

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**ОБРОБКА ДАНИХ З КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО  
ЗОНДУВАННЯ**

Методичні вказівки для студентів 1 курсу  
до лабораторної роботи з дисципліни  
**„Методи дистанційного зондування навколишнього середовища”**

**Одеса – 2022**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ОБРОБКА ДАНИХ З КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО  
ЗОНДУВАННЯ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ 1 КУРСУ  
ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ  
„МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ НАВКОЛИШНЬОГО  
СЕРЕДОВИЩА”

ЗАТВЕРДЖЕНО  
на засіданні групи забезпечення  
спеціальності 193 Геодезія та землеустрій  
« 31 » травня 2022 року  
протокол № 5

ОДЕСА – 2022

**Обробка даних з космічних систем дистанційного зондування.**  
Методичні вказівки до лабораторного заняття з дисципліни „Методи дистанційного зондування навколишнього середовища” для студентів 1 курсу навчання за спеціальністю 193 Геодезія та землеустрій освітньо-професійною програмою Землеустрій і кадастр. / Перелигін Б.В. – Одеса, ОДЕКУ, 2022 р. – 35 с.

## ЗМІСТ

	стор.
Загальні вказівки до лабораторної роботи.....	4
Вступ.....	5
1. ОСНОВИ МЕТОДИКИ НЕФОСКОПІЧНОГО АНАЛІЗУ ДАНИХ З КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ.....	6
2. ПРИКЛАД НЕФАНАЛІЗУ СУПУТНИКОВОГО ЗНІМКА	21
3. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ СТУДЕНТАМ НА ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ.....	23
Перелік посилань.....	35

## ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

### **Мета лабораторної роботи:**

навчитися практично застосовувати методику нефаналізу космічних знімків.

### **Порядок проведення і зміст практичного заняття:**

на проведення лабораторної роботи виділяється 6 годин аудиторного часу і 9 годин самостійної роботи студентів

на занятті вивчаються основи методики нефаналізу знімків з метеорологічних супутників Землі; здійснюється відповідь на контрольні запитання, приведені в даних методичних рекомендаціях по варіантах завдання; виконується варіант завдання з нефаналізу знімка; по ходу заняття студенти мають бути готовими відповісти на питання викладача.

### **Звіт про роботу:**

звіт студентів про виконану роботу здійснюється шляхом усної відповіді на запитання завдання і шляхом практичного виконання нефаналізу супутникового знімка.

**Оцінювання виконаної роботи:** здійснюється згідно до силлабуса дисципліни.

### **Після завершення роботи студенти повинні уміти:**

- проводити нефаналіз космічних знімків,
- інтерпретувати космічну інформацію,
- використовувати космічну інформацію для одержання характеристик атмосфери, гідросфери і підстильної поверхні.

## ВСТУП

Дані дистанційного зондування Землі з штучних супутників Землі знаходять широке застосування. Це пояснюється насамперед потребою в цих даних, а також тим, що кількість супутників, які виводяться на орбіту різними країнами, безперервно збільшується.

Головною перевагою супутникових гідрометеорологічних спостережень є оперативність отримання глобальної інформації, а також даних по труднодоступних районах суші і світового океану.

Найбільшого поширення набула інформація з метеорологічних супутників сімейства NOAA і Метеор. Від інших супутникових систем, таких як Океан, Ресурс, Січ, інформація використовувалася від випадку до випадку і рідко на регулярній основі. Це було пов'язано з тим, що прийом інформації здійснювався на комплексах технічних засобів, зосереджених в регіональних центрах прийому даних тих, що належать окремим відомствам. Подібний підхід приводив до того, що втрачалася основна перевага космічної інформації – оперативний перегляд великих територій, оскільки при нерозвиненій інфраструктурі передачі даних основний час йшов на доставку інформації кінцевому користувачеві. Крім того, обробка інформації в таких центрах була орієнтована на великі спеціалізовані комплекси технічних засобів, що принципово утрудняло доступ кінцевих користувачів до інформації на ранніх етапах обробки.

В даний час передача і прийом інформації з перерахованих вище супутників здійснюється безкоштовно по концепції „відкрите небо” Всесвітньої Метеорологічної Організації. Оперативне отримання споживачами цих даних гідрометеорологічного, екологічного і іншого призначення здійснюється за допомогою простих і надійних засобів прийому і обробки супутникової інформації.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА

### ОБРОБКА ДАНИХ З КОСМІЧНИХ СИСТЕМ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ

#### 1 Основи методики нефоскопічного аналізу даних з космічних систем дистанційного зондування Землі

Незважаючи на істотний прогрес в підвищенні якості супутникових знімків у багатьох випадках їх вживання в оперативній практиці наштовхується на ряд труднощів. Ідентифікація форм хмарності і характеристик атмосферних процесів є достатньо складним і до певної міри суб'єктивним процесом, який часто не може бути виконаний без відповідної попередньої підготовки. Тому виникає необхідність побудови схематичних карт на підставі супутникових даних для їх подальшого використання в оперативній практиці. На таких картах виділяються основні характеристики хмарного покриву:

- кількість хмарності;
- форма хмарності;
- структурні особливості хмарних утворень;
- розмір хмарних утворень і проміжків між ними.

Крім того, виділяються додаткові характеристики такі як, наприклад, границі однорідної хмарності, щільність хмар, напрям зсуву вершин купчасто-дощових хмар. Після проведеного аналізу конфігурація хмарності переноситься на бланк синоптичної карти з вказівкою всіх виділених характеристик.

Для розповсюдження космічних зображень в мережі служби погоди широке застосування отримали фотокарти. Вони являють собою фотомонтажі, складені з окремих знімків на картографічній основі. Фотомонтажі дозволяють отримати інформацію про синоптичні процеси в атмосфері для достатньо великих районів (рис.1.1, 1.2). Такі фотокарти можуть бути отримані кілька разів в добу.

В результаті обробки декількох фотографій, що проводиться, з одного витка на карті отримують освітлену супутником частину території Землі у вигляді смуги з нанесеними умовними позначеннями характеристик хмарності (кількість, форма і розташування хмар). Така карта хмарності, побудована за даними супутникового моніторингу, називається „нефаналіз”. На картах хмарності приводяться також синоптичні характеристики у вигляді звичайних термінів, як, наприклад, „фронтальна зона”, внутрішньотропічна зона конвергенції, – „ВЗК”, і ряд інших пояснень.

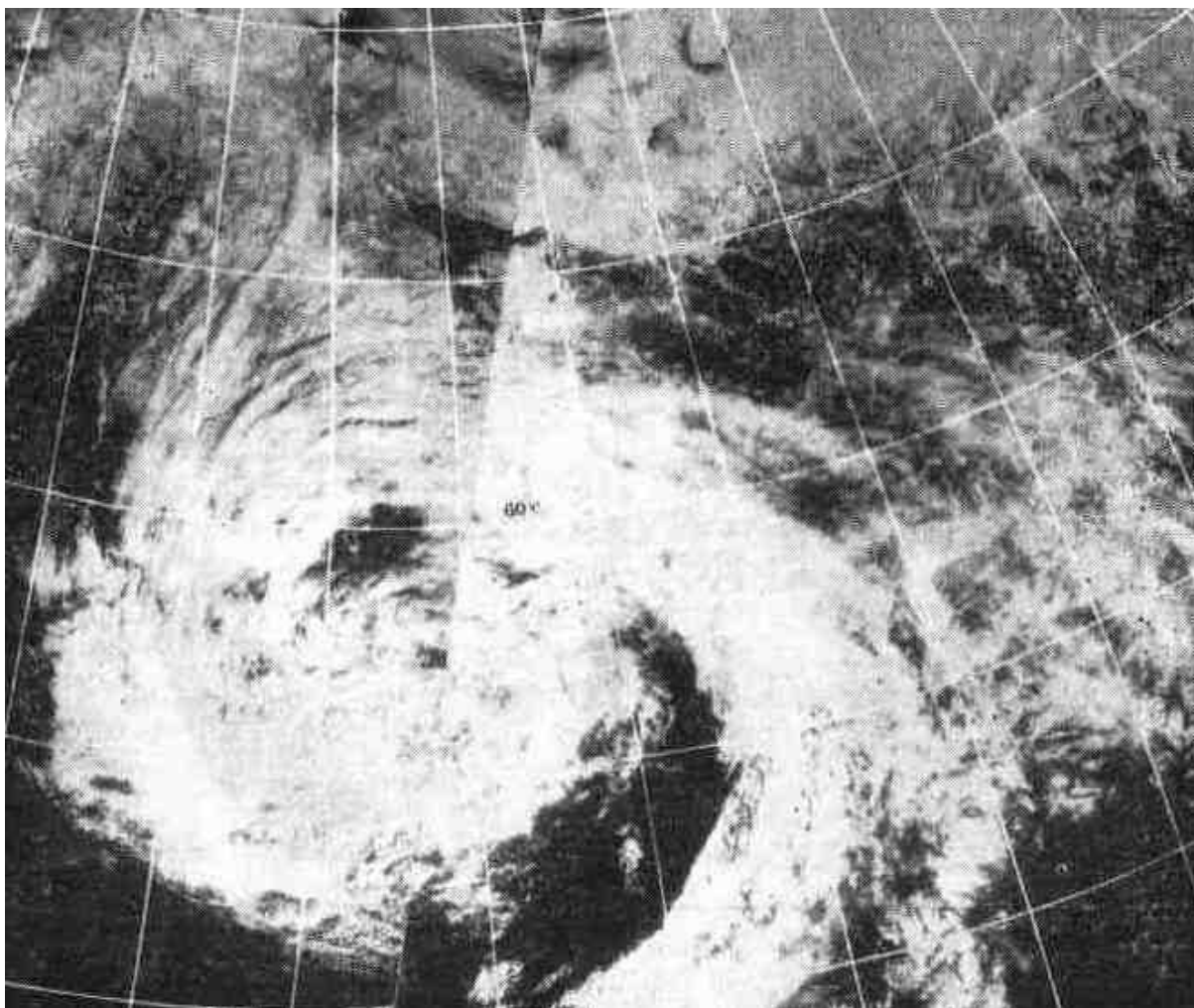


Рис. 1.1 – Приклад монтажу фотознімків, отриманих з супутника „Метеор”

Таким чином, картами нефаналізу є розшифровані трансформовані супутникові знімки, всі деталі зображення яких нанесені на бланк географічної карти.

У центрах по обробці супутникових даних на основі зображень, що отримуються з метеорологічних супутників, виконується побудова схематичних карт хмарності (табл. 1.1) і підстильної поверхні. Шляхом копіювання супутникових знімків з окремих витків на загальний бланк карти складають збірну карту (рис. 1.2), при цьому в місцях перекриття знімків на збірну карту наносять дані пізнішого витка. Знімок останнього витка копіюється повністю.



