

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДЕШИФРУВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

Методичні вказівки для студентів 1 курсу
до лабораторної роботи з дисципліни
„Методи дистанційного зондування навколишнього середовища”
Спеціальність: 193 Геодезія та землеустрій
Освітньо-професійна програма: Землеустрій і кадастр

Одеса – 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ДЕШИФРУВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДЛЯ СТУДЕНТІВ 1 КУРСУ
ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ З ДИСЦИПЛІНИ
„МЕТОДИ ДИСТАНЦІЙНОГО ЗОНДУВАННЯ НАВКОЛИШНЬОГО
СЕРЕДОВИЩА”
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ: 193 ГЕОДЕЗІЯ ТА ЗЕМЛЕУСТРІЙ
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА: ЗЕМЛЕУСТРІЙ І КАДАСТР

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні групи забезпечення
спеціальності 193 Геозембудівництво та землеустрою
« 31 » _____ 03 _____ 2022 року
протокол № 4

ОДЕСА – 2022

Дешифрування космічних знімків. 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. – 48 с.

ЗМІСТ

	стор.
Загальні вказівки до лабораторної роботи.....	4
Вступ.....	5
1. ОСНОВИ МЕТОДИКИ ВІЗУАЛЬНОГО ДЕШИФРУВАННЯ ЗНІМКІВ З МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СУПУТНИКІВ ЗЕМЛІ.....	6
2. ПРИКЛАД ДЕШИФРУВАННЯ СУПУТНИКОВОГО ЗНІМКА.....	31
3. ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ СТУДЕНТАМ НА ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ.....	34
Перелік посилань.....	48

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ

Мета лабораторної роботи:

навчитися практично застосовувати методику дешифрування гідрометеорологічних об'єктів на космічних знімках.

Порядок проведення і зміст лабораторної роботи:

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

на занятті вивчаються основи методики візуального дешифрування знімків з метеорологічних супутників Землі; дається відповідь на контрольні питання, наведені в даних методичних рекомендаціях по варіантах завдання; виконується варіант завдання по дешифруванню знімка; по ходу заняття студенти мають бути готовими відповісти на питання викладача. Варіант завдання обирається згідно з останньою цифрою номера залікової книжки.

Звіт про роботу:

звіт студентів про виконану роботу здійснюється шляхом усної відповіді на питання завдання і шляхом практичного письмового виконання дешифрування супутникового знімка.

Оцінювання виконаної роботи: здійснюється згідно до силлабуса дисципліни.

Після завершення лабораторного заняття студенти повинні уміти:

– дешифрувати гідрометеорологічні об'єкти на космічних знімках.

ВСТУП

Дані дистанційного зондування Землі зі 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 важкодоступних 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 витрачався 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 за концепцією „відкрите небо” Всесвітньої Метеорологічної Організації. Оперативне отримання споживачами цих даних гідрометеорологічного, екологічного й іншого призначення здійснюється за допомогою простих і надійних засобів прийому і обробки супутникової інформації.

1 ОСНОВИ МЕТОДИКИ ВІЗУАЛЬНОГО ДЕШИФРУВАННЯ ЗНІМКІВ З МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ СУПУТНИКІВ ЗЕМЛІ

Дешифруванням називається процес розпізнавання хмарного, снігового і крижаного покриву, туманів і об'єктів підстильної поверхні по телевізійних (ТВ) і інфрачервоних (ІЧ) знімках з метеорологічних супутників Землі (МСЗ).

Як основні ознаки в процесі дешифрування використовуються тон (яскравість) і малюнок (структура) зображення. Яскравість зображення істотно залежить від взаємної орієнтації Сонця, об'єкта і супутника, тому вона може змінюватися при зйомці однієї і тієї ж підстильної поверхні. На ТВ знімках, чіткість зображення на яких визначається відбивною здатністю у видимих ділянках сонячного спектра (альbedo), щільна хмарність має яскраво-білий тон. Водна поверхня, у якої найменше альbedo, матиме темний, майже чорний тон.

