмір кадру 30х30 см). Згідно з ГОСТом поздовжнє перекриття протягом маршруту – 30%, між маршрутами 15%. Зйомка виконується з АН-30 з крейсерською швидкістю 450 км/год, витрата гасу становить 680 л/год. Зарплата пілота 500 грн/год, помічника пілота 300 грн/год. Гас – 18 грн/л. 1 м плівки – 10 грн.

Необхідно розрахувати такі параметри:

1. Висота польоту під час фотографування, м - 1000 м
2. Базис фотографування (поздовжній), м – 2100 м
3. Час між фотографуванням знімків, с – 16,8 с
4. Відстань між знімальними маршрутами-2550 м
5. Кількість маршрутів –9
6. Кількість аерознімків у маршруті – 11 знімків
7. Загальна кількість аерознімків 99 знімків
8. Необхідна кількість метрів плівки: 29,7 м
9. Довжина майданної зйомки – 180 км.
10. Час польоту
11. Витрата горючих матеріалів
12. Вартість аерофотозйомки
13. Собівартість грн/км<sup>2</sup>.

1. Висота фотографування:

$$\frac{1}{m} = \frac{f}{H} \rightarrow H = mf = 100\text{м} \cdot 10\text{см} = 1000\text{м}$$

2. Базис фотографування

$$B = \frac{100 - 30}{100} \cdot 30 \text{ см} \cdot 100 \text{ м} = 2100 \text{ м}$$

3. Час між фотографуванням знімків

$$T = \frac{S}{V} = \frac{B}{V} = \frac{2,1 \text{ км}}{450 \frac{\text{км}}{\text{ч}}} = 0,00467\text{ч} \cdot 60 = 0,28\text{мин} \cdot 60 = 16,8 \text{ сек}$$

4. Відстань між знімальними маршрутами

$$B_y = \frac{100-15}{100} \cdot 30 \text{ см} \cdot 100 \text{ м} = 2550 \text{ м}$$

5. Кількість маршрутів

$$N_m = \frac{20 \text{ км}}{2,55 \text{ км}} + 1 = 9$$

6. Кількість аерознімків у маршруті

$$N_{m-зн} = \frac{20 \text{ км}}{2,1 \text{ км}} + 1 = 11$$

7. Загальна кількість аерознімків

$$N_{mзн} = 11 * 9 = 99 \text{ знімків}$$

8. Необхідна кількість метрів плівки:

$$L_{пл} = 99 * 0,3 = 29,7 \text{ м}$$

9. Довжина маршрутно́ї зйомки

$$L_{пл} = 9 * 20 = 180 \text{ км}$$

10. Час польоту

$$T = \frac{S}{V} = \frac{180}{450} = 0,4 \text{ ч}$$

11. Витрата горючих матеріалів

$$Q = T * \frac{Qл}{ч} = 0,4 * 680 = 272 \text{ л}$$

12. Вартість аерофотозйомки

$$\text{Витрати на паливо} = 272 \text{ л} * 18 \frac{\text{грн}}{\text{л}} = 4896 \text{ грн}$$

$$\text{Витрати на зарплату} = 500 * 0,4 + 300 * 0,4 = 320 \text{ грн}$$

$$\text{Витрати на плівку} = 29,7 * 10 = 297 \text{ грн}$$

$$\text{ЗАГАЛОМ} = 4896 + 320 + 297 = 5513 \text{ грн}$$

13. Собівартість грн/км<sup>2</sup>.

$$\text{Собівартість} = \frac{\text{ЗАГАЛОМ}}{S} = \frac{5513}{20 * 20} = 13,78 \text{ грн}$$

Вартість даних із супутникових систем ДЗЗ від 0,5 до 10 дол/км<sup>2</sup>В середньому 1-3. Можна зробити висновок, що аерофотозйомка вигідніша для невеликих ділянок території.

## ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ.

### Тема 5. Принципи дешифрування аерокосмоснімків.

Прийоми дешифрування (зіставлення з еталоном, у межах одного знімку, логічна інтерпретація). Засоби дешифрування (візуальне, візуально-інструментальне, інструментальне). Прямі дешифрувальні ознаки: форма, розмір, фототон, тінь, текстура. Непрямі дешифрувальні ознаки: геоморфологічні, рослинність, ґрунти, ступінь зволоження.

*Дешифрування* - це процес розпізнавання: об'єктів, їх властивостей, взаємозв'язків за їхніми зображеннями на знімку.

При дешифруванні вдаються до трьох основних прийомів:

1. Зіставлення з еталонними знімками;
2. Зіставлення та порівняння об'єктів у межах одного знімка;
3. Логічна інтерпретація геологічних об'єктів, що дешифруються, наприклад, добре помітні на МДС і в рельєфі земної поверхні карстові форми (западини) свідчить про близьке або поверхневе залягання крейдяних порід, що карстуються.

За засобами дешифрування ділиться на:

1. Візуальне;
2. Візуально-інструментальне, що виробляється за допомогою стереоскопів, паралаксометрів та інших найпростіших приладів;
3. Інструментальне, яке виконується за допомогою спеціальних приладів та машин.

Геологи найчастіше користуються двома першими видами.

Розрізняють якісні та кількісні методи дешифрування.

**Кількісне дешифрування** дозволяє визначати елементи залягання та потужності порід, розміри геологічних, тіл, амплітуди розривних порушень. У зв'язку з дрібним масштабом космофотознімків та відносно низькою роздільною здатністю роль кількісних методів в даний час обмежена. Вимір здійснюється за допомогою спеціальних фотограмметричних приладів.

**Якісне дешифрування** базується на дешифрувальних (індикаційних) ознаках, які поділяються на дві групи: 1) прямі ознаки, що відбивають безпосередньо геологічні об'єкти; 2) непрямі ознаки, що відбивають взаємозв'язок геологічних об'єктів з усіма складовими частинами ландшафту і які у основі ландшафтного методу дешифрування. Для закритих районів цей метод є провідним, забезпечуючи відбір фотогенічних компонентів ландшафту, яких пов'язані з геологічним будовою. На космофотознімках відкритих районів у результаті природної генералізації геологічний контроль компонентів ландшафту проявляється найчіткіше, не вимагаючи аналізу непрямих ознак. Їхня роль як індикаторів геологічної будови (виключаючи рельєф) на космофотознімках знижується в порівнянні з аерофотознімками.

Дешифрувальні ознаки ділять прями та непрямі. Властивості об'єктів, що знаходять безпосереднє відображення на знімках, прийнято називати прямими дешифрувальними ознаками. До них відносяться три групи ознак:

- геометричні (форма, тінь, розмір),
- яскравості (фототон, рівень яскравості, колір, спектральний образ),
- структурні (текстура, структура, малюнок зображення).

Е.Баррет і А.Куртіс вважають, що незалежно від зображення та інформації, що їм передається, для дешифрування об'єкта достатньо 9 ознак:

1. Форма. Об'єкти ландшафту можна досить впевнено розпізнати за їхніми контурами або формою. Це слушно як для природних, так і антропогенних об'єктів.

2. Розмір. У багатьох випадках важливо враховувати довжину, ширину, висоту, площу чи обсяг зображених об'єктів. Часто про зразок їх на знімку судять, порівнюючи їх зі знайомими елементами місцевості (наприклад, дороги).

3. Тінь. За тінювим силуетом можна визначити форму об'єкта. Глибокі тіні на знімках гірських областей заважають дешифруванню – наприклад, затушовують шарувати, складчастість і т.д. У той самий час підвищення щільності фототону говорить у разі про розчленованості рельєфу. Тінь є дешифрувальною ознакою, що дозволяє відрізнити об'ємний предмет від плоского. Тінь, що падає, допомагає встановити форми рельєфу: обривів, проміїн, гребенів, вододілів і т.д.

4. Фототон (колір) - ступінь почернення зображення на знімку. Нормальний зір розрізняє 32-35 відтінків від білого до чорного кольору. На фототон впливають відбивна здатність об'єкта, його колір, освітленість, структура поверхні та ін.

5. Зовнішність. На знімках часто виявляються об'єкти подібного вигляду. Ця обставина багато в чому полегшує дешифрування, особливо під час аналізу та картування складних геологічних утворень (метод подібності).

6. Текстура- важлива якісна характеристика фотозображення тісно пов'язана з фототонном і дозволяє виділити ділянки зображення з однаковим малюнком, зумовленим поєднанням мікротонових відмінностей. До поширених текстур можна віднести гладкі, хвилясті, плямисті, лінійні та інших. Текстура застосовується разом із ін ознаками. Наприклад, знімки різних порід можуть мати однаковий фототон, але різну текстуру.

7. Розташування. На заключних етапах дешифрування інтерпретацію та класифікацію ряду об'єктів можна уточнити за їх місцезнаходженням щодо інших, вже розшифрованих об'єктів. Наприклад, складка неясної природи, розташована між двома антикліналями, є, швидше за все, синкліналлю і т.д.

8. Просторове розрізнення на місцевості. Роздільна здатність знімка залежить від особливостей апаратури, за допомогою якої він отриманий, стану навколишнього середовища під час спостереження і від подальшої обробки

отриманої інформації. Роздільна здатність лімітує розмір об'єктів, які можуть бути упізнані.

9. Стереоефект. Стереоскопічна модель дає інформацію, яку неможливо отримати з окремого знімка.

Крім наведених вище «основних» ознак, у практиці дешифрувальних робіт дуже ефективні й інші, як рельєф, рослинність, ступінь зволоження поверхні і т.д.

Геоморфологічні ознаки. Міцність порід та стійкість їх до процесів вивітрювання відіграють значну роль при формуванні макро- та мікроформ рельєфу. Велике значення мають тріщинуватість порід, їх тектонічна порушеність, що визначає характер і густоту річкової та яружно-балкової мережі. Чітко простежуються лінійні перевищення в рельєфі, що виникають над міцними жилами та дайками тощо.

Рослинність. Деревна, чагарникова та трав'яниста рослинність часто розташовується вибірково на ґрунтах різного складу. Наприклад, в умовах Казахстану на сильно вапняних ґрунтах трав'яниста рослинність рідкісна або відсутня, але охоче розселяються чагарники. Ця ознака легко дозволяє виявити шари та лінзи карбонатних порід.

Ґрунти. Основними індикаторами ґрунтів є їх колірні відтінки, що виявляються на знімках у застосуванні фототону. Забарвлення ґрунтів залежить, головним чином, від літологічних особливостей вихідних порід, особливо якщо ґрунти залягають безпосередньо на корінних породах.

Ступінь зволоження. Особливо сильно впливає на видовий склад та густоту рослинності. Ця ознака має виняткове значення для виявлення розривних порушень, а також поверхонь стратиграфічних незгод.

## Тема 6 Структурно-геологічне дешифрування.

**Визначення за даними дистанційного зондування Землі диз'юнктивної тектоніки, складчастих та похилозалагаючих товщ, кільцевих структур. Методи визначення активних та пасивних розривних порушень та лінеаментів. Метод визначення аномалій рельєфу.**

Шляхом дешифрування космо- та аерознімків можна виявляти та вивчати:

- умови залягання гірських порід
- різні складчасті утворення,
- розривні порушення,
- кільцеві структури,
- стратиграфічні незгоди

Якість та детальність дешифрування складчастих структур безпосередньо залежить від:

ступеня оголеності порід району

різноманітності їх речового складу.

*Чим більш різні за фізичними властивостями пласти і товщі, що перешаровуються, тим контрастніше видно на знімках окремі елементи залягання.* При дешифруванні аерознімків пласти, що найбільш чітко виділяються, можуть успішно використовуватися як маркуючі горизонти, особливо при картуванні дислокованих порід одноманітного складу.

У процесі дешифрування космо- та аерознімків необхідно використовувати непрямі ознаки, а саме особливості:

- макро- та мікрорельєфу,
- розташування та густина гідромережі, озер, обриси морських узбережжя, геоботанічні характеристики та ін.

### 1) Горизонтально залягаючі товщі

Успішне дешифрування відкладів, що горизонтально лежать, проводиться у випадках, коли на знімках простежуються окремі фотомаркуючі пласти або горизонти. Такими пластами можуть бути витримані за простяганням:

скелясті карнизи на схилах, що відрізняються на знімках щільністю фототону, або підкреслюються особливою рослинністю, ґрунтовим покривом, або іншими непрямыми ознаками.

Дешифрування недислокованих товщ ведеться по аерознімках із застосуванням стереоскопа та використанням топографічних карт одночасно.

**Шаруватість осадових порід** передається чергуванням фототону різної щільності, що залежить від природного забарвлення порід, їх фізичних властивостей, рельєфу, рослинності. Чим різкіше відрізняються ці властивості, тим більше чіткі межі шарів відображаються на знімку. При горизонтальному рельєфі великих площах може оголюватися один шар. У такому разі на знімку видно поля з монотонним забарвленням, позбавлені шаруватості. При



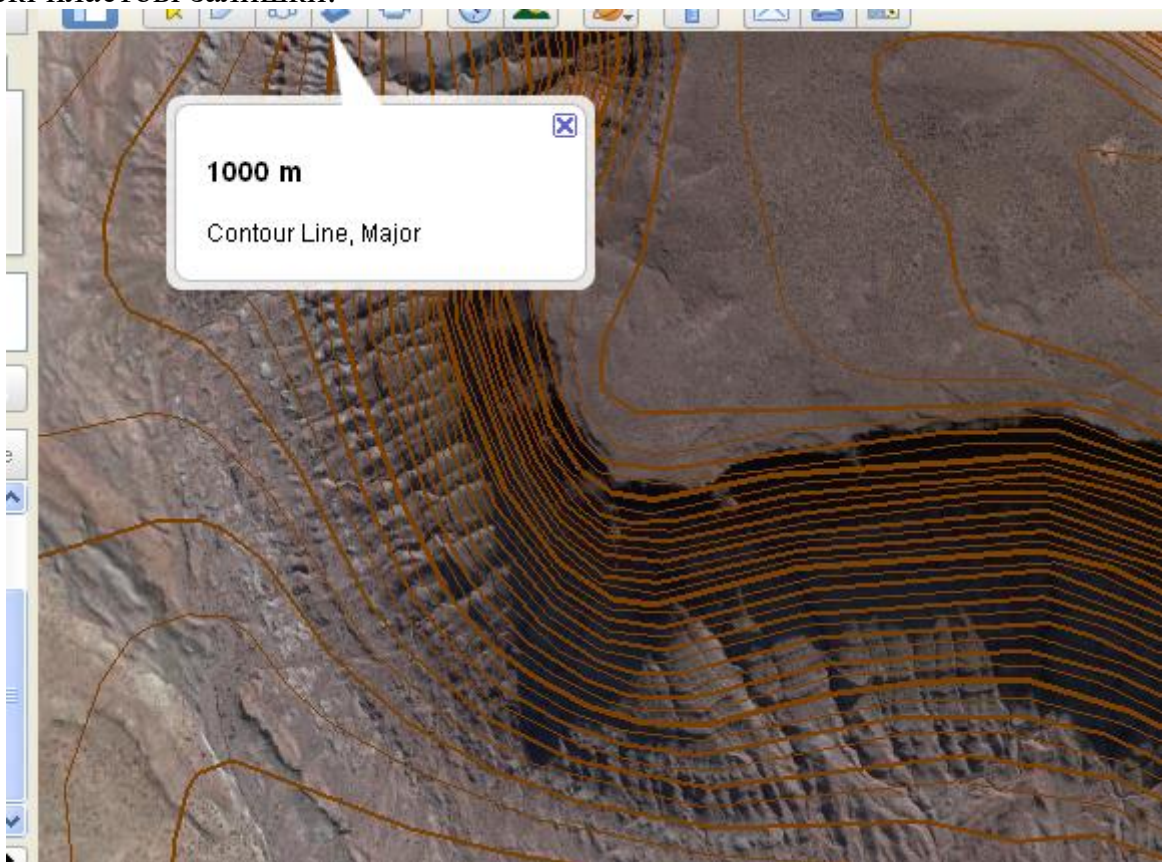
розчленованій поверхні кордону між шарами мають складну конфігурацію, що повторює горизонталі рельєфу.