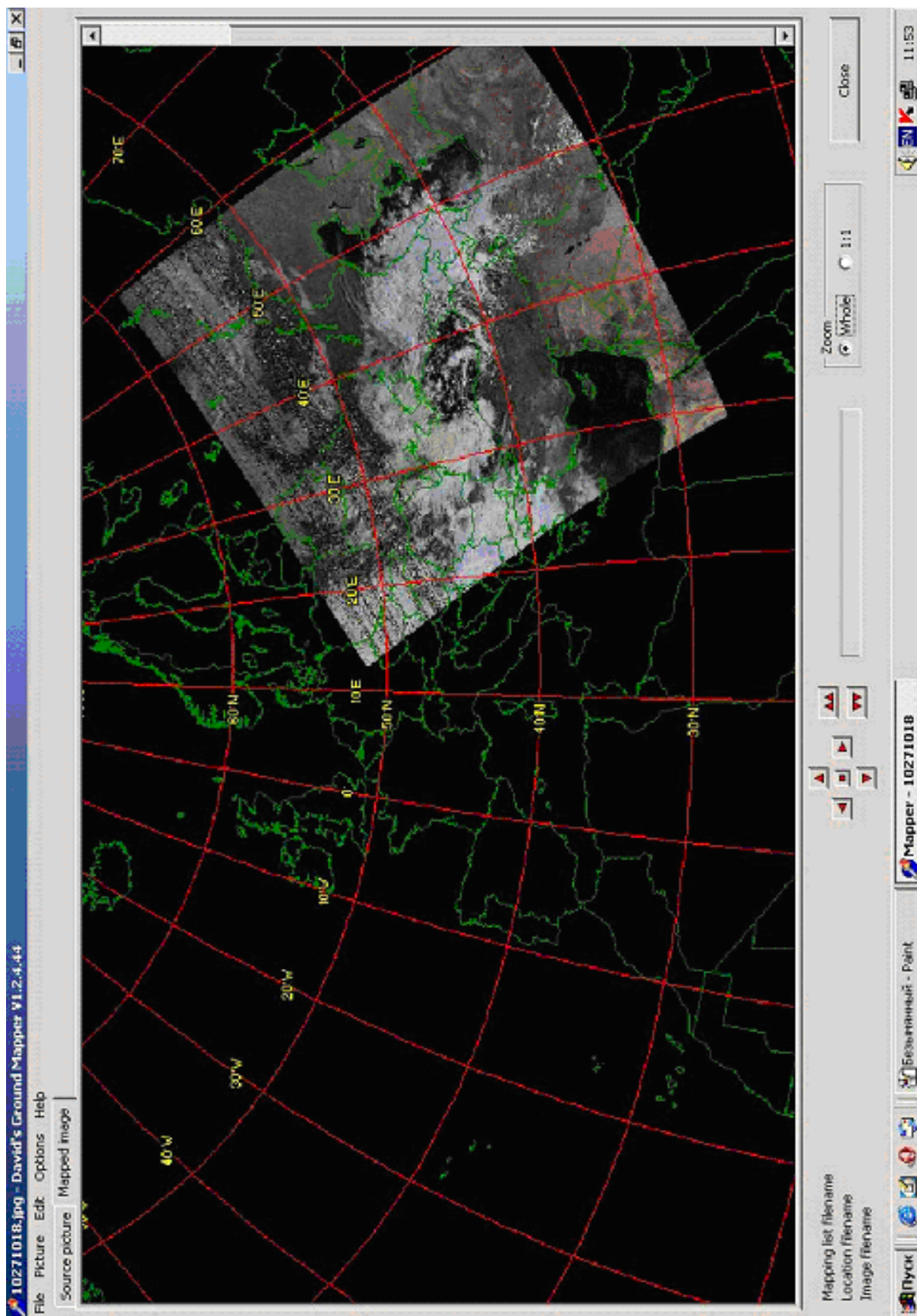


Рис. 1.2 – Приклад монтажу знімків, отриманих за допомогою програмного забезпечення станції КОСМЕК

Таблиця 1.1 – Характерні розміри хмарних елементів хмарних утворень

Форма хмар	Середній розмір хмарних елементів	
<i>Ci</i> доброї погоди	50–1000 м	
<i>Ci</i> пасатні	500–3000 м	
<i>Ci</i> потужні	1–3 км	
<i>Cb</i> ізольовані	2–10 км	
<i>Cb</i> , ті, що утворилися з декількох хмар	10–25 км	
<i>Ac</i>	50–500 м	
<i>Sc</i>	100–1000 м	
Смуги <i>Ci</i>	Відстань між смугами, км	Довжина смуги, км
Дрібномасштабні	0,3–1,0	декілька
Мезомасштабні	3–10	порядку 100
Великомасштабні	100–150	до 1000
Смуги (гряди) <i>Ci</i> , <i>Ac</i>		
Відстань між хмарами в ланцюжку	0,5–3,0 км	
Довжина ланцюжка	10–300 км	
Відстань між ланцюжками	1–20 км	

Цілком очевидна роль даних нефаналізу над мало освітленими метеорологічними даними районами океанів. Велике значення має інформація про межі і стан крижаного покриву в океанах, про положення кромки припаю і льодів, що дрейфують, наявність і положення в крижаному покриві розводдів, полинів, каналів чистої води. Отримання миттєвої картини систем каналів і розводдів дозволяє судити про багато закономірностей розвитку і динаміки льодів, які не піддаються вивченню іншим шляхом і іншими методами.

Карти нефаналізу застосовуються в гідрології з метою отримання інформації про річкову і озерну мережу територій, її межі; про сезонні розливи річок, озер і затопленнях річкових заплавл, солончаків; про динаміку встановлення і сходу сніжних і крижаних покривів на річкових водозборах і водних акваторіях; про режим обводнення посушливих територій.

Межі і характеристики сніжного покриву на суші, динаміка його розповсюдження має велике значення для прогностичної роботи агрометеорологів.

Карти нефаналізу можуть бути використані при синоптичному аналізі, як над освітленими метеорологічними даними районами земної кулі, так і над районами, де мережа метеорологічних станцій рідкісна або відсутня взагалі.

У першому випадку карти нефаналізу дозволяють уточнити розміщення фронтів і центрів циклонів, уточнити межі розповсюдження хмарності, виявити райони з тією або іншою формою хмар і безхмарного простору.

Карти, побудовані для маловивчених районів земної поверхні, акваторій морів, океанів, полярних районів, дають можливість якісно відтворити синоптичну ситуацію, виявити місцезнаходження циклонів, фронтів, отримати уявлення про напрям повітряних потоків.

Карти нефаналіза використовуються як додатковий матеріал до приземних і баричних синоптичних карт, допомагають провести більш обґрунтовану систематизацію атмосферних процесів.

### *Порядок проведення нефаналізу*

Процес нефаналіза ТВ та ІЧ знімків складається з декількох послідовних етапів:

перший етап – відокремлення хмарності на знімку від відкритих ділянок земної поверхні;








другий етап – визначення кількості, форми, розмірів, щільності і межі розповсюдження хмарності;

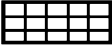




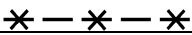








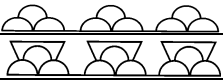


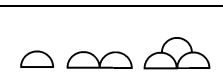
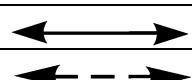
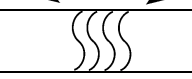

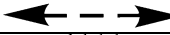


третій етап – визначення таких, головним чином структурних характеристик хмарності, які можуть бути використані для відновлення по полю хмарності полів інших метеорологічних елементів. До них відноситься, наприклад, наявність і орієнтація хмарних смуг, спіралей, хмарних вихорів, і тому подібне.


Якщо два перші етапи є в основному задачею дешифрування, то третій етап включає елементи синоптичної інтерпретації хмарних знімків. Тому цей етап є найважливішим і відповідальнішим.

Умовні позначення характеристик хмарності і льоду, вживані при виконанні нефаналізу, приведені в табл. 1.2.

Таблиця 1.2 – Умовні позначення на картах нефаналіза

<i>1. Форма хмарності</i>			
	купчастоподібні		
	потужні купчасті або купчато-дощові		
	шарувато-купчастоподібні		
	перистоподібні		
	шаруватоподібні		
<i>2. Кількість хмар (площа, що вкрита хмарністю %)</i>			
<b>0</b>	ясно	менше 20	
<b>НВЛ</b>	невелика	20-50	

ЗНЧ	значна	50-80	
С	суцільна	більше 80	
<i>3. Розміри хмар і відкритого простору</i>			
Хмари	Розмір, км	Відкритий простір	Розмір, км
1	0-50	6	0-50
2	50-100	7	50-100
3	100-150	8	100-150
4	150-200	9	150-200
<i>4. Межі хмарності, снігу, льоду</i>			
	межа головних хмарних систем		
	чітка межа хмарності		
	нечітка межа хмарності		
	межа снігу		
	межа льоду		
	припай		
	льодові поля (ущільнення 3-7 балів)		
	льодові поля (ущільнення 8-10 балів)		
	тріщини, канали		
<i>5. Структура і синоптична інтерпретація</i>			
	центр збіжності хмарних спіралей (центр або фокус хмарного вихору)		
	центр збіжності хмарних спіралей (у полі купчасто подібних хмар)		
	хмарна спіраль у виді коми		
	смуги купчасто-подібних хмар		
	смуги купчасто-дощових хмар		
	смуги шарувато-подібних хмар		
	смуги перисто-подібних хмар		
	короткі переривані або дуже тонкі хмарні смуги		
	розмір хмар уздовж смуги змінюється		
	чіткі смуги		
	смуги короткі, переривані		
	хвилеподібні хмари		
	ймовірне розташування вісі струминної течії		

	напрямок смуг у перистих хмарах, зсунутих відносно купчасто-дощової хмари
+	щільні хмари
—	тонкі хмари
<b>ВЗК</b>	внутрішньотропічна зона конвергенції
<b>ЗВХ</b>	мезомасштабна спіральна хмара (завихрення)
<b>ЧАРУНКИ</b>	структура елементів купчасто-подібної хмарності, яка утворює багатокутник з відкритими або закритими центрами

Перед початком дешифрування знімки, що прив'язані до місцевості, уважно переглядаються для ідентифікації на них географічних орієнтирів з метою уточнення прив'язки. Тому дешифрувальник повинен знати координати багатьох географічних орієнтирів в своєму районі. Після знаходження відомих орієнтирів, уточнюється прив'язка знімка.

Потім приступають до визначення меж хмарних полів, сніжного і крижаного покриву і з'ясування характеристик наявних зображень. Для цього на чистому бланку карти потрібного масштабу і потрібної проекції викреслюють, а краще копіюють, контури наявних на знімку полів хмарності, льоду і снігу. Відповідно, паралельно з дешифруванням складаються карти нефоскопічного аналізу.

### *Порядок визначення меж хмарності, снігу, льоду*

Межу хмарних полів проводять так, щоб відокремити хмарні маси з різною структурною характеристикою. Кожен контур відмежовує область з однаковою структурою хмарності і рівномірним розподілом хмарності на виділеній площі. Контури проводяться без деталізації. Як самостійні рекомендується виділяти хмарні утворення, які займають площу не менше ніж  $3^{\circ} \times 3^{\circ}$ . Виняток можуть становити лише купчасто-дощові хмари.

Межі хмарних полів підрозділяються на різко і слабо виражені.

Основні хмарні маси (вихор, фронтальні хмарні зони, райони поширення безперервної хмарності) обводяться опуклістю назовні. Безперервна лінія служить для виділення чітких меж районів, зайнятих значною або незначною хмарністю.

Пунктирна лінія означає, що між хмарними полями різного типу немає чіткої межі. Інші межі проводяться відповідно прийнятим позначенням. Поля льоду на картах хмарності виділяються тільки межею вода-лід, контури берегів не повторюються. Бальність полів льоду не

указується, але тріщини і припай повинні обов'язково позначатися відповідними знаками.

Межа снігу указується між контурами ясно і сніг, а також між контурами ясно або НСП (не спостерігається) і сніг, хмари.

Сніг на горах, якщо місцевість вільна від нього, виділяється контуром, який визначає сніг, а усередині контуру пишуться слова ясно, сніг на горах. Якщо частина гірського масиву захована під хмарами, а частина з снігом вільна від них, то перша обводиться безперервною лінією, а друга – пунктиром із сніжинками, межа між ними проводиться безперервною лінією. [1, с. 191–198, 202–204; 2, с. 354–360.]

### *Порядок визначення кількості і форми хмар*

Всередині кожного контуру з хмарами позначаються кількість і форма хмарності відповідними знаками. При повній відсутності просвіту в хмарах на фотознімках або при незначних просвітах в цій зоні на картах нефаналіза указується С (суцільна хмарність). Якщо просвіти є, але їх явно менше 50% площі видимої зони, то ставиться знак ЗНЧ (значна хмарність). Якщо хмарність є, але вона явно менше половини загальної даної площі, – ставиться градація невеликої хмарності (НВЛ). При повній відсутності хмар пишеться слово „ясно”.