ІЧ апаратура, яка встановлена на МСЗ, приймає теплове випромінювання хмарного покриву і підстильної поверхні у будь-який час доби. На ІЧ знімках холодні об'єкти виглядають світлими, а теплі – темними. Яскравіші ділянки відповідають хмарам, які досягають найбільших висот і мають низьку температуру верхньої межі. У зв'язку з добовим ходом температури, поверхня суші в денний час має темніший тон, чим водна поверхня. У нічний час, коли суша охолоджується швидше, вона має світліший тон, чим водна поверхня.

На знімках з МСЗ виділяють п'ять основних градацій тону:

1. Яскраво-білі ділянки знімка відповідають хмарам великої вертикальної потужності і щільності (потужні купчасті і купчасто-дошові хмари, фронтальна шаруватоподібна хмарність).
2. Менш світлі ділянки – хмари середньої вертикальної потужності (форма хмарних утворень така ж, як при яскраво-білому тоні).
3. Світло-сірі ділянки – райони з не щільною хмарністю нижнього і середнього ярусів і тонкою перистоподібною хмарністю, а також зі світлими пісками, снігом і льодом.
4. Темно-сірі ділянки – зволожені райони суші, покриті лісом або іншою рослинністю при безхмарному небі.
5. Темні ділянки – океани, моря, озера, річки при ясному небі.

Кількість градацій яскравості залежить від ступеня досконалості бортової апаратури супутника і носить умовний суб'єктивний характер.

Яскравість зображення на знімках не є достатньою дешифрувальною ознакою за якою можна відрізнити хмари від підстильної поверхні морів і суші. Найбільш інформативними є різкі зміни тону зображення, які формують малюнок (структуру) зображення. Неоднорідність в просторовому розподілі тону (яскравості) спричиняє виникнення на

знімках малюнка різних масштабів.

Умовно на знімках можна виділити три типи структури:

- текстура або мікроструктура,
- мезоструктура,
- макроструктура.

Текстура або мікроструктура зображення

Під текстурою розуміється малюнок дрібних деталей зображення, який створюється відмінністю яскравості окремих елементів, розміри яких порівнянні з роздільною здатністю апаратури супутника.

Розрізняють чотири основні типи текстури:

- матову,
- зернисту,
- волокнисту,
- дендритову.

Матова текстура – однорідний тон зображення льоду, снігу, водної поверхні, зволжених і сухих ділянок суші, суцільного покриву шаруватоподібної хмарності, туману (рис. 1.1).

Зерниста текстура – купчасті хмари всіх форм і розмірів, просвіти в шарувато-купчастих хмарах, тіні від купчастих хмар на тлі сонячного відблиску. Різновид зернистої структури – куполоподібна текстура, це потужні купчасті і купчасто-дощові хмари низьких широт. Має світлі тони (рис. 1.2).

Волокниста текстура – волокна, нитки, смуги з нечіткими краями, витягнуті в довжину на десятки і сотні кілометрів. Це характерно для перистоподібної хмарності. Тон волокон світло-сірий (рис. 1.3).

Дендритова текстура – є зображення рельєфу місцевості, покриті снігом гори, туман в пересіченій місцевості, річкові долини, зайняті снігом, тріщини і розломи в морському льоду (рис. 1.4).