У лісових та степових районах рослинність тісно пов'язана зі складом корінних порід. На вапняних ґрунтах деревна і трав'яниста рослинність рідка або зникає зовсім, їх місце займають кущі, що надають зображенню на знімках смугоподібну або плямисту текстуру.

Форми мікрорельєфу, властиві шарам різного складу, залежить від своїх фортеці, тобто. опірності процесам вивітрювання. При сильному відмінності цієї властивості різних шарів виникають характерні їм форми мікрорельєфу, дозволяють простежувати шари великі відстані.

В окремих випадках дешифрування знімків дозволяє виявити фаціальні зміни товщ. Вони виражаються на знімках зміною щільності фототону, форм мікрорельєфу, рослинності та відображають особливості складу порід.

Горизонтальне та пологонахиле (до  $2^{\circ}$ - $3^{\circ}$ ) залягання стратифікованих відкладів дешифрується тільки при розчленованому рельєфі за малюнком зображення, подібного до горизонталей на топографічних картах. У районах з дуже слабо розчленованим рівнинним рельєфом або рельєфом денудаційних платоподібних височин оголений лише наймолодший шар або невелика верхня частина розрізу. Тому на знімку буде однорідне зображення або невитриманий на всій площі смужковий малюнок уздовж схилів ерозійних врізів. За наявності в розрізі міцних шарів, що бронюють, в рельєфі утворюються столові гори і плоскі пластові залишки.



## 2. Похило залягаючі товщі та складчасті форми

При дешифруванні похило товщ, що залягають, крім вирішення питань стратиграфічного розчленування, виявлення літологічного складу пластів і характеру їх меж, на аерознімках можна визначати елементи залягання і потужність шарів.

Визначення елементів залягання провадиться по пластових трикутниках. Якщо пласти залягають похило, то зображення їх на аерознімках має вигнуті контури. При цьому кут, утворений вигином у нижній точці рельєфу (у долині) спрямований по падінню пласта, а у високій точці рельєфу (на вододілі) – по його повстанню. Якщо з'єднати три точки, наприклад, у подошві пласта, то вийде пластовий трикутник.

При визначенні напрямку падіння шарів пластовими трикутниками необхідно враховувати наступне. Пластові трикутники для цієї мети можна використовувати тільки в тому випадку, якщо кут падіння шарів більший, ніж кут падіння схилу рельєфу. Якщо картина обернена, тобто. схили круті і кути їх падіння більше, ніж кути падіння шарів, то вершина кута, утвореного вигином шару, спрямованого у бік падіння, перебуває над долині, але в вододілі, т.я. лінія виходу шару в долині буде вище, ніж лінія його виходу на вододілі.

При плавних вододілах, широких долинах та невеликих перевищеннях рельєфу пластові трикутники широкі. При крутому сильно розчленованому рельєфі вони вузькі, з гострими кутами і вихід шару на поверхню має зигзагоподібні обриси. При пологому заляганні шарів пластові трикутники вузькі та гострий кут їх спрямований у бік падіння.

Зі збільшенням кута падіння шарів кути пластових трикутників збільшуються і перетворюються на тупий. При вертикальному заляганні виходи шарів на знімку являють собою пряму лінію, не пов'язану з особливостями рельєфу і напрямок цієї лінії є напрямок простягання. При розчленованому рельєфі не слід плутати пластові трикутники з вигинами шарів при горизонтальному заляганні. При вирівняному плоскому рельєфі шаруватість у похило товщах, що залягають, являє собою лінії, форма яких залежить від напрямку падіння порід. У таких випадках напрямок падіння шарів буде у бік залягання молодших відкладів.

Основне значення при дешифруванні складок мають пластові трикутники, літологічний склад шарів та характер замикання складок. Іноді достатньо використовувати при дешифруванні складок одну з цих ознак, в інших випадках – усі три.

Будова складок з нахилом крил у різні боки можна виявити пластовими трикутниками. У антиклінальних структурах вершини трикутників кожному крилі спрямовані у різні боки від осі складки, в синклінальних – назустріч одне одному. В асиметричних структурах пластові трикутники гостріші на пологому крилі і тупіші – на крутому. В ізоклінальних складках вершини пластових трикутників спрямовані в ту саму сторону і для виявлення таких складок потрібно залучати характер їх замикання – центриклінальний або

периклінальний. Використання характеру замикання дозволяє встановити не тільки саму структуру, а й визначити положення осі складки та напрямок занурення шарніра.

### 3. Розривні порушення

Особливо корисна та різноманітна геологічна інформація витягується при дешифруванні аерокосмоматеріалів про розривні порушення. Різного роду елементи диз'юнктивної тектоніки виявляються на матеріалах дистанційного зондування земної поверхні як лінеаментів. Незважаючи на вікову історію використання цього поняття щодо глибинної будови Землі, досі немає єдиного поняття «лінеамент», існує кілька понять. Проте у всіх визначеннях багато спільного. Під лінеаментами розуміють прямолінійні або слабо вигнуті природні об'єкти ландшафту найчастіше відображають лінійні неоднорідності літосфери, а саме розлами земної кори, флексури в осадовому чохлі, зони різкої зміни геологічних структур, високоградієнтні зони геофізичних полів та ін.

*Лінеаменти* – це унікальні об'єкти земної кори, що передають на поверхню Землі переконливу та об'єктивну інформацію про різномаштабні, різновікові та різноглибинні неоднорідності земної кори та літосфери, що використовується як у теорії, так і в практиці.

У геологічній теорії лінеаменти, як індикатори глибинної ділимості земної кори, можуть бути інструментом пізнання сучасної геодинаміки.

У геологічній практиці лінеаменти можуть відбивати канали, що підводять різних флюїдів і розчинів, тобто. служити прямими індикаторами при прогнозі та пошуку родовищ корисних копалин.

До цього часу немає єдиної класифікації лінеаментів. Їх поділяють за протяжністю, шириною, ступенем організації, особливостями просторового орієнтування та ін. ознаками, наприклад, за глибиною залягання: корові (екзогенні) і мантіїні (ендогенні), за ступенем чіткості зображення лінеаментів на космознімках – достовірні та передбачувані; за ступенем трасування (простеження) – переривчасті та безперервні. За довжиною лінеаменти та їх системи діляться на локальні, регіональні, трансрегіональні та глобальні.

Особливістю розподілу лінеаментів у просторі є наявність певного ритму чи кроку між лінеаментами одного порядку. Ширина цього кроку залежить від потужності і складу земної кори, орієнтування лінеаментів, приналежності їх до різних тектонічних епох і різним геологічним областям.

Наприклад, У. Хоббс (1904) показав, що у східних районах Північної Америки відстані між розломами північно-східного, північно-західного і меридіонального тягнень становлять, відповідно, 125, 75 і 40 миль. Подальше накопичення емпіричних даних призвело дослідників до підтвердження закономірності сталості відстаней – еквідистантності між лінійними порушеннями земної кори.

Поряд з цим описані численні факти згущення лінеаментів одного порядку в протяжні безперервні або уривчасті зони з різким зменшенням кроку між лінеаментами.

Лінеаменти, що виділяються на аерокосмознімках, є структурами різного порядку, але в цілому утворюють безперервні ряди, в яких за величиною об'єктів, їх виразністю в ландшафті та способом прояву можна виділити 4 класи:

1. Малі лінійні елементи ландшафту – виражені на середньомасштабних космознімках тонким, зазвичай паралельним штрихуванням.
2. Великі лінійні елементи ландшафту (перші км – перші десятки км), що дешифруються на космознімках у вигляді прямих або майже прямих безперервних однорідних ліній смугового або граничного характеру.
3. Локальні лінійні зони (десятки – перші десятки кілометрів). Ці структури складаються з дрібніших лінійних елементів. Вони можуть перетинати відразу кілька тектонічних структур.
4. Регіональні лінійні зони – сотні-перші тисячі кілометрів та шириною десятки км.

Різні просторові поєднання лінеаментів утворюють їх спільноти:

- а) зони - вузькі протяжні концентрації лінеаментів;
- б) системи - утворені сукупністю субпаралельних лінеаментних зон;
- в) поля – що виникають у результаті закономірного поєднання різноорієнтованих лінеаментних систем і що характеризуються перехресним структурним планом.

На початку цього розділу наголошувалося, що лінеаментами є природні ландшафтні утворення. Однак на аерокосмознімках досить багато об'єктів, споруджених людиною: дороги, вулиці населених пунктів, лісосмуги, греблі тощо, які не є лінеаментами. Тому, якщо дешифрування ведеться за допомогою комп'ютера без подальшого візуального розбракування лінійних утворень ландшафту на природні та штучні, результати такого дешифрування щонайменше помилкові.

При дешифруванні розривів слід використовувати як прямі, і непрямі дешифрувальні ознаки.

До прямих ознак належать контури об'єкта (форма), його розмір, щільність фототону (для чорно-білих знімків) або колір (для кольорових або псевдокольорових).

Непрямими ознаками можуть бути, головним чином для закритих територій, спрямлені ділянки русел річок і річкових долин, коліноподібні вигини водотоків та яружно-балочної мережі, ланцюжки джерел, природна зміна рослинності по прямій або близькій до неї лінії, підвищена густина рослинного покриву, зміна кольори по прямій за рахунок дотику товщ різного складу і т.д. Розриви, що виникли в новий час або підновлені стародавні порушення так чи інакше фіксуються в рельєфі: поява уступів, звужених ділянок річкових долин, утворення в руслах водоспадів, порогів, понижень у рельєфі у вигляді ланцюжка ярів та ін. орієнтований під кутом до лінії

зміщувача. Нові зрушення часто встановлюються горизонтальним зміщенням гідромережі та інших форм рельєфу. Круті розломи характеризуються відносною прямолінійністю та зрізанням поверхнею зміщувача шаруватості на крилах складок. Лінії розривів можуть також розмежовувати ділянки з різним забарвленням порід, різним рельєфом та іншими особливостями ландшафту. Все сказане вище відноситься до крутопадаючих розривів. Але, як відомо, існують і пологі. Останні часто мають згодну зі шаруватістю орієнтування і можуть розвиватися по одному з шарів. Вони, як і шаруватість, утворюють пластові трикутники, а при заляганні, близькому до горизонтального, огинають нерівності рельєфу. Пологі розриви по аерофотознімках дешифруються вкрай важко і не завжди достовірно. Лінії розривів можуть також розмежовувати ділянки з різним забарвленням порід, різним рельєфом та іншими особливостями ландшафту. Все сказане вище відноситься до крутопадаючих розривів. Але, як відомо, існують і пологі. Останні часто мають згодну зі шаруватістю орієнтування і можуть розвиватися по одному з шарів. Вони, як і шаруватість, утворюють пластові трикутники, а при заляганні, близькому до горизонтального, огинають нерівності рельєфу. Пологі розриви по аерофотознімках дешифруються вкрай важко і не завжди достовірно. Лінії розривів можуть також розмежовувати ділянки з різним забарвленням порід, різним рельєфом та іншими особливостями ландшафту. Все сказане вище відноситься до крутопадаючих розривів. Але, як відомо, існують і пологі. Останні часто мають згодну зі шаруватістю орієнтування і можуть розвиватися по одному з шарів. Вони, як і шаруватість, утворюють пластові трикутники, а при заляганні, близькому до горизонтального, огинають нерівності рельєфу. Пологі розриви по аерофотознімках дешифруються вкрай важко і не завжди достовірно. а при заляганні, близькому до горизонтального, огинають нерівності рельєфу. Пологі розриви по аерофотознімках дешифруються вкрай важко і не завжди достовірно. а при заляганні, близькому до горизонтального, огинають нерівності рельєфу. Пологі розриви по аерофотознімках дешифруються вкрай важко і не завжди достовірно.

### **Хмарні утворення та розривна тектоніка**

Атмосфера, як та інші компоненти ландшафту, контролюється системою фізичних полів і може бути добрим індикатором їх аномалій, а через них виявлення особливостей глибинної будови та ландшафту. Дуже показовий у цьому відношенні хмарний покрив, його будова та розподіл.

В.В.Коваленок та інших. космонавти під час спостережень із космосу за Землею встановили, що хмари з неї рухаються хіба що певним маршрутам, а окремі ділянки земної поверхні легко розпізнаються за закономірному, стійкому у часі характеру розподілу хмарності з них.

На КС, отриманих у різні пори року, зберігається відносно постійний малюнок розподілу хмар, що оконтурюють геологічні структури. Над Устюртом, Південним Мангишлаком, Каракумами, Аральським морем,

Уральськими горами, Середнім і Нижнім Поволжям, Тиманським кряжем, розломами хребта Каратау, півостровом Камчатка, Чорним, Азовським, Каспійським і Охотським морями, над Центрально-Кизи і Центрально-Кизи, над Західно-Сибірською рівниною, Прип'ятським та Чернігівським Палессям по КС виявлено лінійно-орієнтовані смуги хмар, що збігаються і за простяганням і за місцем розташування з зонами глибинних розломів. Хмарність ніби оконтурює геологічні структури, виникаючи над градієнтними зонами, що їх обмежують. Закономірне розподіл хмар відбиває внутрішню будову з.к. та контролюється системою фізичних полів. Цей зв'язок, як показано вище, встановлений над гірськими областями, рівнинами і навіть акваторіями морів.