Форми хмарності визначаються по тону і структурі зображення всередині контуру, при цьому першою указується переважна по кількості форма хмар, подальші – в порядку зменшення кількості. Купчасто-дощові хмари виділяються пунктиром навіть тоді, коли вони спостерігаються в суцільному полі інших хмар.

Виділяються наступні основні форми хмарних утворень:

- купчастоподібні (рис. 1.3);
- шаруватоподібні (рис. 1.4);
- шарувато-купчастоподібні (рис. 1.5);
- могутні купчасті і купчасто-дощові (рис. 1.6);
- перистоподібні (рис. 1.7).

До купчастоподібної хмарності (рис. 1.3) належать скупчення всіх ярусів (С<sub>1</sub>, Ас, С<sub>2</sub> song). На знімках ці хмари відображаються у вигляді окремих зерен (плям), осередків різних розмірів сірого і світло-сірого тону.

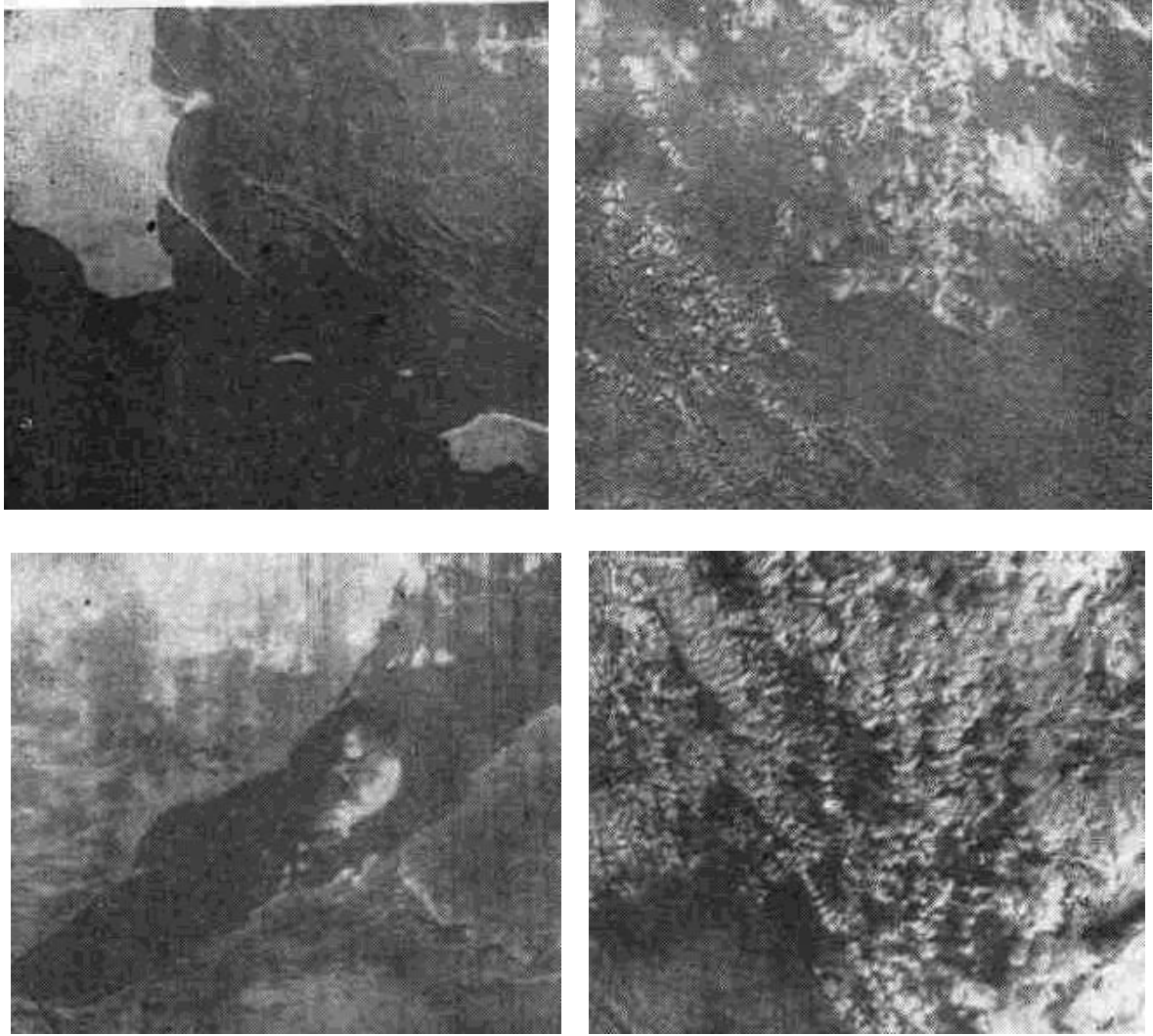


Рис. 1.3 – Різновиди купчасто-подібної хмарності (купчасті хмари над морем, купчасті хмари над сушею, могутня хмара, що злилася, поперечником близько 100 км над Червоним морем, купчасті і шарувато-купчасті хмари над сушею)

До шарувато-подібної хмарності (рис. 1.4) належать шаруваті, високошаруваті хмари (St, As, Cs, Ns). Вони мають матову текстуру і рівний сірий тон, який коливається від світло-сірого до темно-сірого. Поля таких хмар можуть займати значний простір.

До шарувато-купчасто-подібної хмарності (рис. 1.5), в основному, відносяться скупчення шарувато-купчастих хмар. Вони мають сірий тон, добре виражену структуру у вигляді закритих осередків, іноді формуються в гряди і вали. Хмарність такого типу характерна для периферії субтропічних антициклонів і спостерігається над океанами.

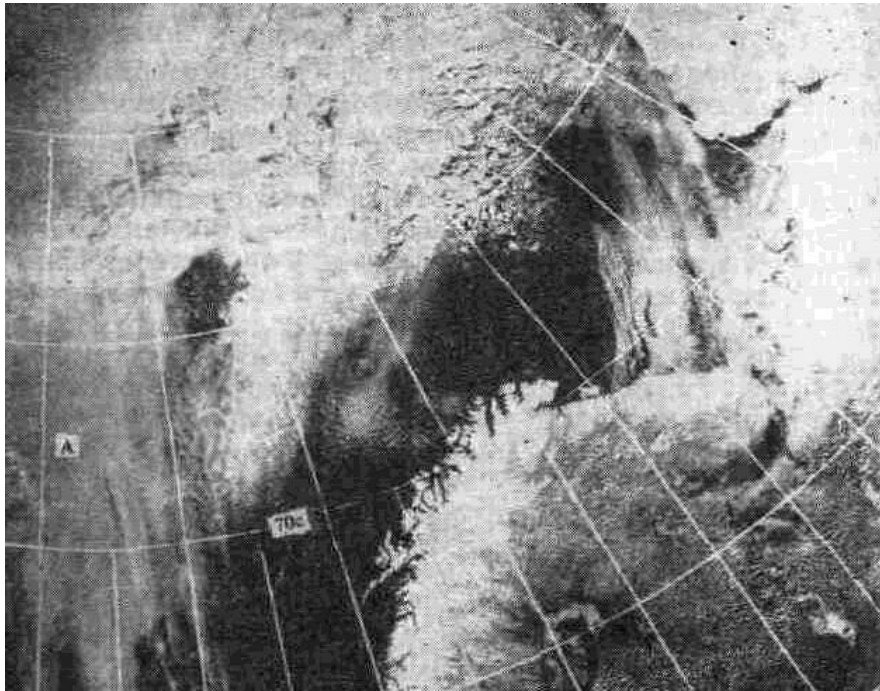


Рис. 1.4 – Шаруватоподібна хмарність у видимому діапазоні

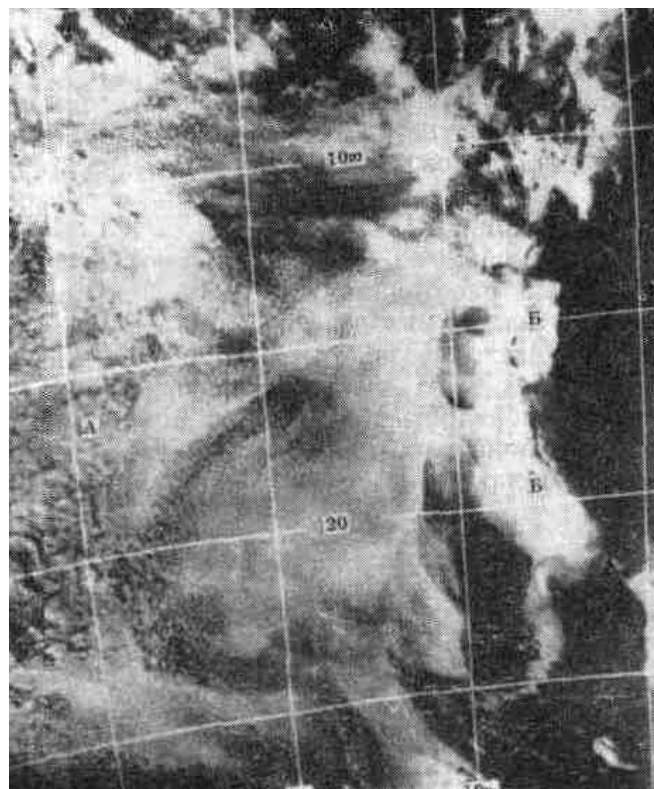


Рис. 1.5 – Шарувато-купчастоподібна хмарність

Могутні купчасті і купчасто-дошові хмари (рис. 1.6) і їх скупчення особливо чітко виділяються на інфрачервоних знімках. Ці хмарні утворення мають вертикальну потужність, спостерігаються, як правило, на



тлі теплої підстильної поверхні і на знімках відображаються світлими плямами аж до яскраво-білого тону з добре обведеними межами. Часто купчасто-дощова хмарність спостерігається у поєднанні з перистими хмарами. У таких випадках межі хмарних утворень стають нечіткими, а тон зображення до країв межі світлим.

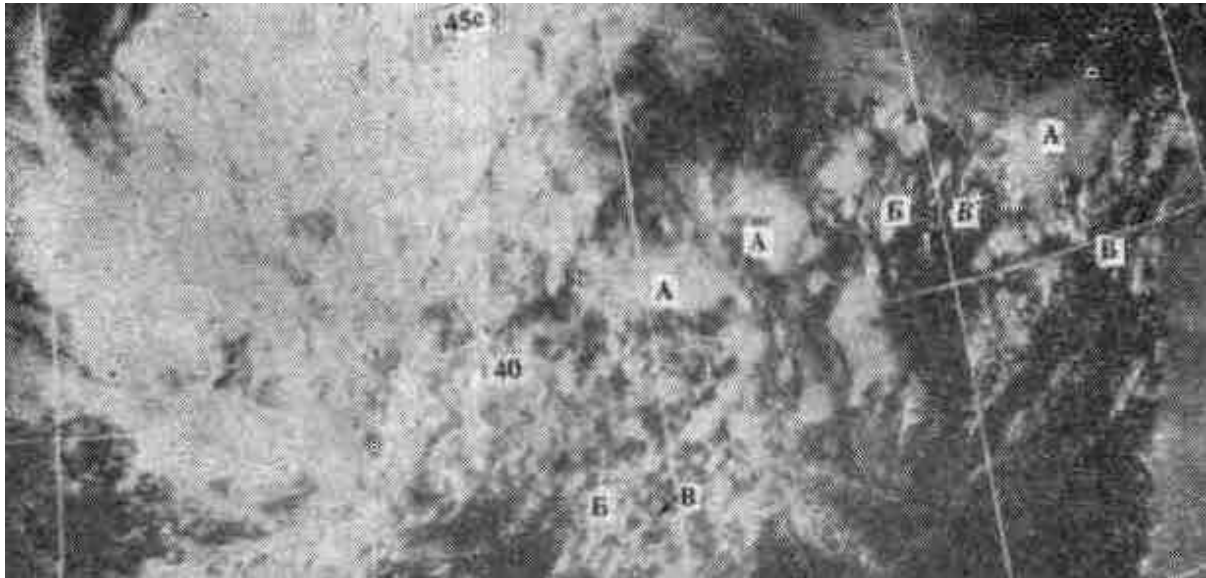


Рис. 1.6 – Купчасто-дощові (А), могутні купчасті (Б) і дрібні купчасті (В) хмари

До перистоподібної хмарності (рис. 1.7) належать всі види щільної перистої хмарності (Сі, Сs, Сс). На знімках ця хмарність має вид світлих вузьких смуг витягнутих на десятки кілометрів. Дуже часто перистоподібна хмарність зустрічається в поєднаннях з іншими формами хмар, особливо в зоні холодних фронтів і всередині тропічної зони конвергенції, де вона дає яскравіший тон хмарності [1, с. 174–180, 202–204].