Рис. 1.1 – Матова текстура

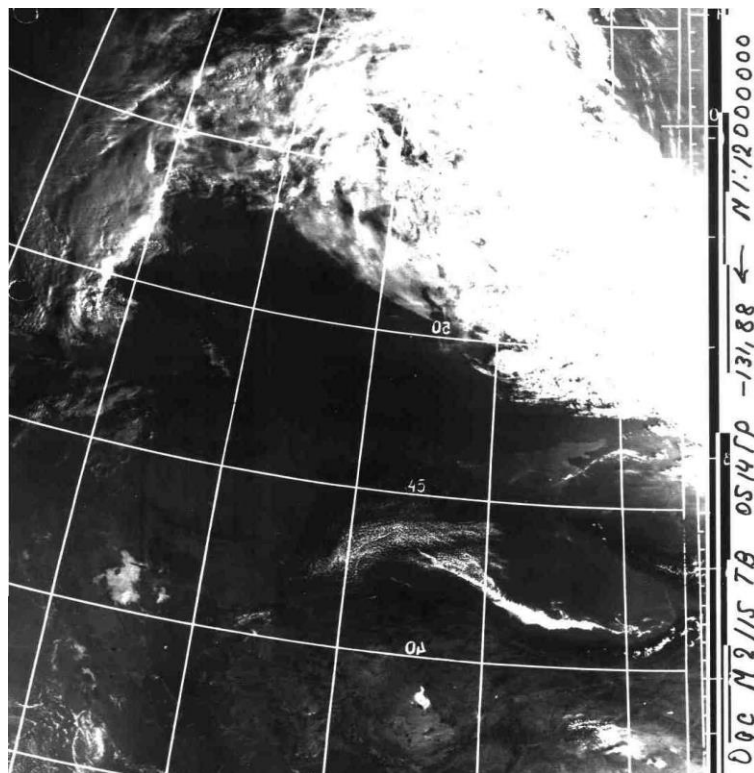


Рис. 1.2 – Зерниста текстура (нижня частина знімка)

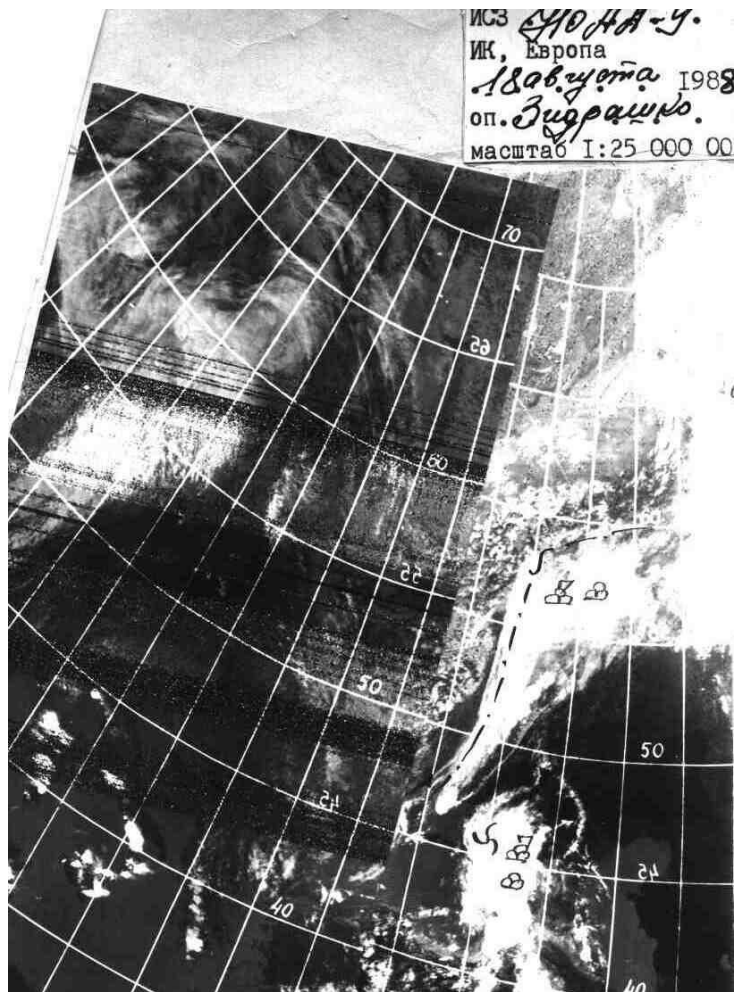


Рис. 1.3 – Волокниста текстура (верхня частина знімка)