### ***Кільцеві структури***

Розвиток космічних методів сприяло виявленню великої кількості кільцевих структур лежить на поверхні Землі розміром від кількох сотень метрів у поперечнику до тисяч кілометрів. Встановлено, що 70-80% цих утворень пов'язані з різноманітними геологічними процесами.

Кільцева структура – це геологічне тіло, що характеризується центром симетрії у перерізі із земною поверхнею. На космічних знімках воно може бути виражене або замкнутими або фрагментарними (неповнокільцевими) фігурами - колами або овалами. На Землі вони розташовуються або одиночно, або групами.

За будовою кільцеві структури поділяються на прості та складні. Складні, у свою чергу, поділяються на концентричні, сполучені, орбітальні та комбіновані (рис. 1).

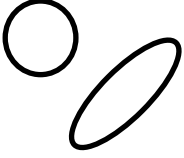

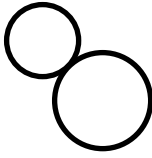

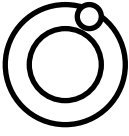





Структури	Прості	Складні			
		Концент- ричні	Сполучені	Орбітальні	Комбіновані
Замкнуті					
Фрагментарні					

Рис. 1 Схема підрозділу кільцевих структур за О.Т.Кротковою.

Концентричні структури складаються з ядра (центральної частини) та зовнішнього контуру. Кільцеві структури великих розмірів, як правило,

ускладнені системами розломів: радіальними (збігаються з радіусами); сегментарними (що перетинають структуру по хорді, але не виходять далеко за її межі); січними (що перетинають структуру і виходять далеко за її межі); концентричними (збігаються з елементами кільцевої структури).

Виразність кільцевих структур на космознімках найрізноманітніша. Вона залежить від обсягу об'єкта, геологічного часу його закладання, від тектонічної активності регіону тощо. Наприклад, кільцеві структури невеликих розмірів дешифруються більш впевнено, ніж великі; пов'язані з процесами магматизму та метаморфізму – впевненіше, ніж обумовлені тектонічними процесами.

Виявлення кільцевих структур на закритих територіях здійснюється прийомами ландшафтно-індикаційного дешифрування, де індикаторами об'єкта може бути малюнок гідромережі, елементи рельєфу, особливості рослинного покриву тощо.

Процес вивчення кільцевих структур має здійснюватися за певної послідовності операцій. Зазвичай це двостадійна схема:

1. Стадія виявлення;
2. Стадія ідентифікації.

Перша полягає у дешифруванні матеріалів дистанційного зондування з використанням топокарт, геологічних та геофізичних матеріалів.

Друга – у встановленні походження та віку геологічних тіл та тектонічних структур.

У цій стадії використовуються звичайні геолого-геофізичні методи дослідження. Основним способом з'ясування генези кільцевих структур є зіставлення результатів дешифрування з матеріалами наземних геолого-геофізичних робіт.

Найбільш вдала класифікація кільцевих структур розроблена лабораторією космічної геології Московського університету спільно зі співробітниками ВНДІзарубіжгеологія та Аерогеології. Основою в ній є розміри та характер геологічних процесів, що беруть участь у освіті кільцевих структур.

За розмірами кільцеві структури поділяються на 5 класів:

1. Мегаструктури – від сотень кілометрів до перших тисяч кілометрів діаметрі;
2. Макроструктури – перші сотні кілометрів;
3. Мезоструктури – від десятків до 150 км;
4. Мініструктури – перші десятки кілометрів;
5. Мікроструктури – сотні метрів до 10 км.

Серед генетичних типів кільцевих структур виділяються структури складної генези (полігенні) та моногенні. Останні поділяються на метаморфогенні, магматогенні, тектоногенні та імпакті.

Метаморфогенні структури – це гнейсові овали та гранітогнейсові бані в межах платформ. Перші відносяться до макроструктур.

Магматогенні кільцеві структури, у свою чергу, поділяються на плутонічні, вулканічні та вулканоплутонічні.

Тектоногенні – провідну роль їх формуванні грають як пликативные, і диз'юнктивні дислокації.

Імпактні (ударні) є астроблемами – результатом бомбардування поверхні Землі метеоритами.



## Тема 7. Дешифрування гірських порід.

Дешифрування магматичних порід. Визначення по аерокосмічних знімках інтрузивних, жильних та ефузивних порід. Дешифрування метаморфічних порід. Дешифруванні ознаки осадових порід (піски, глини, конгломерати, пісковики, алевроліти, вапняки, доломіти, мергелі).

Майже всі магматичні породи дешифруються впевнено – як інтрузивні, так ефузивні та житлові.

### 1.1 Інтрузивні породи.

Інтрузивні породи дешифруються за:

- відсутності шаруватості,
- за рівним фототоном,
- а на великомасштабних знімках іноді за сітчастим малюнком, викликаним системою тріщин. Система тріщин, що використовується ерозією, надає борознам стоку та дрібним долинам типової незграбності та прямолінійності.

Інтрузивні породи відрізняються високою міцністю, тому в кліматичних умовах Росії в областях високої неотектонічної активності **утворюють різкі позитивні форми рельєфу**. В умовах слабких позитивних рухів – м'якіші, згладжені форми типу куполів, увалів або майже плоскі поверхні. Кордони інтрузивних тіл часто мають з породами, що вміщують, січний характер.

#### Гранітоїди та інші породи кислого складу.

Вони складають різні за величиною та формою тіла: великі – типу батолітів та дрібніші – штоки, лаколіти та ін.

Для гранітоїдів найчастіше властивий **світлий рівний фототон**. Деякі тіла лейкократових гранітів, перекриті четвертинними утвореннями, як би просвічують крізь них і добре дешифруються. Причиною цього «просвічування», ймовірно, криється в насиченості порід, що перекривають інтрузії, деревною гранітоїдів. Їх поверхня поцяткована мережею тонких прямих і вигнутих тріщин, серед яких намічається певна орієнтування, особливо для крутопадаючих. Тріщини, якщо вони існують, дешифруються на велико- та середньомасштабних аерофотознімках. Поля розвитку гранітоїдів різної зернистості можуть відрізнятися за фототоном: світліші – крупнозернисті. Скелясті залишки в рельєфі частіше складені дрібнозернистими різницями. На велико-і середньозернистих різницях гранітоїдів люблять рости соснові ліси.

Для гранітоїдів характерна освіта **великоглибинних розсипів** та осипів, які добре дешифруються на велико- та середньомасштабних аерофотознімках і які можуть бути додатковою дешифрувальною ознакою цих порід.

Масиви основного та ультраосновного складів дешифруються досить складно. Їхнє темне забарвлення не завжди чітко виділяється на тлі також

темних вулканічних або крем'янистих порід. У зонах вивітрювання по гіпербазитам розвивається світла або строката кора вивітрювання, що ще більше ускладнює виявлення інтрузій. Тіла останніх часто бувають дрібними та приурочені до глибинних розломів. Для ультрабазитів характерний бугристий рельєф, викликаний різним ступенем серпенітизації порід, а також слабкий рослинний покрив або його відсутність.

У платформних областях (Східний Сибір) основні породи – діабазиди, долерити утворюють великі пластові інтрузії – сили. Ці породи мають високу міцність, тому їх виходи на поверхню часто відпрепаровані процесами денудації і утворюють широкі плоскі височини з великогорблястим рельєфом, що відображають систему тріщин, що розбивають масив на окремі блоки. Річки прорізають сили глибокими каньйонами, на схилах яких часто видно стовпчасту окремість.

## 1.2 Жилі утворення

Жилі утворення дешифруються на *великомасштабних* аерознімках (1:15 000 і більше). Для них характерна *лінійно витягнута форма*, часто інший фототон порівняно з породами, що вміщують, а також за своєю виразністю у формах мезо- і мікрорельєфу. Жилі тіла міцних порід простежуються у вигляді скелястих гряд або останкових скелястих ланцюжків. Рідше зустрічаються жили, що руйнуються швидше порід, що вміщують, в таких випадках в рельєфі утворюються вузькі, лінійно витягнуті борозни.

Про склад жильних порід можна судити з фототону. Наприклад, *кварцові, аплітові та пегматитові жили, а також дайки світлих порфіритів* мають світлий фототон. Дайки діабазидів та діабазових порфіритів мають темний фототон.

Зіставлення умов залягання їх по відношенню до порід, що вміщає, дозволяє з'ясувати – чи маємо ми справу з пластовими або січними жилами, чи приурочені жили до якихось тектонічних порушень і т.д.

## 1.3.Ефузійні породи

Тіла ефузівів складені як породами одного складу (наприклад, базальтами), так і такими, що перешаровуються з ефузійно-осадовими (туфами, туфобрекчіями), а іноді і з осадовими породами. Тому за дешифрувальними ознаками ефузиви в одних випадках можуть нагадувати інтрузивні породи, в інших – шаруваті товщі.

При дешифруванні вулканічних порід часто можна виявити деякі структурно-текстурні особливості, *розташування центрів вулканічної діяльності*, а в ряді випадків визначити фаціальні різновиди вулканогенних утворень та їх заміщення осадовими породами. Фототон залежить від складу порід - темніший для основних і середніх, і світлий - для кислих. При чергуванні ефузівів різного складу, а також за наявності серед них горизонтів

туфів або осадових порід на знімках з'являється смугастість, що відповідає простяганню. Більш стійкі до вивітрювання ефузиви при горизонтальному або пологому заляганні серед менш міцних осадових порід простежуються у вигляді скелястих уступів або карнизів на схилах або утворюють плоскі майданчики на вододілах, залягаючи на осадових породах у вигляді бронюючого покриву.

У складчастих моноклінальних структурах виходи ефузівів ведуть до утворення куєстових форм рельєфу, утворюючи круті скелясті уступи.

Найкращі умови дешифрування є у районах розвитку молодих вулканічних порід, що з четвертинної вулканічною діяльністю. Наприклад, покриви базальтів, що залягають більш древніх породах.

Особливо детально на аерознімках можуть бути оконтурені *лавові потоки* і лавові поля, пов'язані з діяльністю сучасних вулканів, що розташовуються на схилах вулканічних споруд та біля їхнього підніжжя, наприклад, лавові потоки на Камчатці або у Вірменії.

Істотною дешифрувальною ознакою є чітка, часто закономірно орієнтована тріщинуватість. Окремі напрямки тріщин можуть бути сильно розширені та розроблені процесами вивітрювання, тому можуть бути прийняті за розриви зі зміщеннями. Стародавні вулкани і деякі дешифруються за характерними витягнутими *овальним або «зірковим» формам* еруптивних тіл, що мають переважно більш темне забарвлення порівняно з оточуючими породами. У рельєфі вони утворюють підвищені чи знижені ділянки як окремих гір, пагорбів чи западин. Трубки вибуху (еруптивні тіла), заповнені щодо м'якими брекчіями магматичних порід, у рельєфі виражаються плоскими зниженнями, у яких відсутня чи майже відсутня деревна рослинність.

Зруйновані стародавні вулканічні будівлі дешифруються за *кільцевим планом* розташування окремих позитивних форм рельєфу чи річкової мережі, аномальному малюнку елементів рельєфу, що виділяється із загального плану тощо.

Ефузиви кислого та середнього складу. Лави кислого та середнього складів характеризуються значною в'язкістю і утворюють тіла невеликої протяжності, але значної потужності, що нагадують формою насипу або дамби з крутими укосами. Поверхня таких ефузійних тіл тріщинувата, горбиста, часто вкрита глибовими розсипами. Іноді кислі лави утворюють бані.

Ефузивні породи основного складу є продуктами рідких лав, що мають велику плинність, тому вони утворюють потоки і покриви невеликої потужності, що нерідко займають величезні площі. Поверхня таких тіл досить рівна, іноді зі слідами плинності лави, часто з чітко вираженою системою тріщин. Фототон темний. В ефузівах основного складу краще, ніж в інших породах, що вилилися, помітна шаруватість, обумовлена присутністю прошарків світлих туфів і мигдалекам'яних діабазів.

## 2.1 ДЕШИФРУВАННЯ МЕТАМОРФІЧНИХ ПОРІД

Метаморфічні породи за рівнем дешифрованості різко відрізняються одна від одної, що визначається стійкістю їх до процесів вивітрювання, забарвленням і приуроченістю до тих чи інших тектонічних структурам, де одні й самі породи утворюють різні форми рельєфу. Так, у межах стародавніх щитів на платформах для них характерний сплюснений, згладжений рельєф. У складчастих областях самі породи створюють різкі позитивні форми – гребені, уступи, гряди тощо.

Кристалічні сланці розпізнаються в оголених районах тонкосмугового малюнка зображення. Смугастість зазвичай відповідає первинній шаруватості. На великомасштабних аерокосмознімках метаморфічні сланці часто утворюють сітчастий малюнок, утворений первинною шаруватістю окремих пластів та кліважом.

У гірських районах з аридним кліматом для сланців характерні згладжені опуклі вододіли та порівняно пологі схили, порізані густою мережею дрібних ерозійних улоговин, розділені вузькими округлими або гостроверхими гребенями. Гідрогеографічна мережа, розвинена у площі виходу метаморфічних сланців, приурочена до дрібних долин, накладених на елементи розривної тектоніки *незграбний малюнок*.

Кварцити, залягають шарами серед метаморфічних сланців, що виділяються в рельєфі позитивними формами у вигляді гребенів, гряд, різких перегинів на схилах. Напрямок гряд і перегинів відповідає простяганню порід і чітко визначає форму складок. Світлозабарвлені кварцити мають світлий фототон.

Грядовий рельєф древніх кварцитів дозволяє відрізнити їхню відмінність від вторинних кварцитів, які характеризуються ізометричної чи неправильної формою тіл.

Гнейси на аерознімках по дешифрованості займають проміжне положення між метаморфічними сланцями та гранітами.

Смугасті гнейси, складені пачками шарів різного складу за виразністю в рельєфі та зображенні на аерознімках мало чим відрізняються від метаморфічних сланців. Масивні однорідні гнейси ні в рельєфі, ні з інших ознак не відрізняються від інтрузивних порід. У гірських районах гнейси, як і граніти, утворюють різкі скелясті форми, або, навпаки, утворюють м'які гольцеві форми, супроводжуючись великоглибовими розсипами.

Мармури мають на аерофотознімках світлий фототон. У гірських районах вони утворюють різкі форми рельєфу з асиметричними вододілами, крутими та стрімкими схилами. При перешаровуванні з іншими метаморфічними породами виявляються більш стійкими до процесів денудації і утворюють найвищі ділянки рельєфу у вигляді острівних гребенів, при горизонтальному або похилому заляганні складають плато, куести та інші форми.