На карті всередині кожної зони з однорідною хмарністю умовними знаками проставляється кількість, форма і щільність хмар, а якщо потрібно, – розміри хмар і проміжків між ними.

Кількість хмар визначається у відсотках (як відношення площі, зайнятої хмарами, до загальної площі виділеного району) для кожного виділеного району. Як вже наголошувалося, для кількості хмар використовуються чотири градації: ясно (хмарами покрито менше 20% площі), невелика хмарність (хмарами покрито від 20 до 50% площі), значна (хмарами покрито від 50 до 80% площі) і суцільна (хмарами покрито понад 80% площі).

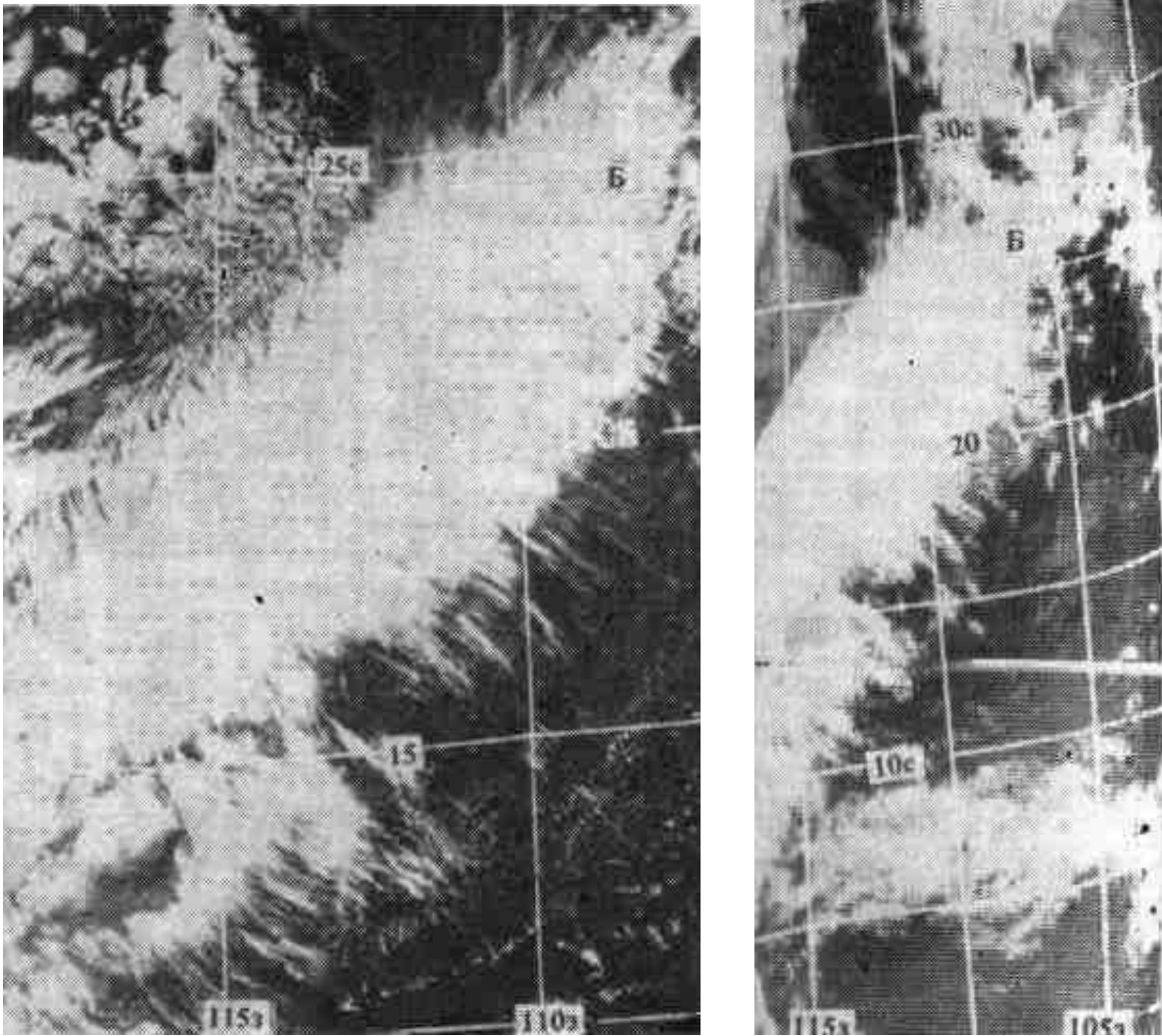


Рис. 1.7 – Перистоподібна хмарність у видимому і інфрачервоному діапазонах

Купчасто-дощові хмари завжди виділяються окремо. Вони мають велике значення для прогнозу погоди і аналізу атмосферних процесів.

При недостатній упевненості у визначенні меж хмарності на тлі снігу або льоду на карту наносяться слова: „хмари, сніг” або „хмари, лід”.

### ***Порядок визначення структури і синоптична інтерпретація***

Нарешті, на останньому етапі нефаналізу, виділяються мезо- і макроособливості хмарних полів. Виділяються вихори, смуги фронтальної хмарності і внутрішньотропічної зони конвергенції. Виділяються ущільнення, зумовлені виникненням хвиль на фронті, хмари струменевих течій. Фронтальна хмарна смуга виділяється, так само як і суцільні хмарні поля, звивистою лінією з фестонами, а уздовж смуги пишеться слово „фронтальна”. Мезоструктурні особливості – смуги (гряди), осередки і

вихори, – виділяються словами „осередки” і лініями, зігнутими або прямими, відповідними вихрю або смузі (гряді).

Виділення макроструктурних особливостей хмарних полів – відповідальне завдання при нефаналізі, оскільки саме макроструктура визначає собою характер синоптичного стану і розвиток атмосферних процесів.

На картах нефаналіза особливо наочно мають бути відображені загальні закономірності розподілу мезо- і макромасштабних циркуляційних елементів. Така структура відображує особливості полів хмарності синоптичного масштабу. Особливо чітко ця закономірність виражається на нічних інфрачервоних знімках, коли в атмосфері залишаються переважно могутні хмарні утворення, пов'язані з фронтами і циклонами, а внутрішньомасова хмарність розливається у зв'язку з відсутністю термічної конвекції.

По структурі хмарні утворення підрозділяються на наступні типи:

- спіралеподібні (вихрові);
- смугові;
- осередкоподібні;
- хмарні щити.

Спіралеподібна структура характерна для хмарності, пов'язаної з циклонами позатропічних широт. У помірних широтах ця структура зазвичай пов'язана з циклоном у стадії його максимального розвитку або початку заповнення. Хмарність у вигляді коми або дуги відповідає хмарній системі циклону в початковій стадії оклюзії.

У тропічних широтах хмарні вихори зазвичай пов'язані з тайфунами і ураганами.

Хмарна система тропічного циклону відображається у вигляді світлого або білого масиву хмарності, близького формою до круга, з окремими хмарними смугами і грядами, що сходяться до центру. Часто в центрі хмарного масиву спостерігається темний просвіт розміром в декілька десятків кілометрів, що є „оком бурі”.

Хмарні смуги характерні для хмарності тропосферних фронтів, передфронтальних ліній шквалів, хмарності струменевих течій, позатропічних зон конвергенції. Залежно від синоптичних процесів хмарні смуги можуть відрізнятися між собою як розмірами, так і структурою. Найчіткіше на знімках виділяються смуги, які пов'язані з фронтальними розділами. Орієнтація цих смуг майже точно збігається з їх напрямом на синоптичних картах, а чіткість хмарного утворення не залежить від того, наскільки добре цей фронт простежується у землі. Якщо фронт слабо виявляється в приземному шарі, то хмарна смуга цього фронту на знімках часто дає можливість уточнити його положення на приземній карті. На знімках краще всього є видимими хмарні смуги холодних фронтів оклюзії. Хмарні смуги теплих фронтів зазвичай погано виражені і мають порівняно

малу протяжність.

Хмарні смуги холодних фронтів мають світлий тон зображення (від білого до світло-сірого), достатньо чіткі межі. Під час переходу через ці межі кількість і форма хмарності різко міняються. Хмарні смуги холодних фронтів можуть бути вузькими, мати світло-сірий тон і матову текстуру, але можуть бути також і широкими, білого, іноді яскраво-білого, тони з грубозернистою текстурою.

Хмарні смуги теплих фронтів, як правило, не мають чітких меж, вони характеризуються матовою текстурою світлого тону. Ширина смуг і їх яскравість помітно зменшується від центру циклону до його периферії, і смуги часто розпадаються на окремі хмарні утворення. Хмарні смуги теплих фронтів добре виражені тільки в початковій стадії циклону, а в процесі оклюзії циклону зливаються з хмарністю холодного фронту.

Хмарні смуги фронтів оклюзії – це хмарні зони великої ширини, усередині яких можуть спостерігатися окремі просвіти, тон зображення від світло-сірого до білого, а текстура залежить від типу фронту: матова – якщо переважає шарувато-подібна хмарність або комірчаста (осередкова, складна) – при переважанні купчасто-дощової хмарності.

Осередкоподібна структура характерна для полів купчастих і шарувато-купчастих хмар, які утворюються в тилкових частинах циклону, в субтропічних антициклонах або в областях зниженого тиску. Тон – від сірого до ясно-сірого.

Хмарні щити характерні для великомасштабних полів хмарності шаруватих форм, не пов'язаних з фронтами, для районів з туманами, для підінверсної хмарності в центральних частинах антициклонів, а також для окремих ділянок підстильної поверхні (особливо морський). Це однорідні по тону зображення, які мають структуру у формі великих плит і щитів. Вони мають сірий або темно-сірий тон. Великі льодові простори Арктики, Гренландії і Антарктиди на інфрачервоних знімках також зображаються у вигляді щитів.

На картах нефаналізу, що мають макромасштабні хмарні утворення, слід приділяти особливу увагу виявленню циркуляційності їх малюнку. Це стосується зон фронтальної хмарності, що вигинаються у вигляді спіралі до центру хмарного вихору. За наявності хоч би невеликого за площею безхмарного простору між спіралями воно має бути виділене контуром. Уздовж всієї хмарної зони фронту ставиться підпис „фронтальний”. Знак хмарного вихору ставиться в точці, де сходяться хмарні спіралі і безхмарні проміжки між ними. Хвиля на фронті, яка виявлена за розширенням хмарної смуги і є характерною для холодної ділянки, зображається стрілками, які вигинаються за циркуляцією біля передбачуваної вершини хвилі, без знаку вихору. Центр сходження хмарних спіралей, що складаються тільки з купчасто-подібних хмар, характерних для циклону, що заповнюється, позначається на картах не заштрихованим знаком

хмарного вихору. Хмарна маса у вигляді однієї спіралі виділяється на картах хмарності комою. Вісь струменевої течії відображається на картах нефаналізу уздовж всієї її видимої частини короткими стрілками.