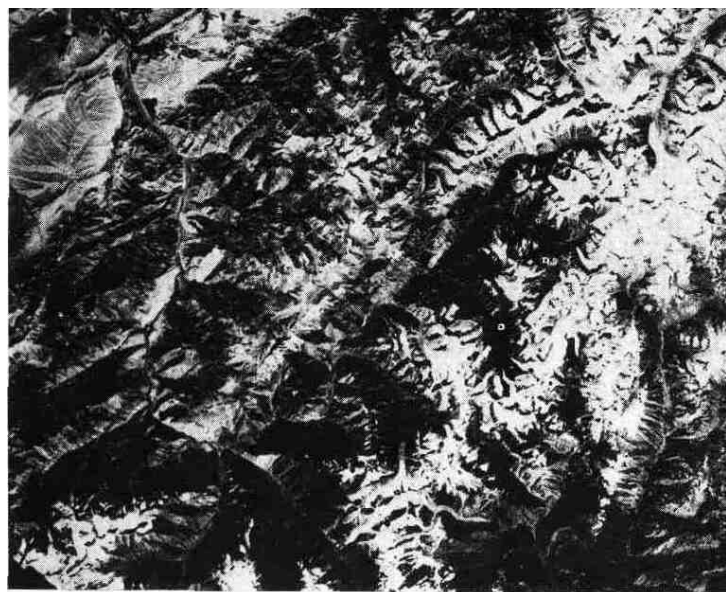


Рис. 1.4 – Дендритова текстура

Мезо- і макроструктура зображення

Під мезоструктурою розуміється малюнок середніх розмірів, який може мати свою мікроструктуру (текстуру) і яскравість зображення. Мезомасштабні утворення дають інформацію про розподіл повітряних потоків і стратифікації атмосфери.

Макроструктура – хмарна система синоптичного масштабу і виділяється на великих ділянках зображення, які створюються сотнями і тисячами елементів розкладання, розміри яких приблизно на 2-3 порядки більше від роздільної здатності апаратури супутника. Окремі ділянки макроструктури можуть мати свою мезоструктуру і текстуру.

Хмарні утворення мезоструктури і макроструктури об'єднуються по малюнку зображення і підрозділяються на такі типи:

- смугові,
- комірчасті,
- спіралеподібні,
- геометрично неправильні.

Смугова структура – в мезоструктурі це хмарні лінії і пасма з купчастоподібних і шаруватоподібних хмар, напрям яких збігається з напрямом вітру біля землі (рис. 1.5). У макроструктурі це хмарні смуги тропосферних фронтів, передфронтальних ліній шквалів, хмарності струминних течій, позатропічних зон конвергенції. Найчіткіше виділяються хмарні смуги, які пов'язані з фронтальними розділами.

Хмарні смуги холодних фронтів мають світлий тон зображення (від яскраво-білого до світло-сірого) з досить чіткими межами як з боку холодної, так і з боку теплої повітряної маси. Смуги сформовані шаруватоподібною і купчасто-дощовою хмарністю. Хмарні смуги холодного фронту можуть мати помітну циклонну кривизну (прогинаються у бік теплого повітря).

Хмарні смуги теплих фронтів, як правило, не мають різко окреслених меж і простежуються лише в початковій стадії розвитку циклону. Хмарні смуги характеризуються матовою текстурою світлого тону. Часто хмарна смуга теплого фронту має розриви або включає яскравіші плями округлої форми, які представляють осередки купчасто-дощової хмарності.

Хмарними смугами фронтів оклюзії є хмарні зони великої ширини, всередині яких можуть спостерігатися окремі просвіти. Тон зображення світлий (від яскраво білого до світло-сірого), а текстура залежить від типу фронту оклюзії.