Метаморфічні товщі вулканогенно-кремнистого складу характеризується темним фототонем та бугригим неорієнтованим рельєфом.

Якщо древні товщі оголені не більше високогір'я, їх дешифрованість різко погіршується, т.к. справжня шаруватість у них маскується тріщинами, розривами та лінійними елементами рельєфу.

### 3.1 ДЕШИФРУВАННЯ ОСАДОВИХ ПОРІД

#### 3.1 Піски.

Виходи на земну поверхню пісків (крім пустельних ландшафтів) досить рідкісні. Вони утворюють пологі та згладжені вододіли та схили долин. В умовах гарної оголеності піски та галечники виділяються світлим фототонном. Пласти пісків серед міцніших порід утворюють пологі ділянки схилів, на відміну від крутих скелястих. Крутизна схилів, складених пісками, визначається кутами природних укосів і перевищує 30-40°. Схили зазвичай оголені. У зв'язку з високою водопроникністю пісків ерозійна мережа розвинена слабо. Яви, що розвиваються тут, зазвичай широкі, з пологими схилами і чашоподібними верхів'ями, вони мають невелику протяжність і слабо розгалужені. На поверхнях згладжених вододілів, складених пісками, іноді спостерігаються сліди еолового перевіювання. На пісках часто розміщуються соснові бори, але в півночі лишайникові тундри.

#### 3.2 Глини.

Схили, складені глинами, також відносно пологі, але краще задерновані, ніж піщані.

Глинисті опади на розчленованих вододілах в *аридних* умовах утворюють складну мережу крутосхильних ярів і дрібних промоїн, що становлять в цілому своєрідний струменевий малюнок поверхні, що добре дешифрується на аерознімках. У складчастих районах, де пласти, складені глинами, перешаровуються з міцнішими осадовими породами, глинисті породи, як легко розмиваються, утворюють негативні форми рельєфу і є місцями закладення річкових долин, орієнтованих простягання товщі. Якщо річкові долини перетинають товщу порід, де поряд із міцними породами є глини, спостерігається викладання обох схилів долини в зоні розвитку глин.

У північних районах плоскі згладжені вододіли, складені глинами, зазвичай сильно заболочені.

При встановленні контактів між пластами глин та іншими породами слід звертати увагу на *виходи в покрівлі глин ґрунтових вод*, що дешифруються на аерознімках наявністю особливої, часто болотної рослинності, а також розвитком зсувів у породах, що перекривають глини.

У *лісовій зоні* до глини приурочені ялинові або дрібнолисно-ялинові ліси, а в південній її частині широколистяні.

Тон зображення зволжених поверхонь, складених глинами, на аерознімках залежить від ступеня їхнього зволоження. Сильно зволожені поверхні мають темний фототон (райони з вологим кліматом), слабо зволожені – світлий фототон (пустелі та інші райони із посушливим кліматом).

### **Глинисті сланці та аргіліти.**

Відрізняються від глин вищою міцністю, тобто. вищою опірністю процесам вивітрювання. Вони складають ділянки із сильно розчленованим рельєфом. Там виникають вузькі вододіли з крутими схилами. Будова ерозійної мережі визначається ухилом поверхні землі, умовами залягання порід та тріщинуватістю. При перешаровуванні глинистих сланців з конгломератами, пісковиками та карбонатними породами вони утворюють негативні форми рельєфу, до яких часто приурочений річковий стік. Дрібна тріщинуватість призводить до утворення щебеню, що становить потужні шлейфи осипів у підніжжя схилів.

### **Конгломерати, пісковики та алевроліти,**

Ці породи мають близькі дешифрувальні ознаки, тому розглядаються тут разом. У кожному окремому випадку є свої специфічні ознаки на аерознімках. Породи, пофарбовані в **яскраві кольори, добре оконтурюються на знімках за інтенсивністю фототону пластів, що перешаровуються.** Фізичні характеристики цих порід залежить від складу цементу. За особливостями цементації можуть змінюватися від майже несцементованих різниць до дуже міцних порід. Міцні їх різниці у складчастих областях зазвичай утворюють різкі форми рельєфу – гострокутні вершини, вузькі гребені, стрімкі схили. При горизонтальному чи слабонаклонном заляганні вони бронюють рельєф, формуючи столові гори, куести, останці та структурні плато з вирівняними поверхнями та крутими схилами. Слабкі за міцністю різниці утворюють у рельєфі м'якіші позитивні форми – плоскі, хвилясті чи овалисто-горбисті поверхні з різними по крутості схилами. Породи зазвичай розділені тріщинами на блоки. Тріщинуватість успадковується ерозійною мережею – річковими долинами, ярами з характерними прямолінійними відрізками,

При перешаровуванні пісковиків з менш міцними породами по перших утворюються карнизи, уступи, гряди. Часто напрямок цих елементів підкреслюється рослинністю.

Конгломерати в районах сильно розчленованого рельєфу часто утворюють *химерні за формою скелясті оголення та ланцюжки останців.*

Загалом конгломерати, пісковики та алевроліти досить впевнено дешифруються на аерознімках – без підрозділу на окремі різниці, але у ряді випадків їх *важко відрізнити від вапняків та доломітів,* що мають тріщинуватість і складові подібні форми рельєфу.

### **Вапняки, доломіти та мергелі**

На аерознімках чітко виділяються світлим фототоном (якщо не мають природного темного забарвлення та не вкриті лишайниками). Ці породи погано вивітрюються, тому утворюють вузькі вододіли та вертикальні схили. Річкові долини, вироблені у вапняках та доломітах, зазвичай мають форму каньйонів. Горизонтально і порожнисті карбонатні породи можуть забронювати рельєф,

утворюючи столові гори, куести і структурні плато з крутими стрімкими схилами. На площах поширення карбонатних порід часто утворюються округлі та овальні форми поверхневого карсту. Характерні блокові зсуви. Річкова мережа зазвичай має ортогональний малюнок і відповідає напрямку тріщинуватості. На схилах, складених породами різного складу, що перешаровуються, карбонати виділяються світлим тоном і часто служать маркуючими горизонтами.

Шаруватість осадових порід на знімках передається чергуванням тонів різної щільності та чіткість її залежить від природного забарвлення порід, їх фізичних властивостей, рельєфу та рослинності. При рівнинному рельєфі на значній площі може бути оголений той самий шар. На знімках у разі відзначаються монотонні поля, позбавлені шаруватості. При розчленованому рельєфі межі між шарами матимуть складний малюнок, що окреслює основні форми рельєфу. Виходи карбонатних порід, перекриті лише ґрунтовим шаром або малопотужними супісками та суглинками на аерознімках фіксуються білястими плямами, т.к. четвертинні утворення, що лежать на поверхні, насичені щебенем і брилами карбонатних порід. У заліснених та степових районах рослинність тісно пов'язана зі складом корінних порід. На сильно вапняних ґрунтах деревна та трав'яниста рослинність стає рідкісною або зникає зовсім, її місце займають чагарники, що надають зображенню карбонатних порід на знімках смугоподібну та плямисту текстуру. Контакти карбонатних порід з іншими менш проникними породами часто фіксується виходами ґрунтових вод, які чітко спостерігаються на знімках за присутністю заболочених ділянок і зміною рослинного покриву.

Мергелі дешифруються найважче. Вапняні різниці мергелів нагадують за дешифрувальними ознаками плитчасті вапняки, глинисті різниці-аргіліти та глинисті сланці.

**Тема 8. Дешифрування найновітнішого континентального покрову. Визначення по аерокосмічним даним сучасних відкладів (елювій, делювій, пролювій, колювій, алювій, дельтові, озерні, льодовикові, флювіогляціальні, еолові, гравітаційні відклади). Карстові форми рельєфу.**

## **ДЕШИФРУВАННЯ НОВОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ПОКРОВА**

Осадові породи молодого (переважно четвертинного) віку тісно пов'язані з особливостями сучасного рельєфу. Тому їх дешифрування потребує певних знань геоморфології, що особливо відносяться до форм рельєфу та їх генезис.

### **Елювій.**

На вододілах, де основним рельєф оутворюючим фактором є денудація гірських порід під впливом фізичного або хімічного вивітрювання при незначному прояві водно-ерозійних процесів, на аерофотознімках оконтурюються площі, зайняті елювієм. Накопичення елювію має місце на поверхні слабо розчленованих вододілів головним чином пустельної та напівпустельної зон, а також у гірських районах.

Вододіли добре дешифруються в морфологічному відношенні, але не завжди можна виявити та оконтурити елювіальні утворення. Пухкий дрібнозернистий чи глинистий елювій дешифрується лише умовах відмінної оголеності, тобто. у пустельному та напівпустельному кліматі. У більшості інших районів елювій, будучи прихований ґрунтовим і рослинним покривом, іноді дешифрується за допомогою непрямих ознак – а саме особливих форм мікрорельєфу чи приуроченості до елювію певної рослинності. Яскраво забарвлені кори хімічного вивітрювання дешифруються за неправильною дрібноплямистою текстурою. У гірських районах на плоских вододілах шляхом морозного вивітрювання утворюються поля глибових і щебених розсипів, що досить добре дешифруються на аерознімках по нерівній плямистій та точковій текстурі.

У тайговій зоні глибові елювіальні розсипи виділяються серед рослинності світлим фототоном завдяки білим лишайникам, що покривають розсипи.

В умовах Крайньої Півночі на корінних породах, покритих елювієм утворюється своєрідні утворення – кам'яні багатокутники, кільця, вінки на грубому елювії та плями-медальйони на більш дрібноуламковому матеріалі. Фрагменти рослинності розташовані за межами таких фігур. У зв'язку з невеликими розмірами (2-3 м) навіть на великомасштабних аерознімках окремі фігури не виявляються, але їх нерівномірний розподіл надає зображенню своєрідний дрібноплястий малюнок.

У лісовій зоні елювіальні відклади перекрыті ґрунтовим та рослинним покривом і оголюються лише в межах ерозійних врізів. Винятком є щебенисті



та брилові розсипи, які найчастіше оголені або покриті лишайниками, рідким деревостоем і на знімках зображуються плямами світлого тону, іноді із зернистою текстурою.

Добре дешифруються елювіальні утворення у степовій та лісостеповій зонах, де вони перекриті різним за потужністю ґрунтово-рослинним покривом. Глибовий і щербистий елювій, на якому ґрунт майже відсутній, а рослинний покрив рідкісний, на знімках мають дуже світлий фототон. Більш дрібноуламковий піщано-глинистий елювій перекритий досить потужним гумусованим ґрунтовим шаром і щільним трав'янистим покривом на знімках має темніший фототон.

Елювій карбонатних порід (вапняків, доломітів, мергелів та ін) на знімках характеризуються дуже світлим фототонем. Коли на товщі елювію сформовані дерново-карбонатні утворення або карбонатно-чорноземні товщі, то вони відзначаються темнішим тоном.

Зображення на знімках поверхонь, покритих елювієм, також залежить від залягання корінних порід. При горизонтальному заляганні воно має здебільшого монотонну чи плямисту текстуру, а при похилому чи порушеному різними дислокаціями – смугасту. Смугастість визначається не тільки різним кольором порід, але і їх міцністю. Міцні породи утворюють своєрідні мікроформи рельєфу типу гребенів, а слабкі – улоговинки, в яких накопичується дрібноуламковий матеріал, вони сильніше зволожені, на них багатша рослинність, тому для них характерний темніший фототон, ніж на гребенях.

### **Делювій.**

Дешифрування делювіальних відкладів слід проводити, виходячи з генетичних умов його утворення (площинного змиву). Важливо встановити співвідношення між процесом вивітрювання та ерозією.

Якщо винесення зруйнованого матеріалу відбувається інтенсивніше, ніж вивітрювання, з'являються скелясті схили. При нормальному співвідношенні схил прагне прийняти стійкий профіль денудації - опуклий вгорі і увігнутий внизу - з невеликою прямолінійною ділянкою посередині. У нижніх частинах опуклого схилу швидкість руху делювію невелика, у результаті зменшується його потужність. На увігнутих схилах швидкість руху делювію зменшується зверху вниз і потужність відкладів значно більша, ніж на опуклій і прямолінійній ділянках схилу. Схили, вкриті делювієм, не можуть бути крутішими від кута природного укосу, який, залежно від низки умов, не перевищує 25-35°. Цей кут тим більше, чим більші і більш незграбні частинки зносного уламкового матеріалу.

Форму схилу необхідно враховувати під час оконтурювання делювію. Слід зазначити, що біля підніжжя схилу, де потужність відкладів найбільша, фототон темніший, ніж у нижніх ділянках опуклої частини схилу, де потужність делювію невелика. Фототон зображень залежить від ступеня розвитку

грунтового-рослинного покриву та коливається в широких межах – від світлого до темного.

### **Пролувій.**

Пролувіальні відклади утворюються в результаті змиву зі схилів елювіальних та делювіальних утворень тимчасовими потоками.

Часто в нижніх частинах схилів буває важко відокремити пролувіальні відклади від делювіальних (як у польових умовах, так і при дешифруванні), тому їх описують як делювіально-пролувіальні.

Пролувіальний матеріал виноситься за межі схилу, утворюючи характерні шлейфи порід, що поступово поширюються все далі від підніжжя схилу та перекривають долинні відклади.

На схилах, що розмиваються тимчасовими потоками, складених слабкими породами, розвиваються яри і балки, формуючи різні типи яружно-балкової мережі.

У періоди сильних дощів і сніготанення, потоки, що виникають, досягають величезної сили і виносять велику кількість не тільки дрібного, але і великоуламкового матеріалу - валуни і брили.

Такий потік при виході на рівнину або у велику річкову долину швидко втрачає свою силу і відкладає весь матеріал, що переноситься, у самого гирла у вигляді широкого конуса. Розміри конусів можуть бути від кількох десятків метрів до кількох кілометрів у поперечнику.

Розрізняють діючі, або активні пролувіальні конуси, процес наростання яких триває, і встановлені конуси, зростання яких припинилося. Контури пролувіальних конусів на знімку мають вигляд секторів, що спускаються в долини основних річок з бічних приток, з радіальним розташуванням висохлих або обводнених русел з рівною матовою поверхнею решти площі конуса. Деревна рослинність на поверхні такого конуса розвинена дуже слабо або відсутня. Постійного тальвегу нижче за конус не спостерігається.

Усталені конуси (стародавніші) немає слідів наростання. Русло водотоку по виході до основи схилу розташовується в нормальному ерозійному тальвезі осторонь конуса, або, врізавшись у нього, виходить за його межі, з'єднуючись з більшим водотоком. Поверхня конусів, що встановилися, зазвичай покрита лісом або травою. Контури таких конусів виражені який завжди чітко.