Мезоструктура у вигляді хмарних фронтальних смуг виділяється на картах нефаналізу лініями із стрілками на обох кінцях уздовж смуги. На лініях, відповідних грядам або смугам купчасто-подібних хмар, відмічається зміна розміру хмар уздовж гряди. [1, с. 220–225, 230–240, 257–263].

При аналізі фотографій і складанні схематичних карт хмарності в цілях уникнення грубих помилок необхідно користуватися попередніми фотографіями і картами нефаналізу. Дотримання історичної послідовності в цьому випадку має вирішальне значення.

Слід зазначити, що результат візуального дешифрування багато в чому залежить від особистого досвіду дешифрувальника. Тому виконувати цю роботу повинні досвідчені фахівці.

## 2 Приклад нефаналізу супутникового знімка



Рис. 2.1 – Вихідний супутниковий знімок

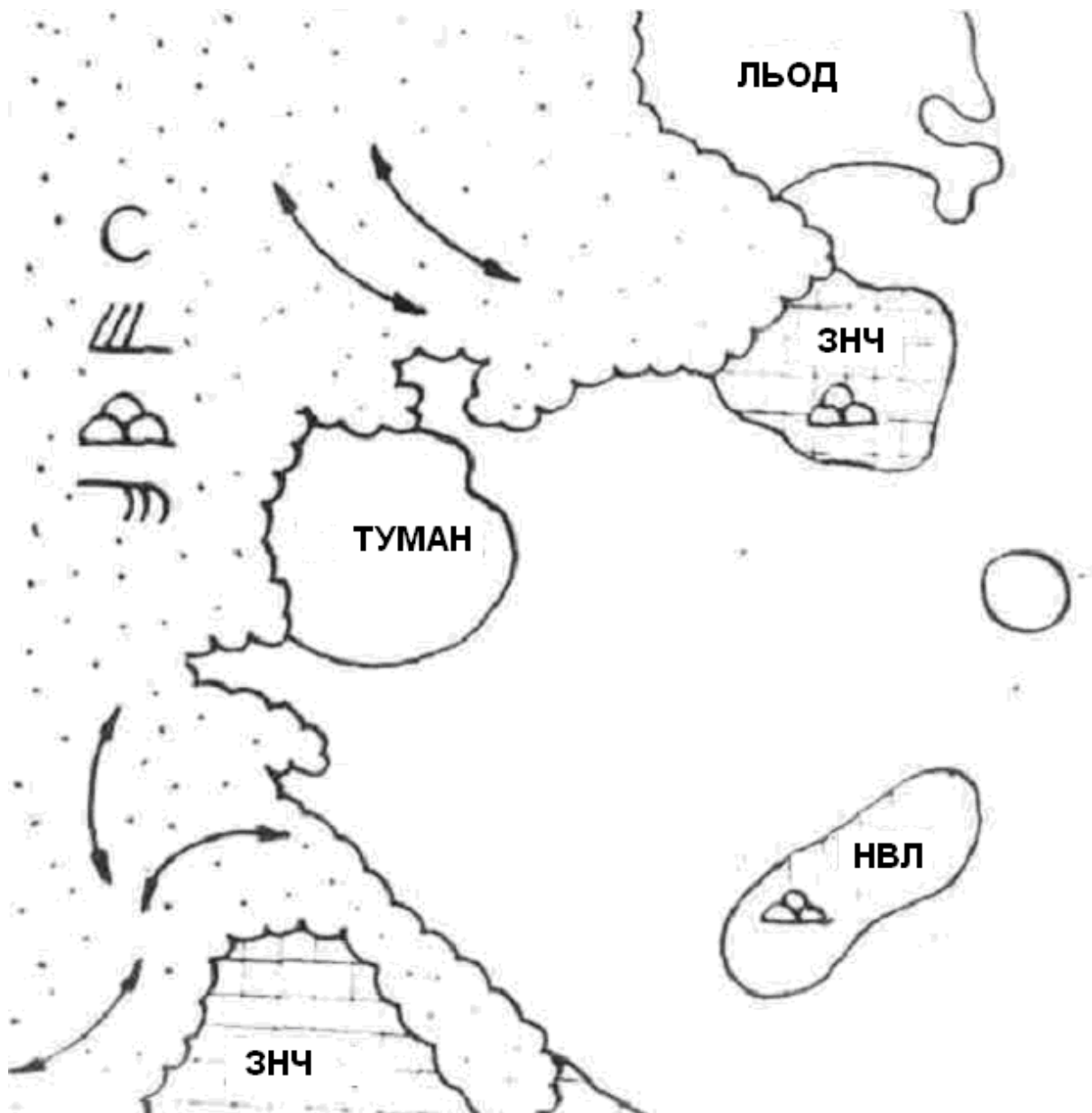


Рис. 2.2 – Приклад нефаналізу вихідного знімка

Студентові пропонується так само зробити нефаналіз знімка МСЗ відповідно до варіанту завдання.

### 3 Варіанти завдань студентам на лабораторну роботу

#### Теоретичні питання

##### Варіант 1

1. Яка інформація виходить за допомогою карт нефаналіза в гідрографії?
2. Дати характеристику спіралеподібної структури.
3. Яким знаком позначаються хмарні смуги?
4. Як відображають межу льоду і снігу на картах нефаналіза?

##### Варіант 2

1. Вказати основні форми хмарних утворень.
2. Якими знаками позначається форма хмарності?
3. Як підрозділяються хмари по своїй структурі?
4. Яке значення мають карти нефаналіза для судноплавства?

##### Варіант 3

1. Що є карта нефаналіза?
2. Як використовуються карти нефаналіза при синоптичному аналізі?
3. Як позначають межу хмарності на картах нефаналіза (по районах, структурах, типах)?
4. Яка хмарність відноситься до купчасто-подібною?

##### Варіант 4

1. Якими умовними позначеннями зображається кількість хмар на картах нефаналіза?
2. Дати характеристику осередкоподібному типу хмарності.
3. Які особливості потрібно врахувати при відокремленні макромасштабних хмарних утворень?
4. Якими знаками позначається структура хмарного вихору (центр збіжності)?

##### Варіант 5

1. Вказати умовні позначення форм хмарності на картах нефаналіза.
2. Яка хмарність відноситься до шарувато-подібною?
3. Дати характеристику хмарним смугам.
4. Яке значення мають карти нефаналіза для океанологів?

##### Варіант 6

1. Яку інформацію отримують гідрографи за допомогою карт нефаналіза?
2. Дати характеристику хмарним щитам на картах нефаналіза.
3. Якими знаками позначаються хмарні смуги?
4. На які типи підрозділяються хмари по своїй структурі?



#### Варіант 7

1. Якими умовними знаками позначаються хмарні смуги?
2. Що є карта нефаналіза?
3. Яка хмарність відноситься до купчасто-дошової?
4. Дати характеристику спіралеподібній структурі.

#### Варіант 8

1. Якими умовними знаками позначаються центри хмарних вихорів?
2. Які форми хмарності відносяться до перисто-подібної?
3. Як на картах нефаналіза відображають межу хмарності?
4. Як на картах нефаналіза відображають сніг на горах?

#### Варіант 9

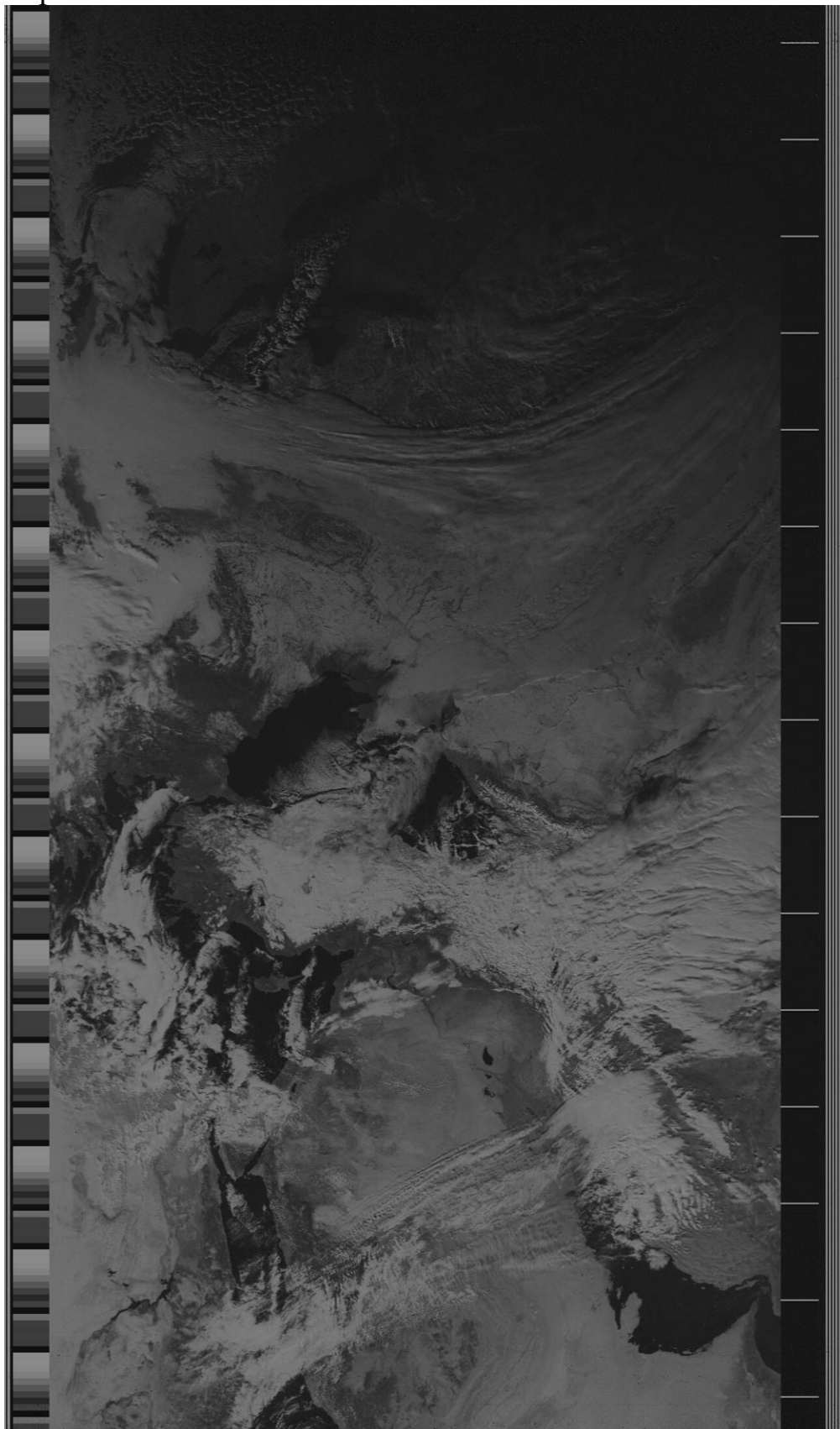
1. Як на картах нефаналіза відображають межу льоду і снігу?
2. Які форми хмарності відносяться до шарувато-купчастої?
3. Які умовні знаки характеризують зміну розміру хмар уздовж смуги?
4. Як використовуються карти нефаналіза при синоптичному аналізі?