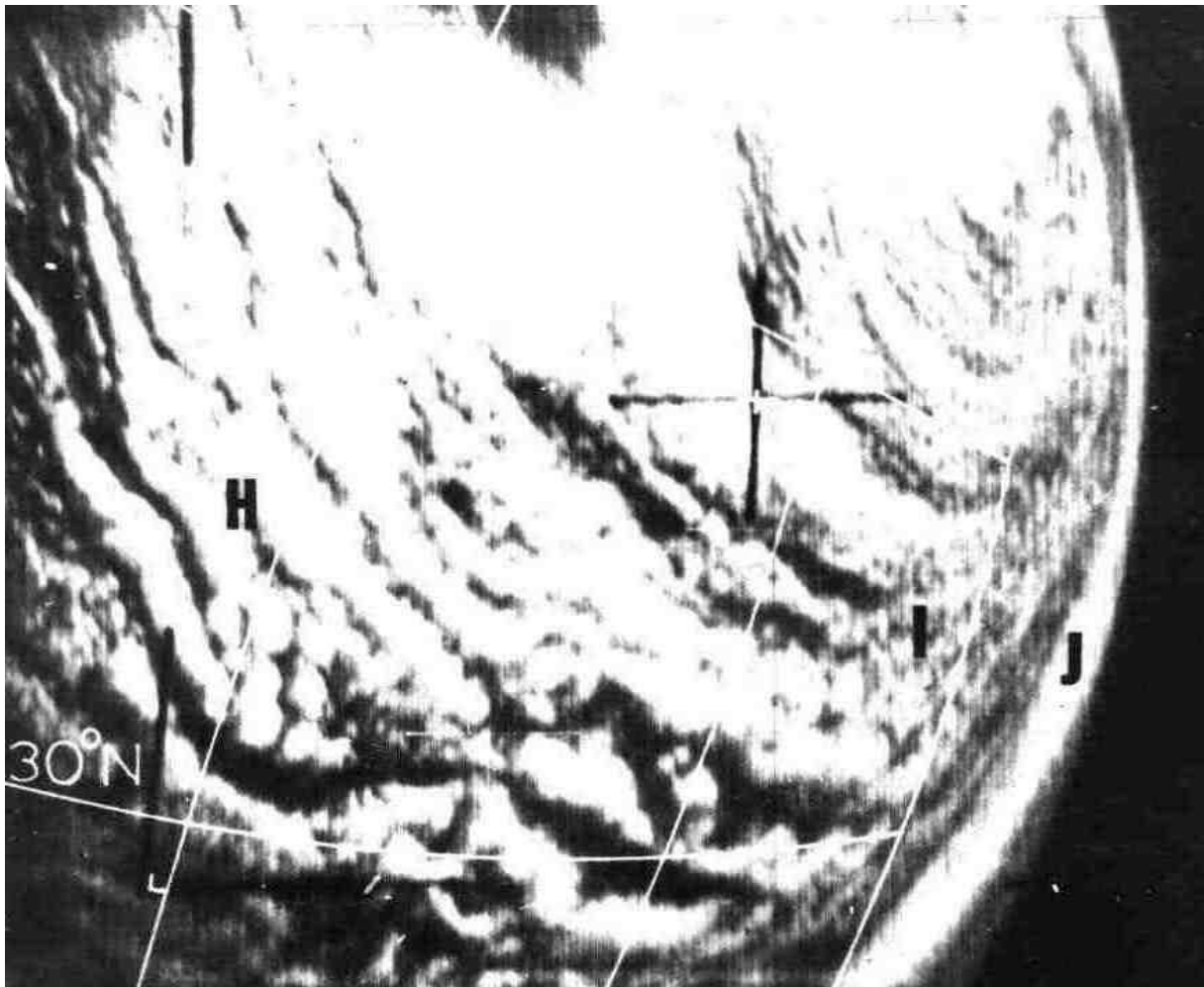


Рис. 1.5 – Смогова мезоструктура хмарних утворень

Якщо в хмарній смузі переважає шаруватоподібна хмарність, то текстура – матова, якщо переважає купчасто-дощова і купчастоподібна, то зерниста. Добре помітна кривизна хмарної смуги поблизу центра циклону, аж до утворення спіралі навколо центра замкнутої циклонної циркуляції. На рис. 1.6 представлено три типи хмарних смуг макроструктури холодного і теплого фронтів і фронту оклюзії. У тилу циклону – комірчаста мезоструктура.