### **Алювій.**

Алювіальні відклади на аерознімках дешифруються чітко. У цьому встановлюються і геоморфологічні елементи річкових долин: русло, заплава, тераси, схили. Впевнено дешифруються річкові русла.

Безпосередньо до русла примикають мілини, галькові та щебеневі коси, низькі острови та незакріплені рослинністю береги. Прируслові алювіальні відклади різко відрізняються від ділянок світло-сірим або білим фототонном.

Заплави річок тягнуться смугами вздовж річкових русел. На аерознімках добре видно віяла блукання русла, а також стариці, контури яких підкреслюються лінійним розташуванням деревної та чагарникової рослинності. Річкових заплав вологої смуги властивий нерівномірний фототон від майже білого до чорного, обумовлений чергуванням піщано-галькових відкладів, позбавлених рослинності, з ділянками, покритими луками, болотами, чагарником і деревами. У південних районах заплави позбавлені рослинності і мають світлий фототон. У тайгових районах заплави річок покриті рідкісною деревною або чагарниковою рослинністю та виділяються світлим фототоном.

У ряді випадків на знімках можна виділити низьку та високу заплаву. Кордоном між ними найчастіше служить невеликий уступ у рельєфі.

Надзаплавні тераси обрамляють заплави у вигляді смуг різної ширини. Перша та друга тераси тягнуться зазвичай на значні відстані. Їх поверхня тією чи іншою мірою покрита трав'янистою, чагарниковою або деревною рослинністю і має нерівний фототон. У посушливих районах тераси позбавлені густої рослинності та мають рівний світлий фототон. Часто на поверхні низьких терас прокладено дороги. Якщо брівки терас виражені добре і обрамляються уступами, на брівках утворюються дрібні поперечні яри, що закінчуються конусами виносу.

Високі тераси зберігаються як фрагментів, вони перекриті делювіальним покривом, прорізані ярами і долинами бічних приток. На півночі Росії терасовані схили часто перекриті делювіально-соліфлюкційними утвореннями і ці схили в даному випадку переробляються на «терасоподібний» рельєф. Фрагменти високих терас можуть бути підняті або опущені щодо їхнього середнього рівня за рахунок неотектонічних або сучасних піднять та опускань.

### **Дельтові відклади.**

Дельтові відклади за складом, будовою та зображенням на знімках багато в чому нагадують алювіальні утворення. Найбільш легко дешифруються сучасні дельти - низовинні поверхні, що далеко вдаються в море і прорізані численними руслами, що розходяться віялом, протоками. Поверхня дельтових відкладів оголена або вкрита рідким рослинним покривом.

Будова стародавніх дельт залежить від кліматичного стану. У зоні тундрів поверхня їх значно перероблена мерзлотними процесами, покрита полігонально-валиковими та іншими подібними утвореннями та численними термокарстовими озерами. У зоні пустель, де дельтові відклади представлені тонкими піщано-глинистими породами, позначається вплив еолових процесів. Тут вони часто зібрані в гряди, які повторюють контури стародавніх русел, де збереглося підвищене зволоження пісків. Якщо дельти складені галечниками, то первинні форми рельєфу часто зберігаються тривалий час, незважаючи на вплив еолових та інших вторинних процесів. До стародавніх дельтів у зоні пустель часто приурочені токири та солончаки.

### **Озерні відклади.**

Озерні відклади часто зустрічаються на приморських низовинах, а також у лісовій зоні в районах поширення льодовикових відкладів, де вони приурочені до сучасних та стародавніх озерних улоговин. В основному вони представлені пісками, на яких люблять розміщуватись соснові бори. Дешифрувальними ознаками озерних відкладів є світлий фототон, присвячений замкнутим пониженням, обмеженими абразивними уступами, а також соснова деревина.

Найважче дешифруються озерні відклади у зоні тундри, т.к. їхня поверхня змінена вторинними мерзлотними процесами і тому практично не відрізняється від поверхні алювіальних або озерно-алювіальних терас. У зоні пустель та напівпустель поверхня озерних відкладів зазвичай покрита солончаками.

### **Еолові відклади**

Дешифруються легко. У більшості районів еолові піски виникають на поверхні древніх алювіальних та озерних відкладів, рідше на флювіогляціальних та пролювіальних накопиченнях.

Крім світлого монотонно-точкового або ніздрюватого забарвлення, на поверхні еолових відкладів майже завжди розрізняються пагорби, гряди, струмені, дюни і бархани, орієнтовані вздовж або впоперек панівного напрямку вітрів. Точкова та плямиста структура забарвлення обумовлена куцистим або острівним розташуванням рослинності.

У лісостеповій смузі еолові відклади можуть бути закріплені сосновим лісом, який у тій чи іншій формі відбиває бугристу поверхню пісків і нерідко утворює правильний малюнок, що нагадує застигли хвилі.

З еоловими утвореннями просторово асоціюють знижені плоскі простори, покриті глинами – токири. Навесні такири заливаються водою, при висиханні її залишаються рівні світло-сірі поверхні, що покривають у посуху полігональними та лінійними тріщинами. У напівпустелях на токірах часто залишаються кірки білої солі.

### **Льодовикові відклади.**

Широко поширені у північній половині Східно-Європейської рівнини, що виникли при багаторазовому континентальному заледеніння. До льодовикових відкладів відносяться основні та кінцеві морени, флювіогляціальні відклади та озерно-льодовикові утворення.

Основні морени дніпровського, московського, калінінського та залишківського зледенінь складають великі морені рівнини. Найбільш чітко основні морени дешифруються в районах розвитку пізньочетвертинних калінінського та залишківського заледенінь, де збереглися первинні форми льодовикового рельєфу. Основними типами рельєфу, що сформувалися на основних моренах, є хвилясті і порожнисті горбисті рівнини. Хвилясті рівнини є безладне чергування пологих підвищень з плоскими, часто заболоченими зниженнями. Відносні перевищення трохи більше 5-6 м. Горбисті рівнини

мають різкіші форми рельєфу. Пагорби мають ізометричні або слабо витягнуті контури, висота їх 5-25 м, розміри в плані коливаються від десятків метрів до кількох кілометрів. Ерозійне розчленування рельєфу незначне. Деревна рослинність на основних моренах майже повністю знищена (70-80% території зайняті сільгоспугіддями), але фрагменти лісів, що залишилися, дозволяють встановити чітку закономірність у їх розміщенні: на вершинах і схилах пагорбів, де існує поверхневий стік, ростуть, в основному, ялиново-дрібнолистяні ліси; в нижніх частинах схилів і в пониженнях між пагорбами – дрібнолисті з домішкою вільхи, а в найбільш зволжених місцях – чисті вільхи, що часто переходять у болота.

Породи, що складають основні морени, представлені валунними суглинками, валунними супісками, рідше - валунними пісками і можуть відрізнятися фототонном на відкритих поверхнях. Текстура зображення морени дрібно-середньо-або крупномозаїчна (залежно від розміру пагорбів і гряд) зі згладженими контурами окремих контурів.

У областях поширення московського зледеніння льодовиковий рельєф зберігся гірше. Вершини пагорбів тут ще згладжені, зниження більшою мірою заповнені продуктами зносу, тобто. рельєф має більш викладений характер із перевищеннями 5-10 м. У пониженнях місцями розташовані болота та озера. Склад морени тут переважно глинистий: валунні супіски, суглинки та глини. З поверхні морена перекрита майже скрізь безвалунними покривними суглинками потужністю від десятків см до 5-7 м. Дешифрувальні ознаки майже ті ж, що й для морен пізньочетвертинних зледенінь. Це темний фототон, хвилястий і пологий горбистий рельєф, високий ступінь вивченості території, переважання ялиново-дрібнолистяних лісів.

Найбільш сильно перероблено рельєф у межах дніпровського заледеніння. Основна морена тут майже по всій площі перекрита флювіогляціальними та покривними відкладами, тому результати дешифрування мало надійні. Дешифрувальні ознаки тут ті ж, що в області московського заледеніння, тільки ялинові ліси заміщаються широколистяними.

Кінцеві морени відрізняються від донної формами рельєфу, а саме пагорбами та грядами висотою 25-30 м і більше, розташованими смугою впоперек руху льодовика. Пагорби в основному овальні або куполоподібні зі згладженими сплюсненими вершинами. Зниження між пагорбами та грядами слабовогнуті, замкнуті, часто зайняті вузькими болотами та озерами. Склад порід строкатий – валуники, гравійно-галькові відклади, піски, валунні суглинки та супіски. Всі ці породи досить безладно переходять одна в одну як по вертикалі, так і по горизонталі. Тому тон зображення відкладів кінцевих морен відрізняється строкатістю, як і склад рослинності, що покриває їх: ялинові, соснові, змішані ліси. Населені пункти знаходяться, як правило, на вершинах пагорбів та гряд,

### **Флювіогляціальні відклади**

складають великі зандрові поля, складені пісками, високі тераси в долинах річок (долинні зандри і ози), являють собою грядоподібні височини - що виникли при акумуляції.

Для зандрових полів характерний вирівняний плоский рельєф. Відносні перевищення не перевищують 10 м, а ухили поверхні – перші градуси. Ерозійне розчленування дуже слабке. Струмки та дрібні річки течуть у вузьких неглибоких долинах. У улоговинах стоку і плоских вододілах розташовуються болота (особливо у північних районах). Зандрові рівнини вкриті великими лісами, переважно сосновими борами. Сільськогосподарське освоєння таких рівнин дуже слабке: невеликі площею поля розкидані серед лісових масивів. Населені пункти та дорожня мережа рідкісні. Текстура зображення зандрових відкладів неясно мозаїчна, обумовлена зміною лісового покриву різного складу та віку.

Долинні зандри присвячені високим терасам річкових долин. Їм притаманні ті ж дешифрувальні ознаки, що і майданним зандрам. Від давніх алювіальних відкладів вони відрізняються лише за складом і розмежувати ті та інші можна лише наземними спостереженнями.

Ози є вузькими звивистими грядами висотою 10-30 м і довжиною від перших до 30-40 км. Ширина гребенів від кількох метрів до 25-30м, крутість схилів 10-40<sup>0</sup>. Ози складені різними породами: валунниками, галечниками, стрічковими глинами з переважанням пісків, тому їхня поверхня найчастіше вкрита сосновими лісами. Своєрідна форма, склад деревостою дозволяють легко виділити ози на знімках різного масштабу.

### **Озерно-льодовикові відклади**

представлені камами та озерними утвореннями, що виникли перед фронтом льодовика в період його відступу. Широко розвинені північному заході Російської плити.

Ками утворюють у рельєфі невисокі пагорби, що іноді зливаються в гряди. Висота пагорбів 5-20м, крутість схилу 10-30<sup>0</sup>. Найчастіше ками перекривають основну морену, і поверхня останньої оголюється між пагорбами. Склад порід, що становлять ками, представлений піщано-глинистими озерними відкладами, іноді перекритими валунними супісками та суглинками. На камах ростуть дрібнолисті ліси з сосною, рідше - з ялиною, біля їхнього підніжжя - також дрібнолисті ліси з вільхою або чистий вільха. Текстура зображення в місцях розвитку камів є безладним чергуванням округлих і подовжених плям різного відтінку сірого кольору.

Озерно-льодовикові відклади пізно- та післяльодовикового віку виконують озерні западини та відрізняються від вищеописаних. У рельєфі це знижені ділянки із плоскою поверхнею. Складено стрічковими глинами або дрібнозернистими пісками, які з поверхні часто перекриті малопотужним шаром торфу. Це проявляється у малюнку фотозображення, який відрізняється строкатістю фототону (великозаїчна текстура) та особливістю рослинності. По

краях западини, на відносно підвищених ділянках ростуть соснові та сосново-дрібнолисті ліси, а в пониженнях – дрібнолисно-вільхові, невеликі озера та болота.

### Гравітаційні утворення.

На схилах долин і окремих височин добре дешифруються різні гравітаційні утворення, що виникають в результаті переміщення елювіально-делювіальних мас, а також окремих ділянок корінних порід вниз схилом під впливом сили тяжіння. До таких утворень відносяться спливини, зсуви зриву, обвали, а також широко поширені в горах кам'яні осипи та розсипи.

Опливини виникають головним чином в результаті соліфлюкції під впливом відтавання верхнього шару мерзлоти. Зазвичай вони є масою розрідженого делювію, що сповзає по схилу або по улоговинах у вигляді потоку бруду, змішаної з уламками корінних порід і перекриває алювіальні відклади в долинах. Сповзаюча перезволожена маса порід нерідко утворює складки, що супроводжуються гребенями та пагорбами. На аерознімках ці складки мають вигнуті контури, орієнтовані опуклістю у бік сповзання спливини. На аерознімках свіжі спливи мають мовноподібну форму, світло-сірий фототон і не вкриті рослинністю.

Зсуви зриву спостерігаються на крутих гірських схилах. На ділянках схилу зі сповзаючим ділювієм оголюються корінні породи, а нижче по схилу - делювій, що сповз, у вигляді бугристої тераси. На недавнє походження такого зсуву вказує на відсутність деревного покриву як на оголеній частині схилу, так і на переміщеному делювії. Такі зсуви часто спостерігаються в районах, схильних до землетрусів. Голі в результаті зсуву корінні породи, як правило, мають світліший фототон у порівнянні з непорушеними задернованими схилами. Якщо зсув досягає русла річки, то породи, що сповзли, змішуючись з водами річки, утворюють в долинах річок великі грязьові потоки звані «селями»

Обвали є швидке переміщення уламкового матеріалу з крутих схилів до їх підніжжя в долинах або більш пологі ділянки схилів. Великі обвали добре дешифруються на аерознімках.

Осипи розвиваються на крутих схилах під скелястими виступами і зазвичай витягнуті смугами вниз схилом у вигляді своєрідних кам'яних потоків. Поблизу підніжжя осипу набувають форми конуса з вершиною, зверненої вгору схилом. У разі частого і значного розвитку осипів, всі конуси біля підніжжя схилу зливаються в суцільний колювіальний шлейф, що набуває терасоподібного вигляду. Активні осипи позбавлені деревної рослинності, виділяються характерним малюнком і світлішим фототоном, порівняно з рештою схилу.

Крім осипів, що активно розвиваються, у ряді випадків спостерігається повільне сповзання осипів до підніжжя схилу, де і відбувається їх акумуляція.

### **Карстові форми рельєфу**

утворюються в районах, складених карбонатними та гіпсоносними породами. На аерознімках карстові форми дешифруються з великою детальністю. Ці форми являють собою різної форми та розмірів карстові воронки, іноді заповнені водою, кари, карстові западини, сліпі ділянки річкових долин із раптовим зникненням водного потоку.