#### Варіант 10

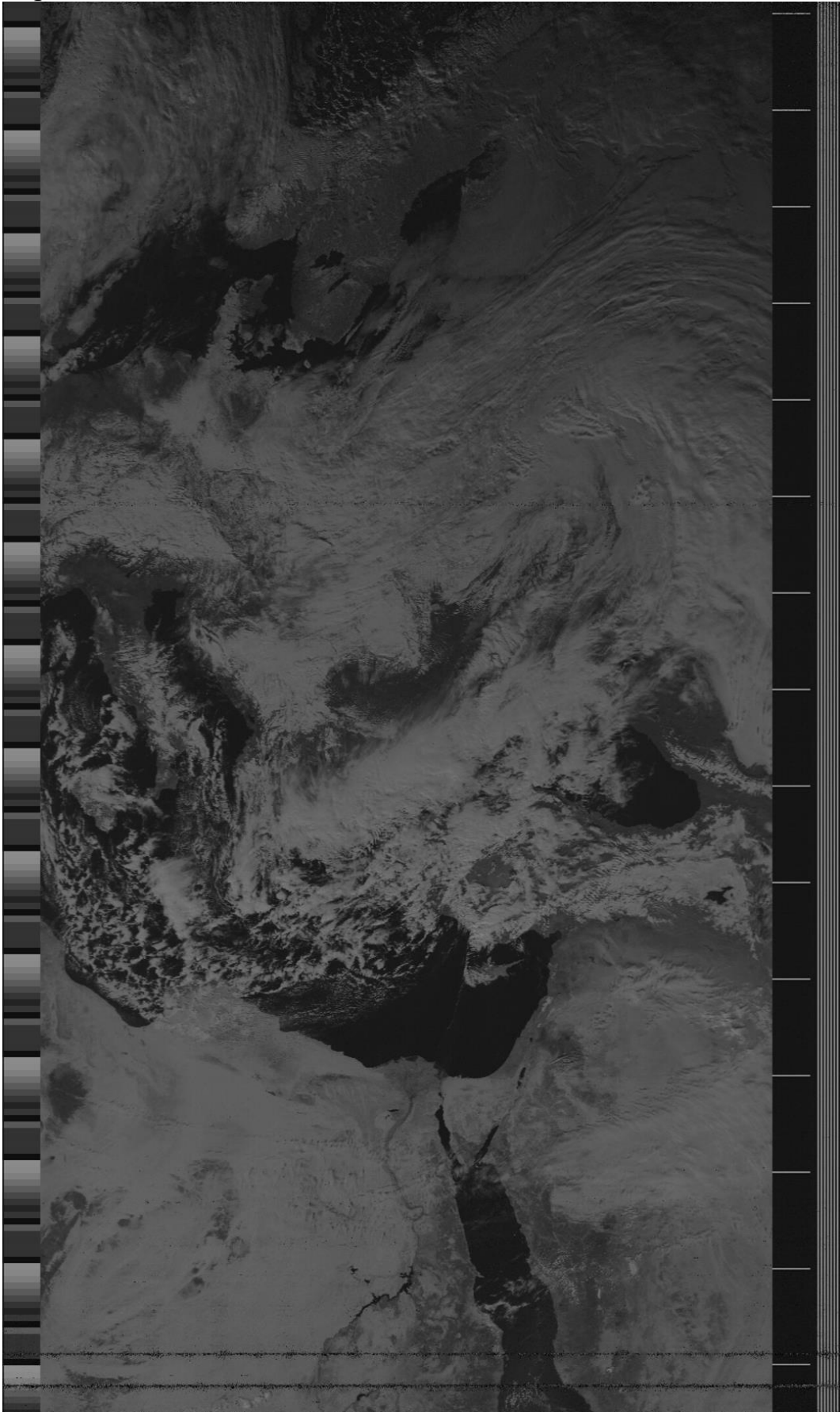
1. Вказати основні форми хмарних утворень.
2. Якими умовними знаками відображають форми хмарності?
3. Як позначається значна хмарність на картах нефаналіза?
4. Дати характеристику хмарним смугам.