Хмарні смуги струминних течій (СТ) мають вигляд суцільної широкої смуги світлого тону і волокнистої текстури, яка орієнтована по потоку у верхній тропосфері і розташована на теплій стороні СТ. Хмарні смуги СТ формуються перистими або перисто-шаруватими хмарами у вигляді смуг шириною 400-600 км, а іноді і більше. Довжина смуги перистоподібної хмарності над океанами досягає 1500-2700 км. (див. рис. 1.7).

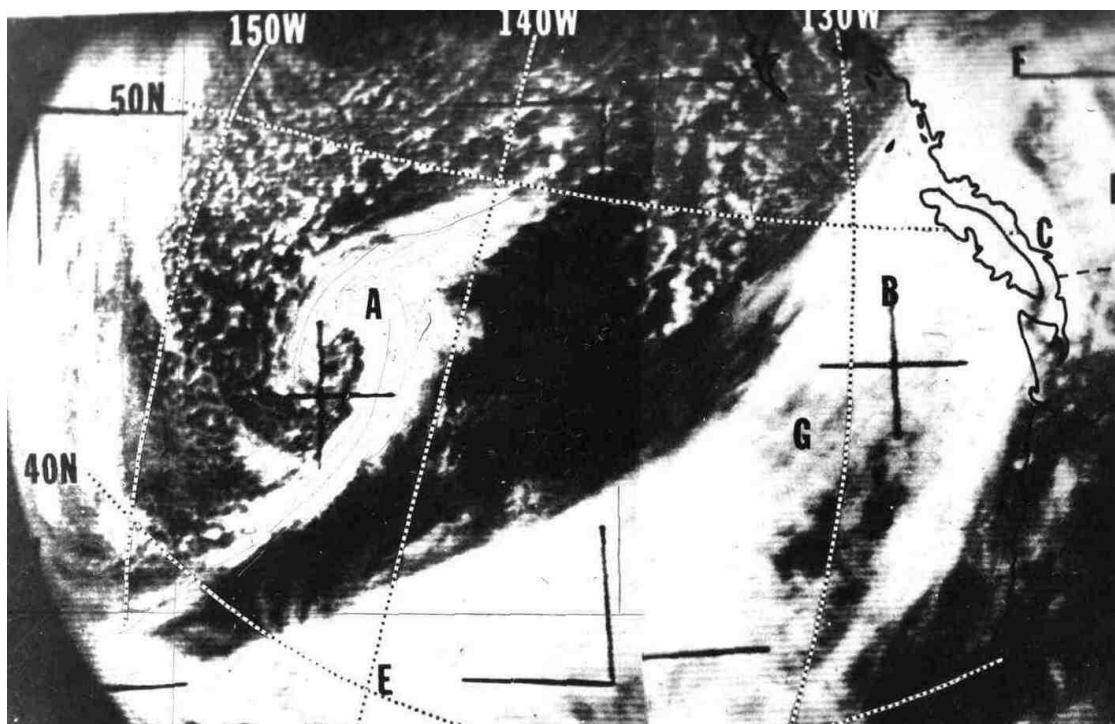


Рис. 1.6 – Смогова мезоструктура хмарних утворень

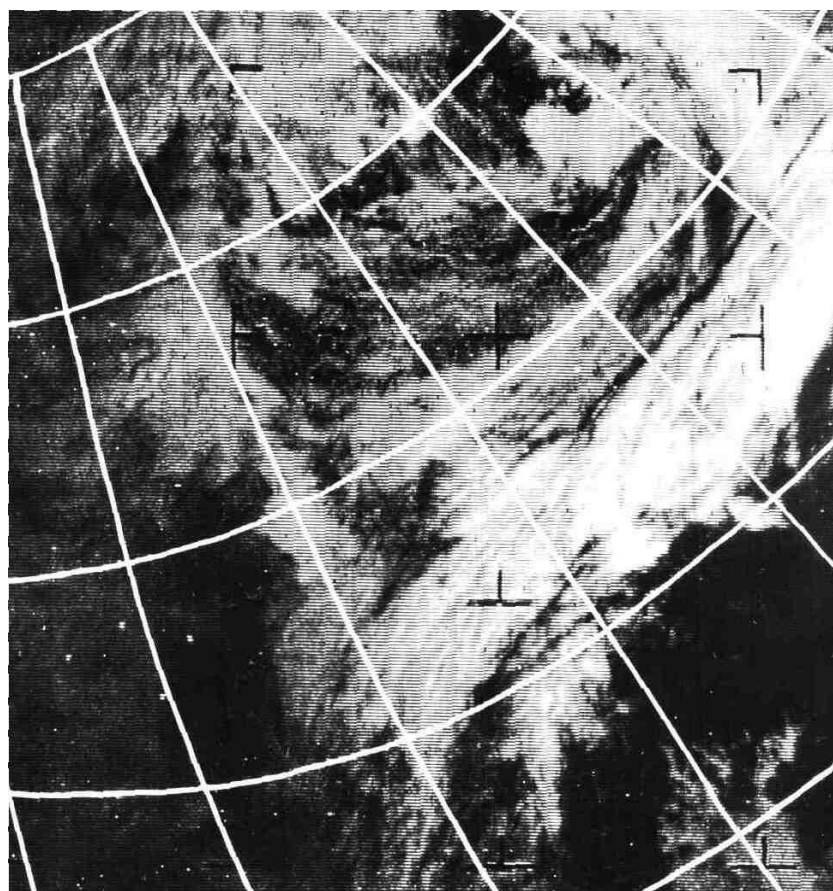


Рис. 1.7 – Хмарні смуги струминних течій

Комірчаста структура – хмарні осередки характерні для полів купчастих і шарувато-купчастих хмар, які утворюються в тилкових частинах циклонів або в областях зниженого тиску. Конвективні осередки бувають двох видів: відкриті конвективні осередки, які мають кільцеподібну форму з безхмарним центром, і закриті конвективні осередки у вигляді симетрично розташованих хмарних утворень округлої форми з хмарним центром. На рис. 1.8 представлена осередкова структура (крупні осередки) і зерниста (у вигляді смуг із зерен).