У рівнинних районах, складених пухкими осадовими породами, що містять у своєму складі багато розчинних солей, при їх вилуговуванні поверхневими або ґрунтовими водами також розвиваються своєрідні карстові явища. При цьому на поверхні утворюються плоскі різних розмірів округлі та овальні зниження, навесні тимчасово перетворюються на дрібні озера.



## **Тема 9.Аерокосмічні методи пошуку родовищ корисних копалин**

Використання матеріалів дистанційного зондування при прогнозі та пошуку корисних копалин. Аерокосмічні методи пошуку нафти, газу, кам'яного та бурого вугілля, горючих сланців та торфу. Дистанційні методи пошуку металічних корисних копалин. Дистанційне прогнозування нерудних корисних копалин (мел, мергель, вапняків, піску, глини тощо).

### **Аерокосмічні методи пошуку родовищ корисних копалин**

#### **1. При інженерно-геологічних та гідрогеологічних дослідженнях:**

- залізничні та шосейні дослідження на всіх їх стадіях,
- щодо водосховищ, будівництва гребель, спрямування русел річок, проектування портів,
- а також весь комплекс пошуків, пов'язаних із осушенням чи обводненням земель.

Цінність застосування космічної інформації в гідрогеологічних дослідженнях полягає в тому, що обробка МДЗ допомагає досліднику встановлювати розташування структурних (плікативних і диз'юнктивних) форм, які можуть впливати на динаміку підземних вод.

При гідрогеологічних дослідженнях матеріали космічних зйомок можуть знайти застосування під час вирішення наступних завдань: *вивчення регіональних закономірностей поширення підземних вод; дрібно- та середньомасштабне гідрогеологічне картування та районування; дослідження умов формування поверхневого та підземного стоку та оцінці взаємозв'язку поверхневих та підземних вод.*

В даний час КС широко використовується як при загальних, так і детальних пошуках *підземних вод річкових долин, піщаних масивів, обводнених зон розривних порушень та підвищеної тріщинуватості гірських порід, конусів виносу та областей розвитку карсту.*

Гідроіндикація підземних вод, що неглибоко залягають, активно впливають на формування властивостей фізіономічних компонентів ландшафту, визначається найчастіше глибиною проникнення кореневої системи рослин-гідроіндикаторів. Дешифрування тут ґрунтуватиметься на відносно добре розроблених системах геоботанічних, геоморфологічних та комплексних ландшафтних індикаторів. Наприклад: у посушливих районах зарості джанатаку, тамариску, саксаулу, тростини та ін. рослин локалізовані над покладами прісних або солонуватих вод, що залягають на глибині 1,5-10 м.

Це суттєво ускладнює процес дешифрування та його достовірність. Досвід свідчить, однак, про те, що використання КС та АС виявляється корисним при вирішенні принаймні трьох важливих гідрогеологічних завдань: а) регіональне гідрогеологічне вивчення території (гідрогеологічні зйомки дрібного та середнього масштабу); б) пошуки підземних вод у зонах поширення вічної мерзлоти, пустель та деяких інших регіонах зі складними природними умовами; в) спостереження за змінами гідрогеологічних умов

(глибини залягання, мінералізації ґрунтових вод при здійсненні меліорацій, будівництві каналів, водосховищ та інших гідротехнічних споруд.

## **2. при пошуках рудних корисних копалин:**

При пошуку корисних копалин одним з основних об'єктів дешифрування **є лінеаменти та лінеаментні зони.**

Вивчення металогенії новітніх і сучасних розсувних і зсувних дислокацій і лінеаментних систем, що активно живуть, призвело до відкриття нових родовищ **Au, Ag, Cu, Zn, Pb, Mo** та ін. Такі системи дислокацій виявлені щодо матеріалів МДЗ в Забайкаллі, на Сибірській платформі,

Такі вузли нерідко супроводжуються кільцевими розломами, у сегментах перетину яких зосереджені найінтенсивніші прояви магматичних та гідротермальних процесів. Це райони аномально високої роздробленості та проникності земної кори добре дешифруються на КС.

На закономірну приуроченість великих родовищ міді Південного Уралу до вузлів перетину мережі розломів вказав С.С.Шульц. На Уралі встановлені різновікові сітки лінеаментів, накладені одна на одну. Це – ВСВ та ЗСЗ-ні та лінеаменти ортогонального орієнтування. Такі родовища як Сібай, Блява, Гай та Пріорське приурочені до вузлів мережі ортогональних лінеаментів.

Е.І.Кутирьов та Д.В. Рундквіст встановили еквідистантність (крок повторюваності), що дорівнює 90-100 км для лінеаментів широтного простягання, які є рудоконтролюючими розломами.

Виявлення зв'язку рудного об'єкта з певними лінеаменами та лінеаментними зонами дозволяє розширити площі пошуку в межах цієї зони. Однак один і той же лінеамент на всьому своєму протязі зазвичай має різну глибину закладення і перетинає різні структурні зони, тому виявлення конкретного рудного об'єкта в його межах не дає підстав для судження про рудну спеціалізацію всього лінеаменту або лінеаментної зони, т.к. можливі джерела флюїдів та їх взаємодія з геологічним середовищем різні протягом усього лінеаменту.

Найбільший інтерес має магматичні структури – інтрузії різного складу, вулканічні та субвулканічні ізометричні тіла. Наприклад, дослідженнями І. Н. Томсона та його колег на Сихоте-Аліні виявлено важливу роль великих магматогенних кільцевих структур у регіональному та локальному металогенічному прогнозі. У південній частині Сихоте-Аліня встановлено зональність у розподілі оруднення всередині та на периферії великих магматогенних структур. У ядрах Бікінської, Середньо- та Південно-Сихотеалінських структур локалізується оловорудне касстерит-силікатно-сульфідне оруднення. Навколо ядер розташовуються кільцеві та дугові зони поліметалічного свинцево-цинкового (в Бікінській) та мідно-порфірового оруднення, а по периферії – кільцеві зони ртутного оруднення, приурочені до найбільш глибоко проникаючих розломів зовнішніх концентрів кільцевих структур.

Ці структури ускладнені радіальними та кільцевими розломами, що створюють секторіальні та кільцеві блоки, що відіграють важливу роль у розподілі інтенсивності оруднення.

Одним із процесів, що формують рудні родовища, є вулканізм. Вивчення космічних знімків вулканічних областей над сучасними та давніми зонами субдукції разом із геодинамічною та петрографічною інформацією дозволило виявити родовища свинцево-цинково-мідних масивних руд, мідно-цинкових у низці регіонів світу у т.ч. та у Росії.

Цікаві в природно-мінералогічному відношенні нуклеари та метаморфогенні кільцеві структури. Вони є найбільшими кільцевими структурами і містять ряд родовищ корисних копалин, нерідко генетично з ними пов'язаних. Периферичні частини цих структур відрізняються найбільшою мобільністю, роздробленістю та проникністю. До них приурочені зеленокам'яні пояси, в яких виявлено найбільшу кількість родовищ заліза, кобальту та нікелю. З метаморфогенними кільцевими структурами асоціюють докембрійські родовища заліза, титаномagnetиту, мідно-нікелевих руд, апатиту, флогопіту, що розташовуються по периферії гнейсових складчастих овалів у зонах глибокого метаморфізму.

Нерідко на АС впевнено дешифруються поховані долини щодо темного фототону. З такими долинами можуть бути пов'язані поховані розсипи. АС, зокрема, радіолокаційні використовують при пошуках кімберлітових тіл. І.Б.Антонова на Східно-Європейській платформі встановила, що трубки вибуху локалізуються у вузлах перетину розломів певного орієнтування, що утворюють дві решітки та відрізняються аномальними радіально-променистими та зонально-концентричними зображеннями на знімках.

### ***3. при пошуках родовища нафти та газу:***

При пошуках нафти та газу основними об'єктами дешифрування на КС є лінеamenti та кільцеві структури. Встановлено, що нафтогазоносні структури у багатьох нафтоносних басейнах контролюються регіональними розломами чи вузлами їхнього перетину.

Д.И.Дмитриева і Д.М.Трофимов встановили, що виявлені межах Волго-Уральської нафтогазоносної провінції лінеamenti грають роль розривних обмежень нафтогазоносних структур доплитного і плитного комплексів. Окремі виступи, прогини та западини у рельєфі фундаменту, які не виявляються у структурних ярусах, що лежать вище, добре дешифруються на КС.

У Туранській провінції виявлено зв'язок родовищ нафти і газу з регіональними зонами, що відрізняються підвищеною неотектонічною активністю, встановлені великі поперечні зони підняття, невідомі раніше. Встановлено також, що сітка лінеamentів на КС контролює розподіл структур та зон тріщинуватості. Близько 70% локальних структур, перспективних на пошуки нафти та газу, присвячені зонам регіональних розломів.

Відомо, що з нафтогазононакопичення найбільш сприятливі лінійні зони порушень. Такі зони як лінеаментів добре проявляються на КС.

А.В.Тевелєв, який вивчав КС Паміро-Алтаю, встановив лінійні зони СЗ простягання, що розташовуються хрест складчастої структури та контролюють області активного нафтогазононакопичення ПЗ Гіссара та Таджикицької депресії. Половина відомих родовищ регіону виявилася приуроченою до Алакютанського лінеаменту. Регіональні лінійні зони СЗ простягання виділені як перспективні для пошуків пасток.

На МДЗ геологічно закритих територій ландшафтними індикаторами виявляються локальні кільцеві структури. Зіставлення віддешифрованих локальних структур із «фотопортретами» відомих нафтогазоносних структур дозволяє за схожістю фотозображення виявити серед них найперспективніші на виявлення нафти та газу та постановки пошукових робіт.

Численні дослідження показали, що віддешифровані об'єкти можуть повністю відповідати нафтогазоносній структурі або бути значно більшими за останню за розміром, а родовища виявляються приуроченими до периферії об'єкта.

## **ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АЕРОКОСМІЧНИХ ЗАСОБІВ ДЛЯ ПРЯМОГО ПОШУКУ КОРИСНИХ КОПАЛЬНИХ**

Прямі методи пошуку корисних копалин, що розробляються в даний час, засновані, по-перше, на виявленні *мікрівміст елементів* або їх сполук в атмосфері, і, по-друге, виявлення теплових аномалій, пов'язаних з родовищами вуглеводнів і сульфідів.

Над родовищами вуглеводнів потік тепла, зумовлений *життєдіяльністю бактерій*, виходить на поверхню, утворюючи аномалії зпідвищений тепловий фон. Ці «теплі структури» за допомогою високочутливих датчиків можна виявити в інфрачервоному та радіотепловому діапазонах із літальних апаратів. Цей принцип використовують і при пошуку сульфідних родовищ.

Метод виявлення мікрівміст елементів в атмосфері отримав назву лідарної спектроскопії. Спектрометрична зйомка, зазвичай проводиться в комплексі з інфрачервоною та радіотепловою зйомками. На літальному апараті встановлюють імпульсне джерело випромінювання (лазер) та приймальний пристрій для аналізу спектрального складу розсіяного (або поглиненого) досліджуваним речовиною випромінювання. Ці пристрої називаються лідерами.

Вузкозональна зйомка (кожен канал із шести відсікає діапазон 10 нм). Методика 15-18 років тому перебувала у стадії розробки (Трофимов та ін. Виявлено одне родовище міді (на Кавказі?). Рослини, що мешкають на території родовища, наприклад міді, містять у листі також підвищений вміст міді. На матеріалах літакових зйомок ділянки такої рослинності виглядають аномаліями (фототону, кольори та характеризуються іншими індикаторами).

## **Тема 10. Аерокосмічний моніторинг геологічної середи.**

Дистанційні еколого-геологічні дослідження. Об'єкти аерокосмічного моніторингу природних систем: глибина залягання ґрунтових вод, зсуви, обвалу, заболочування, засолення, карст, суфозії. Дистанційний моніторинг техногенних систем: контроль за відкритою розробкою місцевостей, підтоплення підземними водами, будівництвом та експлуатацією інженерних споруд. Комплексне використання даних аерокосмічних та контактних методів для локалізації підтоплених зон.

### **Аерокосмічний моніторинг геологічного середовища**

В даний час проводять десятки видів моніторингу: екологічний, геологічний та ін. Моніторинг - це проведення періодичних спостережень за результатами впливу суспільства на навколишнє середовище з подальшим проведенням заходів щодо охорони навколишнього середовища.

В основі геологічного моніторингу лежить отримання, обробка та доведення до споживача інформації за результатами моніторингу. Геологічний моніторинг природного середовища неможливий без широкого застосування матеріалів космічних зйомок та аерофотозйомок, що проводяться з певною періодичністю, та обробкою матеріалів цих зйомок спільно з наземними спостереженнями, отриманими раніше або одночасно з матеріалами тематичного картографування.

Під аерокосмічним моніторингом геологічного середовища розуміється система періодичних дистанційних спостережень за станом геологічного середовища, зміна її у просторі та часі під впливом природних та техногенних факторів.

Геологічне середовище – це верхня частина літосфери, яка під впливом людини.

Об'єктами аерокосмічного моніторингу геологічного середовища є її частини, що змінюються, які безпосередньо або опосередковано відбиваються на МДЗ.

До них відносяться:

1. природні зміни;
2. Глибина залягання ґрунтових вод;
3. Зсуви та обвали;
4. Заболочування;
5. Засолення;
6. Карст;
7. Суфозії;
8. Пучення;
9. Термокарст;
10. Полоди і т.д.

### Техногенні зміни середовища:

1. Переробка берегів водосховищ;

1. Заболочування;
2. Засолення;
3. Техногенний карст;
4. Вирубка лісу;
5. Пучення;
6. Об'єкти будівництва:
  - а) водосховища;
  - б) завдання та споруди;
  - в) кар'єри та підземні гірничі виробки;
  - г) дороги (залізниці, шосе тощо);
  - д) меліоративні системи та ін.

Особлива увага приділяється ступеню забруднення атмосфери, поверхневих та підземних вод з виявленням концентрацій вмісту шкідливих речовин.

У початкову стадію роботи з аерокосмічного моніторингу необхідно вирішити такі питання:

1. Постановка задачі та визначення кола проблем, які треба вирішити;
  1. Ознайомлення з відомими знаннями у цій галузі та аналіз екологічної ситуації в регіоні;
  2. Постановка дослідних робіт на вибраних ділянках;
  3. АК-моніторинг проводиться на полігонах: спочатку на дослідно-методичних, а відтак і виробничих;
  4. Обробка та інтерпретація отриманої первинної інформації, перетворення її до форми, зручної для геологічної інтерпретації;
  5. Узагальнення отриманої інформації з отриманими відомостями.