## Знімки для проведення нефаналізу

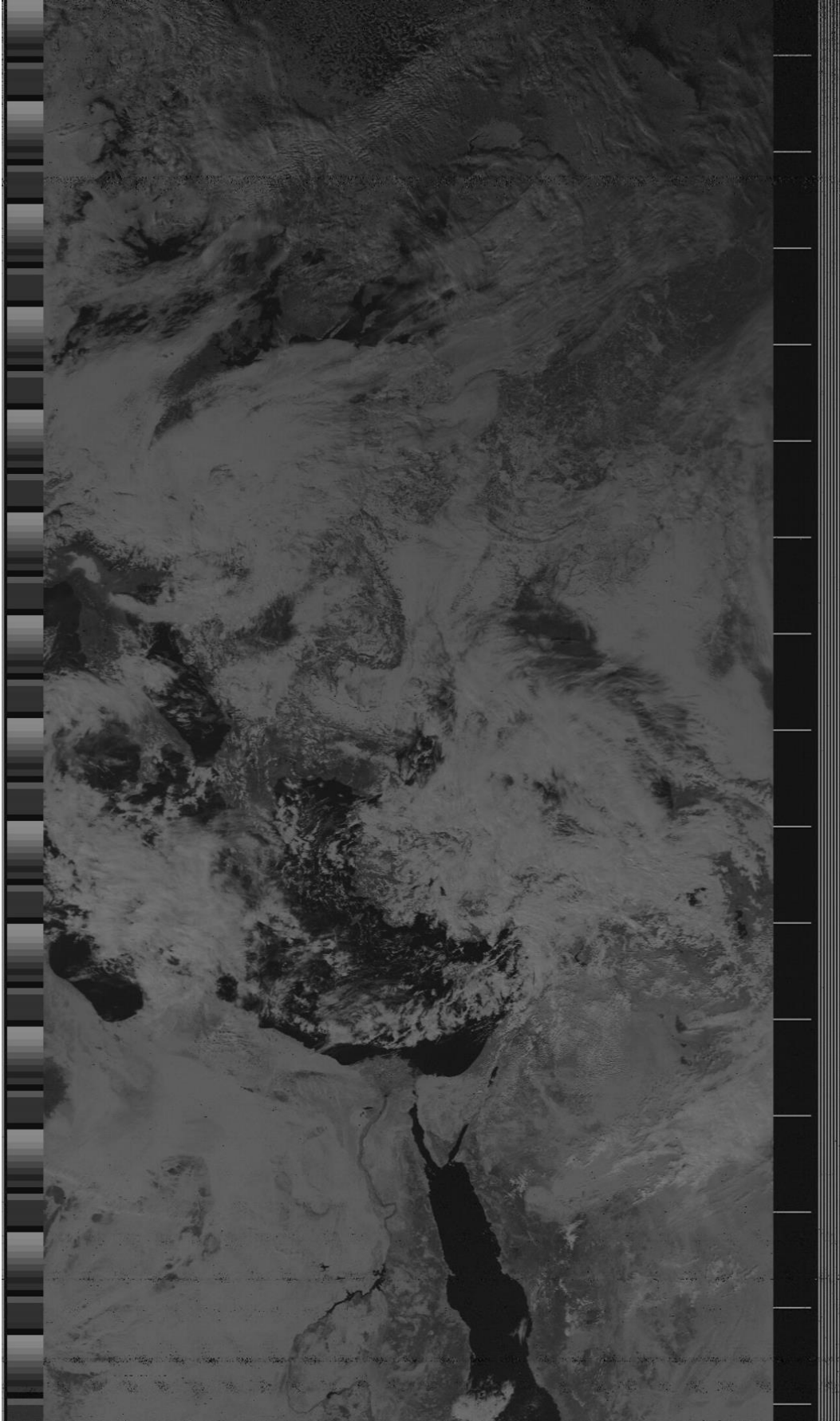
Варіант 1



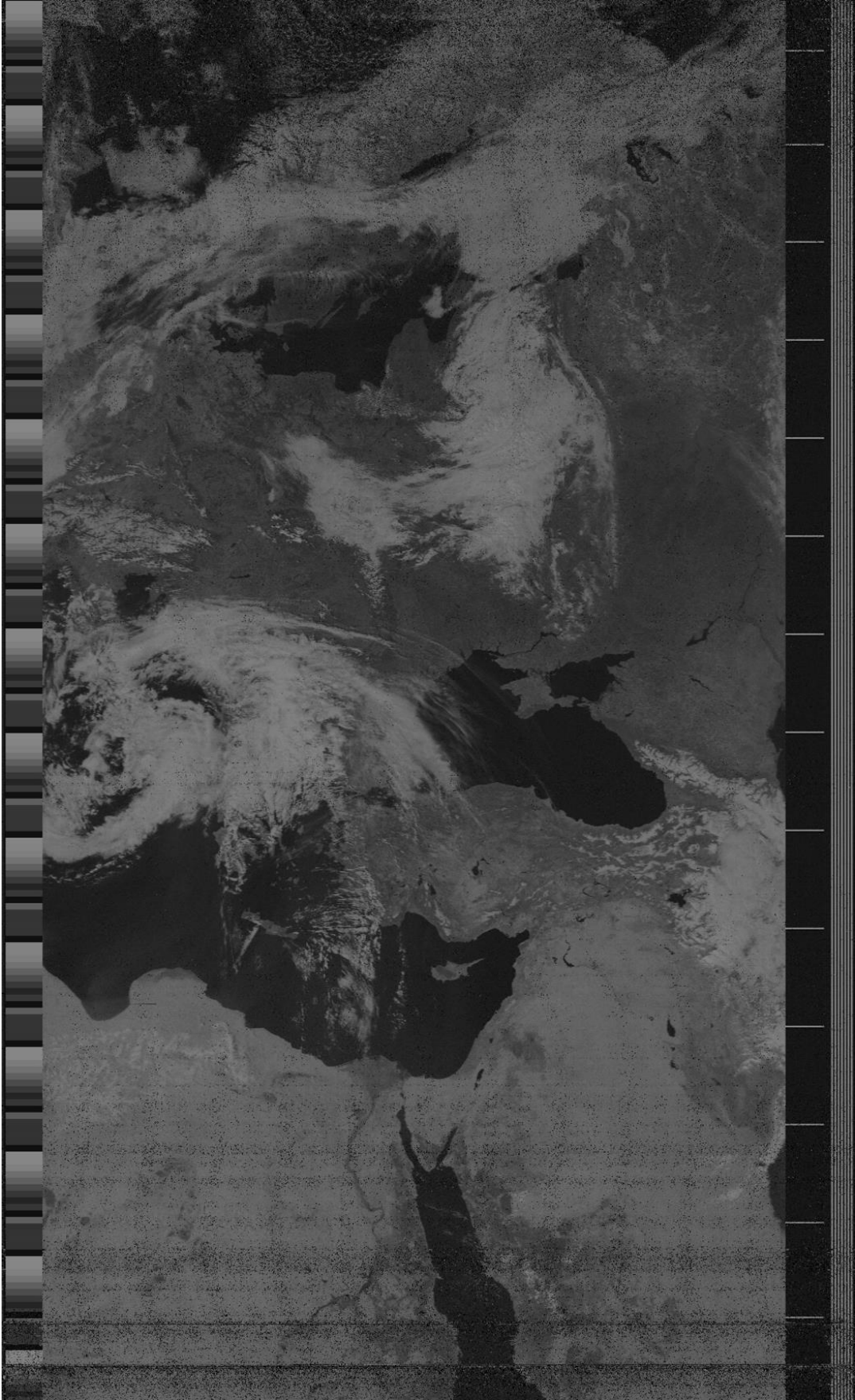
Варіант 2



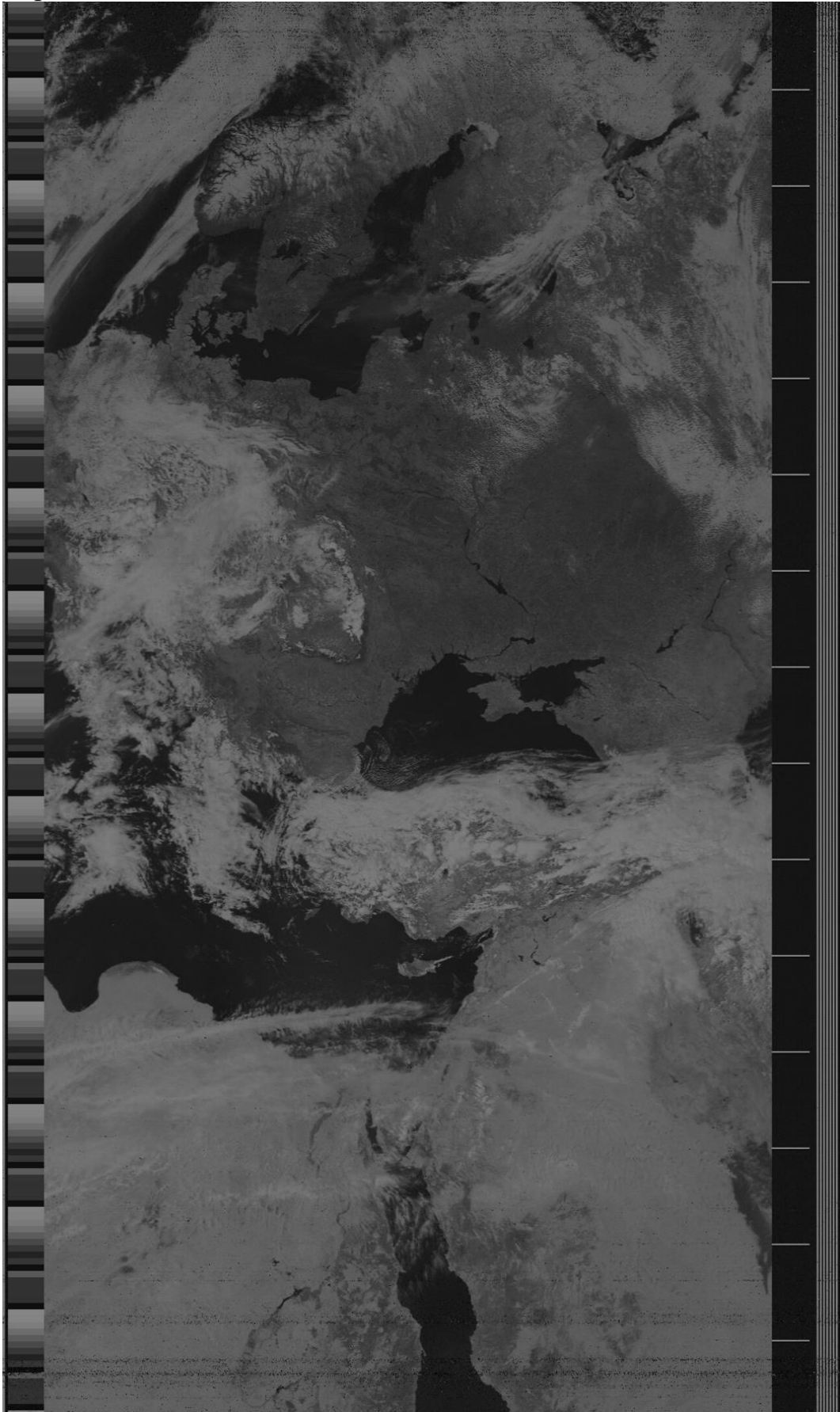
Вариант 3



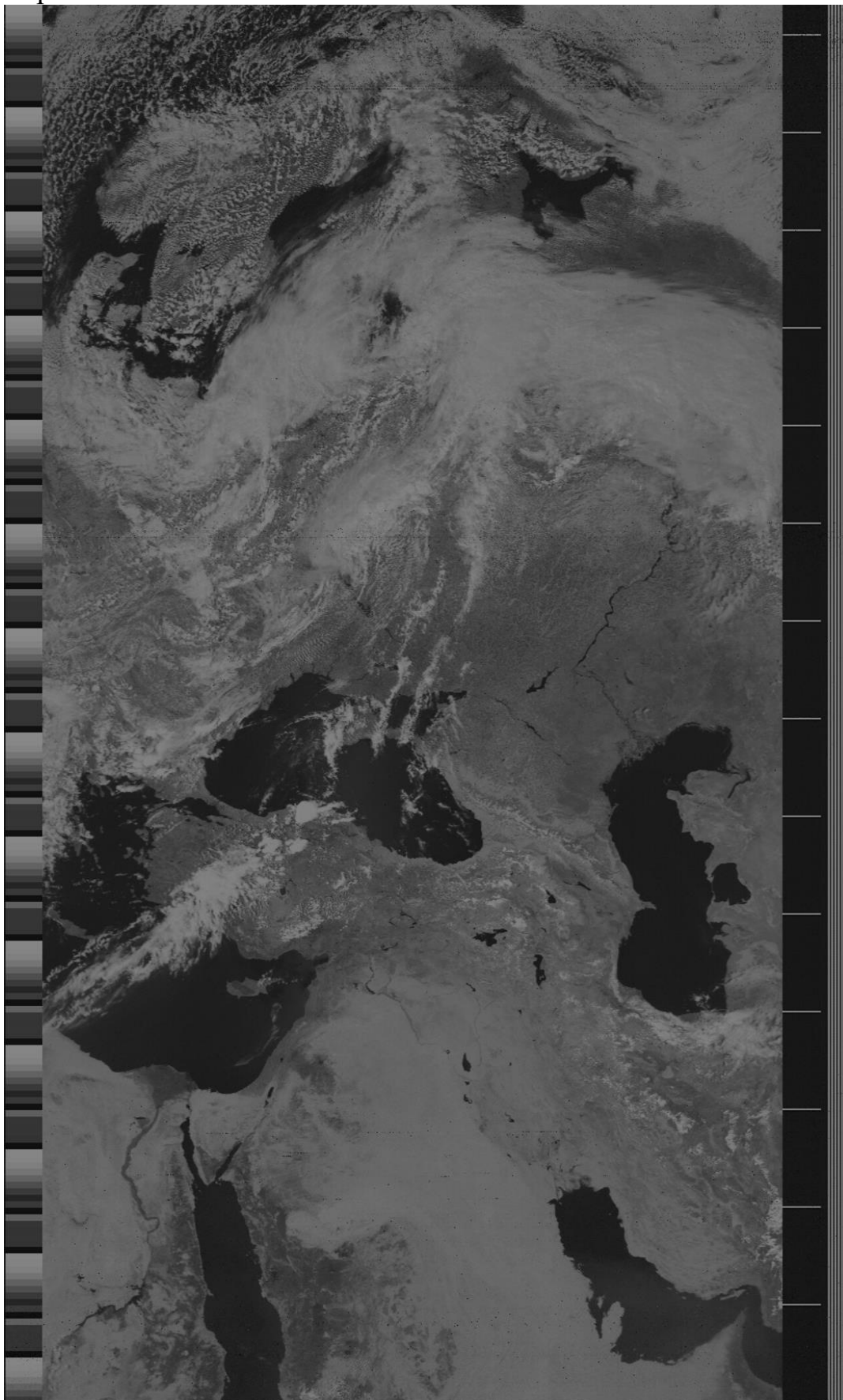
Варіант 4

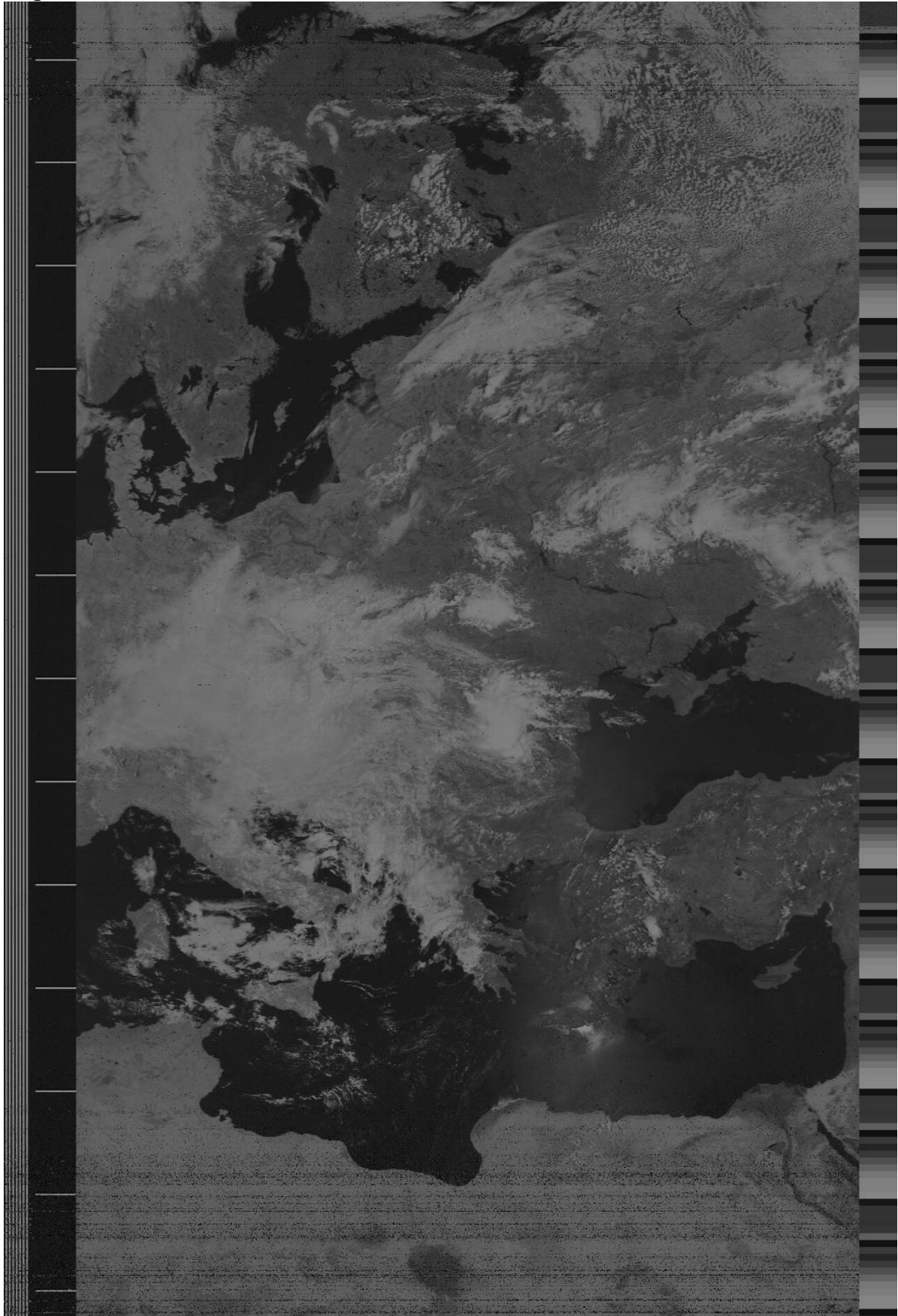


Варіант 5

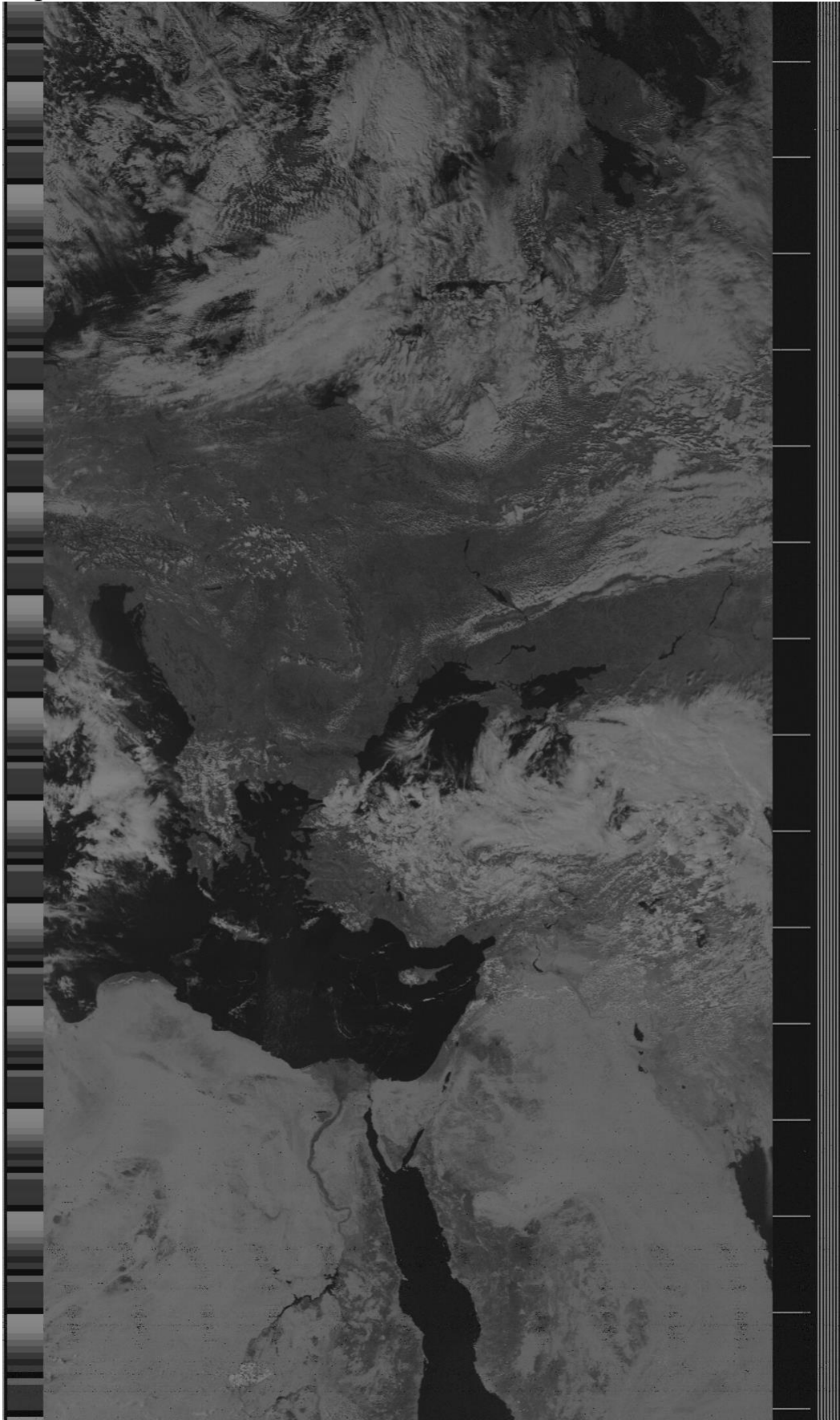


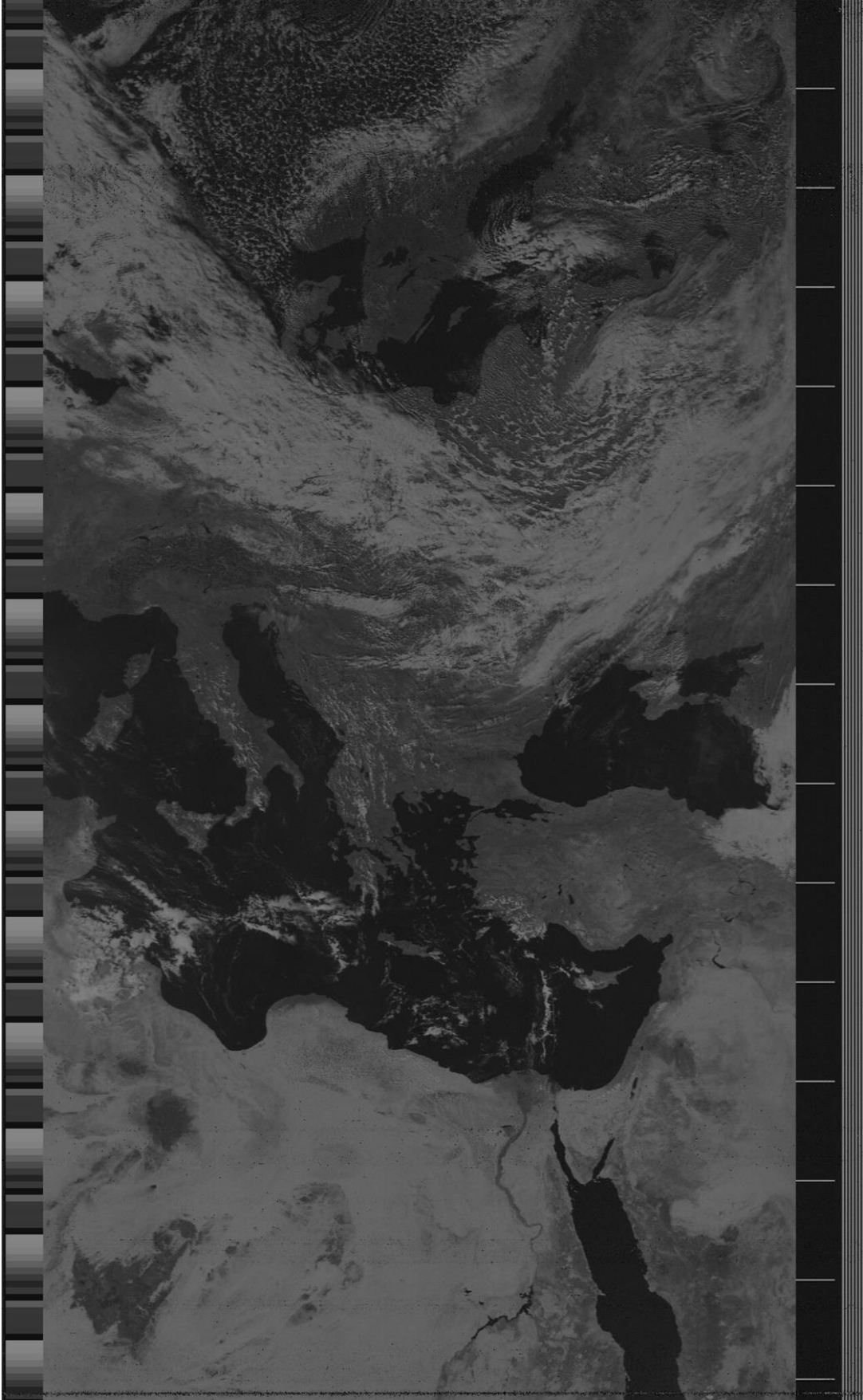
Варіант 6

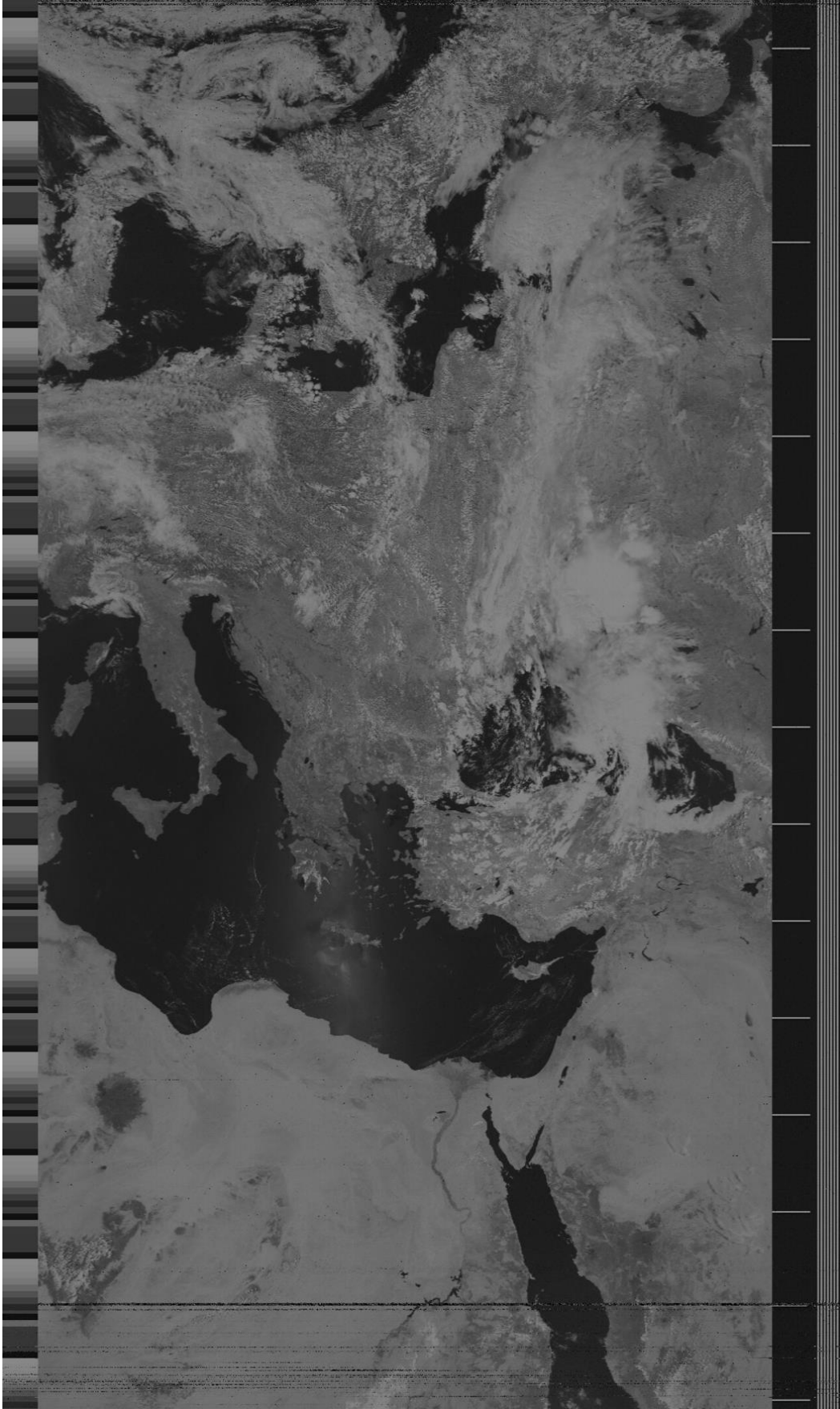












## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

### *Основні:*

1. Перелигін Б.В. Конспект лекцій для модуля Методи дистанційного зондування дисципліни Методи дистанційного зондування навколишнього середовища (ЗМ-Л1, Л1–Л8). – Одеса: ОДЕКУ, 2021.

### *Додаткові:*

2. Атлас облаков / Беспалов Д.П., Девяткин А.М., Довгальок Ю.А., Кондратюк В.И., Кулешов Ю.В., Светлов Т.П., Суворов С.С., Тимофеев В.И. / Под ред. Л.К. Сурыгиной – С.П-б.: Д'АРТ, 2011. – 248 с.
3. Калинин Н.А., Толмачёва Н.И. Космические методы исследования в метеорологии – Пермь: Пермский государственный университет, 2005. – 347 с.
4. Герман М.А. Космические методы исследования в метеорологии – Л.: Гидрометеоздат, 1985. – 351 с.
5. Герман М.А., Белов П.И., Назиров М. Лабораторный практикум по курсу: Космические методы исследования в метеорологии – Л.: Изд. ЛПИ (ЛГМИ), 1981. – 143 с.