До складу робіт на полігонах входять три види досліджень:

1. Аерозйомка та космічні зйомки.
  1. Наземні польові дослідження.
  2. Камеральна обробка одержаних матеріалів.

## 2. Наземні польові дослідження.

За часом проведення щодо наземних спостережень дистанційні зйомки поділяються на випереджаючі, синхронні та контрольні.

а) Випереджаючі – проводяться вибору виду зйомок, масштабу, періодичності (добу чи сезону). У різні сезони вимірюються різні параметри наземних об'єктів: температура, вологість, рослинність тощо. Під час проведення ІЧ-зйомок ці вимірювання проводяться й у час доби.

б) Синхронні – одночасно з наземними роботами для отримання додаткової інформації: вимірювання спектральних характеристик компонентів ландшафту, спостереження за змінами атмосфери, температури поверхневих шарів та ґрунту та ін.

в) Контрольні – для перевірки результатів дешифрування та підвищення достовірності його результатів.

2. Камеральні роботи. У них входять збір та аналіз інформації льотно-знімальних та наземних робіт. Ретроспективний аналіз – для відновлення динаміки геологічного середовища протягом останніх 10-20 років.

Під час проведення моніторингу дотримуються принципів:

Принцип періодичності – полягає у повторності дистанційних і наземних досліджень, що проводяться на полігоні. Періодичність зйомок визначається динамікою середовища. Залежно від мінливості середовища розрізняють повторні інтервали космічних зйомок:

- а) для районів із катастрофічними процесами – 1-3 рази на рік та частіше;
- б) сильнодинамічних – раз на 3-5 років;
- в) середньодинамічних – раз на 5-8 років;
- г) слабодинамічних – раз на 12-25 років.

Принцип послідовного наближення передбачає дослідження на трьох рівнях генералізації – регіональному, локальному та детальному.

На регіональному рівні використовуються матеріали космозйомок та дрібномасштабних аерофотознімків для випромінювання великих територій та виявлення змін середовища регіонального характеру.

Локальний рівень – покомпонентне дешифрування природно-техногенних систем, стеження проявом геологічних процесів та його інтенсивністю не більше обмежених територій. Використовуються середньомасштабні АС та матеріали нефотографічних зйомок.

Детальний рівень.

Передбачає вивчення конкретних параметрів стану та вимірювання геологічного середовища на полігонних майданчиках у десятки км.<sup>2</sup> у місцях активізації небезпечних геологічних процесів та осередках інтенсивного техногенного впливу. Масштаб досліджень 1:10000 і більший.

Результатами моніторингу є комплект карт та схем умов змін геологічного середовища та прогнозних карт. Ці результати є основою для складання банку даних та використовуються для побудови моделей зміни ландшафту, стану підземних вод тощо.

Заключним етапом досліджень є видача рекомендацій природокористувачу щодо ліквідації шкідливих наслідків на довкілля.

**Перелік питань до іспиту  
з курсу «Дистанційні методи в геології»**

1. Що таке космічна зйомка?
2. Які переваги та недоліки космозйомки?
3. Що таке аерозйомка?
4. Які переваги та недоліки аерофотозйомки?
5. Дайте характеристику оптичного діапазону електромагнітних хвиль. Які спектри в даному діапазоні виділяють?
6. Дайте характеристику тепловому та відбитому випромінюванню. На які спектральні діапазони підрозділяються електромагнітні хвилі в інтервалі 1-10 000 мм.
7. Який вплив на знімок має поглинання та розсіювання атмосферою?
8. Від яких факторів залежить освітленість земної поверхні ?
9. Охарактеризуйте основні види пасивної зйомки.
10. Охарактеризуйте основні види активної зйомки.
11. Чим відрізняються аналогові знімки від цифрових?
12. Що таке ПЗС-матриця та ПЗС-лінійка?
13. Яким чином отримується кольорове зображення з цифрових знімків?
14. Що таке радіометрична роздільна здатність? Як вона впливає на знімок.
15. Дайте визначення просторової здатності? Як класифікуються знімки по просторовій здатності?
16. Які супутники мають високу, дуже високу та надвисоку роздільну здатність.
17. При якому ступеню оглядовості за допомогою даних ДЗЗ можливо виділити Альпійсько-гімалайський складчастий пояс?
18. При якому ступеню оглядовості можливо вивчати покровний льодовик Гренландії за допомогою даних ДЗЗ?
19. При якому ступеню оглядовості можливо за даними ДЗЗ виділити основні геологічні структури Карпатської складчастої системи в межах України?
20. При якому ступеню оглядовості за даними ДЗЗ можна вивчати влк. Кіліманджаро?
21. Що таке орбіта штучного супутника Землі? Які форми орбіт існують та за допомогою якого закону можливо визначити їх форму?
22. Що таке сонячно-синхронна орбіта? Яка особливість у геостационарних та геосінхронних супутників.
23. Що таке головна оптична вісь? Які бувають фотоапарати по фокусній відстані?
24. Що таке планова та перспективна зйомка?
25. Чим площадна зйомка відрізняється від маршрутної та для вивчення яких об'єктів вони застосовуються?
26. Що таке перекриття знімків, яке види існують та навіщо використовуються?
27. Що таке базис фотографування, головна точка знімку та точка надиру?
28. Що таке тангаж літального апарату та до яких викривлень на знімку він призводить?
29. Що таке крен літального апарату та до яких викривлень на знімку він призводить?
30. Що таке ризання літального апарату та до яких викривлень на знімку він призводить?
31. Як впливає рельєф на зйомку? Що таке ефект візуальної зміни кутів падіння шарів?
32. Дайте характеристику викривленням на знімку пов'язаним з атмосферою, кривизною Землі, аерофотоапаратом?
33. Що таке дешифрування знімків?
34. Які існують прийоми дешифрування?
35. Що таке кількісне дешифрування?
36. Що таке якісне дешифрування?



37. Перерахуйте прямі дешифрувальні ознаки.
38. Як за формою об'єктів на знімку можливо визначити їх походження (природне чи техногенне)?
39. Тінь як дешифрувальна ознака та її види.
40. Що таке фототон та чим він відрізняється від кольору.
41. Що таке текстура (фотомалюнок) зображення?
42. Які непрямі дешифрувальні ознаки використовуються в геології?
43. На що можуть вказувати геоморфологічні ознаки?
44. Як рослинність на знімках може допомогти при геологічному дешифруванні?
45. На що можуть вказувати ґрунти та ступінь зволоження на знімках?
46. Які дешифрувальні ознаки мають шари, що залягають горизонтально?
47. Які дешифрувальні ознаки мають складчасті структури?
48. Як на знімку визначити синклінальну або антиклінальну складку?
49. Що таке лініменти? Як вони використовуються при геологічному дешифруванні?
50. Дешифрувальні ознаки кільцевих структур.
51. Як на знімку відрізнити інтрузивні та ефузивні форми?
52. Дешифрувальні ознаки інтрузивних порід різного складу?
53. Дешифрувальні ознаки ефузивних порід?
54. Дешифрувальні ознаки осадових порід?
55. Дешифрувальні ознаки пісків?
56. Дешифрувальні ознаки глин?
57. Дешифрувальні ознаки карбонатних порід?
58. Дешифрувальні ознаки міцнозцементованих порід (пісковики, конгломерати тощо)?
59. Дешифрувальні ознаки елювію?
60. Дешифрувальні ознаки делювію?
61. Дешифрувальні ознаки пролювію?
62. Дешифрувальні ознаки алювію?
63. Дешифрувальні ознаки льодовикових відкладів?
64. Дешифрувальні ознаки еолових відкладів?
65. Дешифрувальні ознаки відкладів гравітаційних процесів?
66. Дешифрувальні ознаки карсту?
67. Використання аерокосмічних методів при пошуку рудних корисних копалин?
68. Використання аерокосмічних методів при нафти та газу?
69. Використання аерокосмічних методів в інженерній геології та гідрогеології?
70. Найновітніші прямі методи пошуку корисних копалин?
71. Що таке аерокосмічний моніторинг та галузі його застосування?
72. Застосування аерокосмічного моніторингу при видобутку родовищ корисних копалин.

**Перелік питань до модульної контрольної роботи №1  
з курсу «Дистанційні методи в геології»**

1. Що таке космічна зйомка?
2. Які переваги та недоліки космозйомки?
3. Що таке аерозйомка?
4. Які переваги та недоліки аерофотозйомки?
5. Дайте характеристику оптичного діапазону електромагнітних хвиль. Які спектри в даному діапазоні виділяють?
6. Дайте характеристику тепловому та відбитому випромінюванню. На які спектральні діапазони підрозділяються електромагнітні хвилі в інтервалі 1-10 000 мм.
7. Який вплив на знімок має поглинання та розсіювання атмосферою?
8. Від яких факторів залежить освітленість земної поверхні ?
9. Охарактеризуйте основні види пасивної зйомки.
10. Охарактеризуйте основні види активної зйомки.
11. Чим відрізняються аналогові знімки від цифрових?
12. Що таке ПЗС-матриця та ПЗС-лінійка?
13. Яким чином отримується кольорове зображення з цифрових знімків?
14. Що таке радіометрична роздільна здатність? Як вона впливає на знімок.
15. Дайте визначення просторової здатності? Як класифікуються знімки по просторовій здатності?
16. Які супутники мають високу, дуже високу та надвисоку роздільну здатність.
17. При якому ступеню оглядовості за допомогою даних ДЗЗ можливо виділити Альпійсько-гімалайський складчастий пояс?
18. При якому ступеню оглядовості можливо вивчати покровний льодовик Гренландії за допомогою даних ДЗЗ?
19. При якому ступеню оглядовості можливо за даними ДЗЗ виділити основні геологічні структури Карпатської складчастої системи в межах України?
20. При якому ступеню оглядовості за даними ДЗЗ можна вивчати влк. Кіліманджаро?
21. Що таке орбіта штучного супутника Землі? Які форми орбіт існують та за допомогою якого закону можливо визначити їх форму?
22. Що таке сонячно-синхронна орбіта? Яка особливість у геостационарних та геосінхронних супутників.
23. Що таке головна оптична вісь? Які бувають фотоапарати по фокусній відстані?
24. Що таке планова та перспективна зйомка?
25. Чим площадна зйомка відрізняється від маршрутної та для вивчення яких об'єктів вони застосовуються?
26. Що таке перекриття знімків, яке види існують та навіщо використовуються?
27. Що таке базис фотографування, головна точка знімку та точка надиру?
28. Що таке тангаж літального апарату та до яких викривлень на знімку він призводить?
29. Що таке крен літального апарату та до яких викривлень на знімку він призводить?
30. Що таке ризання літального апарату та до яких викривлень на знімку він призводить?
31. Як впливає рельєф на зйомку? Що таке ефект візуальної зміни кутів падіння шарів?
32. Дайте характеристику викривленням на знімку пов'язаним з атмосферою, кривизною Землі, аерофотоапаратом?  
Задачі на масштаб  
Комплексна задача на планування аерофотозйомки.

**Перелік питань до модульної контрольної роботи №2**

*з курсу «Дистанційні методи в геології»*

1. Що таке дешифрування знімків?
2. Які існують прийоми дешифрування?
3. Що таке кількісне дешифрування?
4. Що таке якісне дешифрування?
5. Перерахуйте прямі дешифрувальні ознаки.
6. Як за формою об'єктів на знімку можливо визначити їх походження (природне чи техногенне)?
7. Тінь як дешифрувальна ознака та її види.
8. Що таке фототон та чим він відрізняється від кольору.
9. Що таке текстура (фотомалюнок) зображення?
10. Які непрямі дешифрувальні ознаки використовуються в геології?
11. На що можуть вказувати геоморфологічні ознаки?
12. Як рослинність на знімках може допомогти при геологічному дешифруванні?
13. На що можуть вказувати ґрунти та ступінь зволоження на знімках?
14. Які дешифрувальні ознаки мають шари, що залягають горизонтально?
15. Які дешифрувальні ознаки мають складчасті структури?
16. Як на знімку визначити синклінальну або антиклінальну складку?
17. Що таке лініменти? Як вони використовуються при геологічному дешифруванні?
18. Дешифрувальні ознаки кільцевих структур.
19. Як на знімку відрізнити інтрузивні та ефузивні форми?
20. Дешифрувальні ознаки інтрузивних порід різного складу?
21. Дешифрувальні ознаки ефузивних порід?
22. Дешифрувальні ознаки осадових порід?
23. Дешифрувальні ознаки пісків?
24. Дешифрувальні ознаки глин?
25. Дешифрувальні ознаки карбонатних порід?
26. Дешифрувальні ознаки міцноцементованих порід (пісковики, конгломерати тощо)?
27. Дешифрувальні ознаки елювію?
28. Дешифрувальні ознаки делювію?
29. Дешифрувальні ознаки пролювію?
30. Дешифрувальні ознаки алювію?
31. Дешифрувальні ознаки льодовикових відкладів?
32. Дешифрувальні ознаки еолових відкладів?
33. Дешифрувальні ознаки відкладів гравітаційних процесів?
34. Дешифрувальні ознаки карсту?
35. Використання аерокосмічних методів при пошуку рудних корисних копалин?
36. Використання аерокосмічних методів при нафти та газу?
37. Використання аерокосмічних методів в інженерній геології та гідрогеології?
38. Найновітніші прямі методи пошуку корисних копалин?
39. Що таке аерокосмічний моніторинг та галузі його застосування?
40. Застосування аерокосмічного моніторингу при видобутку родовищ корисних копалин.

# Підсумкова робота з дисципліни "Аерокосмічний методи в геології"

\*Обязательный вопрос

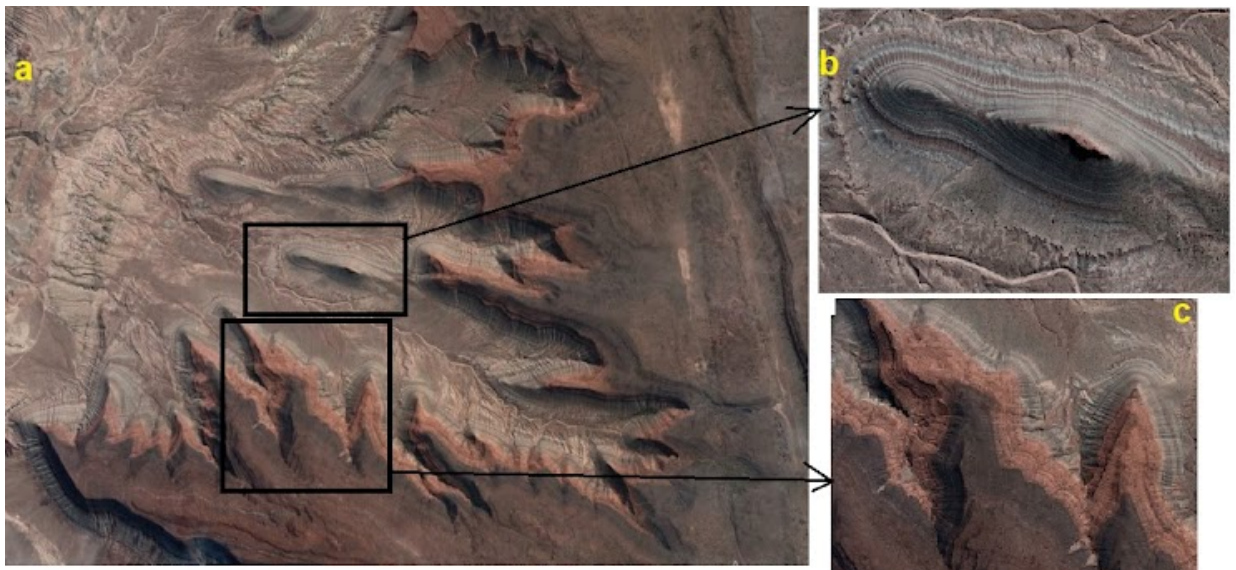
1. Электронная почта \*

---

2. П.І.Б \*

---

3. І. За нижченаведеним космічним знімком дайте відповіді на наступні запитання: 1) Який тип клімату характерний для даної місцевості? \* 1 балл



Отметьте только один овал.

- Нівальний;
- Гумідний (холодний);
- Гумідний (теплий);
- Аридний.

4. I. 2) За якими ознаками ви визначили тип клімату? \*

1 балл

---

---

---

---

---

5. I. 3) Який тип залягання шарів наведений на космічному знімку ? \*

2 балла

*Отметьте только один овал.*

- Горизонтальне;
- Моноклинальне;
- Складчасте (синкліналь);
- Складчасте (антиклінальне).

6. I. 4) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили тип залягання шарів?

1 балл

---

---

---

---

---

7. I. 5) Яке походження мають гірські породи, що наведені на космічному знімку? \*

2 балла

*Отметьте только один овал.*

- Магматичне (інтрузивне);
- Магматичне (ефузивне);
- Магматичне (гіпабісалаьне);
- Метаморфічне;
- Осадове.

8. I. 6) Розгляньте рис. I.c. Скільки шарів порід з кольором можна виділити? \* 1 балл

*Отметьте только один овал.*

- 1  
 2  
 3  
 6

9. I. 7) Запишіть для кожного шару дешифрувальні ознаки, починаючи з верхнього. (Приклад. Шар №1: світло-зелений колір, стрічкова структура, малюнок шару схожий з контурами горизонтальєй, утворює уступ - пісковик.) \* 2 балла

Заполните

---

---

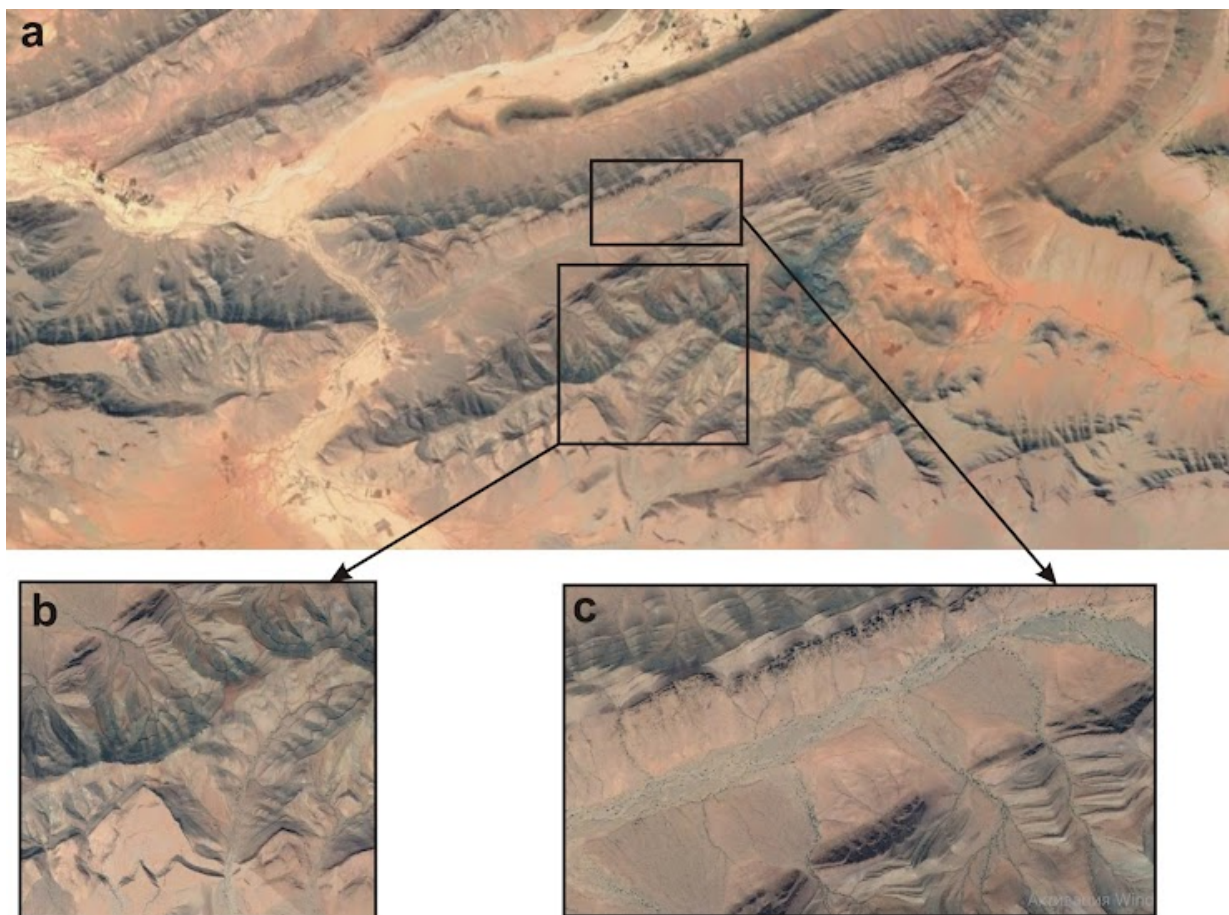
---

---

---

10. II. За нижченаведеним космічним знімком дайте відповіді на наступні запитання: 1) Який тип клімату характерний для даної місцевості?

\* 1 балл



Отметьте только один овал.

- Нівальний;  
 Гумідний (холодний);  
 Гумідний (теплий);  
 Аридний.

11. II. 2) За якими ознаками ви визначили тип клімату? \*

1 балл

---



---



---



---



---

12. II. 3) Який тип залягання шарів наведений на космічному знімку II.b? \* 2 балла

*Отметьте только один овал.*

- Горизонтальне;
- Моноклинальне;
- Складчасте (синкліналь);
- Складчасте (антиклінальне).

13. II. 4) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили тип залягання шарів? 1 балл

---

---

---

---

---

14. II. 5) Яке походження мають гірські породи, що наведені на космічному знімку? \* 2 балла

*Отметьте только один овал.*

- Магматичне (інтрузивне);
- Магматичне (ефузивне);
- Магматичне (гіпабісалаєне);
- Метаморфічне;
- Осадове.



15. II.6) Який напрям простягання вісі складки наведеної на рис II.с? \* 1 балл

*Отметьте только один овал.*

- з півночі на південь;
- з заходу на схід;
- з північного заходу на південний схід;
- з південного заходу на північний схід;

16. II.7) Визначте територію, де можливий видобуток напірних (артезіанських) вод. \* 2 балла

---

---

---

---

---

17. III. За нижченаведеним космічним знімком дайте відповіді на наступні запитання:  
1) Який тип клімату характерний для даної місцевості?

\* 1 балл



Отметьте только один овал.

- Нівальний;
- Гумідний (холодний);
- Гумідний (теплий);
- Аридний.

18. III. 2) За якими ознаками ви визначили тип клімату? \* 1 балл

---

---

---

---

---

19. III. 3) Яке походження мають гірські породи, що зображені чорним та темно-сірим кольором? \* 2 балла

*Отметьте только один овал.*

- Магматичне (інтрузивне);
- Магматичне (ефузивне);
- Магматичне (гіпабісалаєне);
- Метаморфічне;
- Осадове.

20. III. 4) За якими ознаками ви визначили їх походження? \* 1 балл

---

---

---

---

---

21. III. 5) Який тип вулканів наведений на космічному знімку? 1 балл

*Отметьте только один овал.*

- центрального типу (стратовулкан)
- тріщинного типу

22. III. 6) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили тип вулкану? \* 1 балл

---

---

---

---

---

23. III. 7) Який склад гірських порід представлений на знімку чорним та темно-сірим кольором? \* 2 балла

*Отметьте только один овал.*

- кислий;
- середній;
- основний;
- теригенний

24. III 8) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили склад гірських порід? \* 1 балл

---

---

---

---

---

25. IV. За нижченаведеним космічним знімком дайте відповіді на наступні запитання: \* 3 балла
- 1) Який тип найновітніших відкладів наведений на космічному знімку?



Отметьте только один овал.

- елювій;
- делювій;
- пролювій;
- колювій;
- еоловий;
- алювій;
- лімнічний;
- льодовиковий;

26. IV. 2) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили тип відкладів? \* 1 балл

---

---

---

---

---

27. IV 3) Які форми рельєфу утворюють цей генетичний тип відкладів \* 3 балла

*Отметьте только один овал.*

- ози;
- ками;
- кліф
- тераси
- заплави
- бархани
- дюни

28. IV 4) З якої породи складається ці відклади? 2 балла

*Отметьте только один овал.*

- вапняк
- пісок
- алеврит
- глина

29. IV 5) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили цю гірську породу? \* 1 балл

---

---

---

---

---

30. V. За нижченаведеним космічним знімком дайте відповіді на наступні запитання: \* 1 балл
- 1) Який тип найновітніших відкладів наведений на космічному знімку?



Отметьте только один овал.

- елювій;
- делювій;
- пролювій;
- колювій;
- еоловий;
- алювій;
- лімнічний;
- льодовиковий;



31. V 2) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили тип відкладів? \* 1 балл

---

---

---

---

---

32. V 3) Який елемент рельєфу позначений буквою А? \* 1 балл

*Отметьте только один овал.*

- ози;
- ками;
- кліф
- тераси
- заплави
- бархани
- дюни

33. V 4) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили цей тип елементу рельєфу (А)? \* 1 балл

---

---

---

---

---

34. V 5) Який елемент рельєфу позначений буквою Б? \*

1 балл

Отметьте только один овал.

ози;

ками;

кліф

тераси

заплави

бархани

дюни

35. V 6) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили цей тип елемента рельєфу (Б)?

\* 1 балл

---

---

---

---

---

36. V 7) Які гірські породи розташовані в межах А? \*

1 балл

---

---

---

---

---

37. V 8) Які гірські породи розташовані в межах Б? \*

1 балл

---

---

---

---

---

38. V 9) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили ці гірські породи? \* 1 балл

---

---

---

---

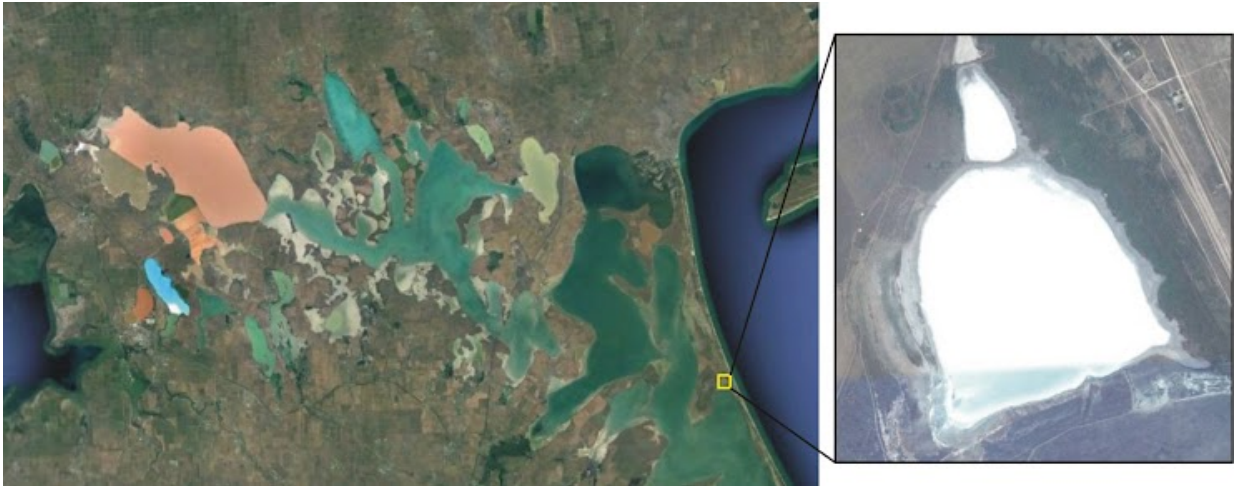
---

39. V 10) Визначте напрямок течії річки \* 1 балл

*Отметьте только один овал.*

- з північного сходу на південний захід;
- з південного сходу на північний захід.

40. VI. За нижченаведеним космічним знімком дайте відповіді на наступні запитання: \* 3 балла
- 1) Який тип найновітніших відкладів наведений на космічному знімку?



Отметьте только один овал.

- елювій;
  - делювій;
  - пролювій;
  - колювій;
  - еоловий;
  - алювій;
  - лімнічний;
  - льодовиковий;
41. VI 2) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили тип відкладів? \* 1 балл

---

---

---

---

---

42. VI 3) Яке походження має гірська порода, яка відображається білим кольором на знімку? \* 2 балла

Отметьте только один овал.

- магматичний  
 метаморфічний;  
 теригенний;  
 хемогенний;  
 біогенний

43. VI 4) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили походження \* 1 балл  
гірської породи?

---

---

---

---

---

44. VI 5) Родовище якої корисної копалини наведено на знімку? \* 2 балла

Отметьте только один овал.

- вапняк;  
 крейда;  
 кам'яна сіль;  
 граніт;

45. VI 6) За якими дешифрувальними ознаками ви визначили тип \* 1 балл  
корисної копалини

---

---

---

---

---

Компания Google не имеет никакого отношения к этому контенту.

Google Формы