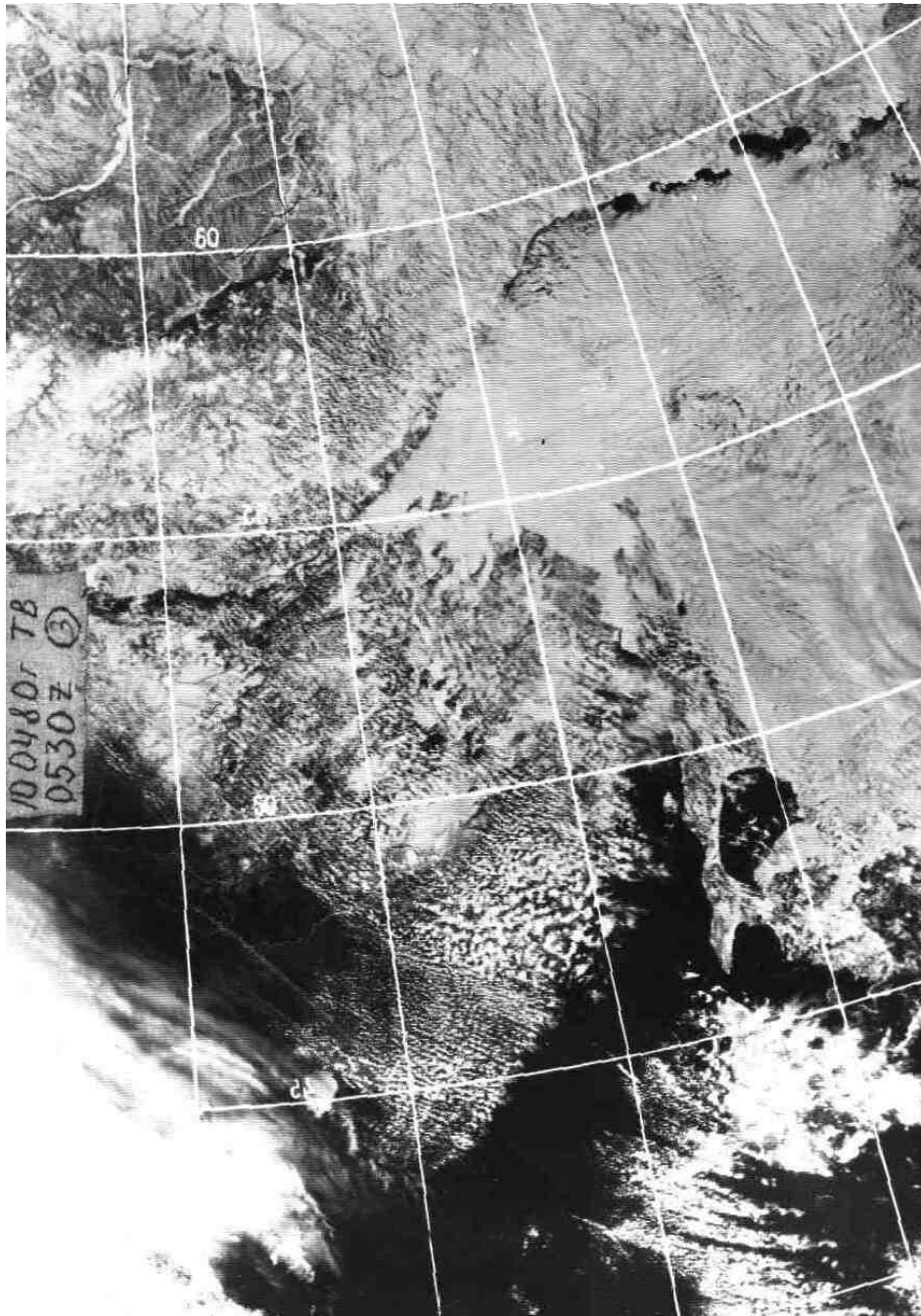


Рис. 1.8 – Осередкова і зерниста структури

Спіралеподібна (вихрова) структура – в мезоструктурі – це мезомасштабні вихори орографічного і конвективного характеру, а також вторинні мезовихори в тилкових частинах циклонів. Розміри мезовихорів зазвичай невеликі і становлять близько 200-300 км в діаметрі. Хмарна система їх сформована з хмар купчасто-дощових форм, іноді може спостерігатися і шаруватоподібна хмарність. Мезовихори можуть мати вигляд дуги або коми (див. рис. 1.9).



Рис. 1.9 – Спіралеподібна (вихрова) мезоструктура (північна Камчатка)

У макроструктурі спіралеподібна структура характерна для хмарності, пов'язаної з циклонами позатропічних і тропічних широт. У помірних широтах хмарні вихори зазвичай пов'язані з циклонами у стадії їх максимального розвитку і початку стадії заповнення або оклюдування. Хмарна смуга має вигляд спіралі яскраво-білого тону з матовою текстурою

по центру спіралі і складається із шаруватоподібної і купчасто-дощової хмарності. У міру заповнення циклону в спіралеподібній хмарній смузі з'являються просвіти і смуги безхмарного неба, що є характерним для шарувато-купчастої і купчастої хмарності (див. рис. 1.10).

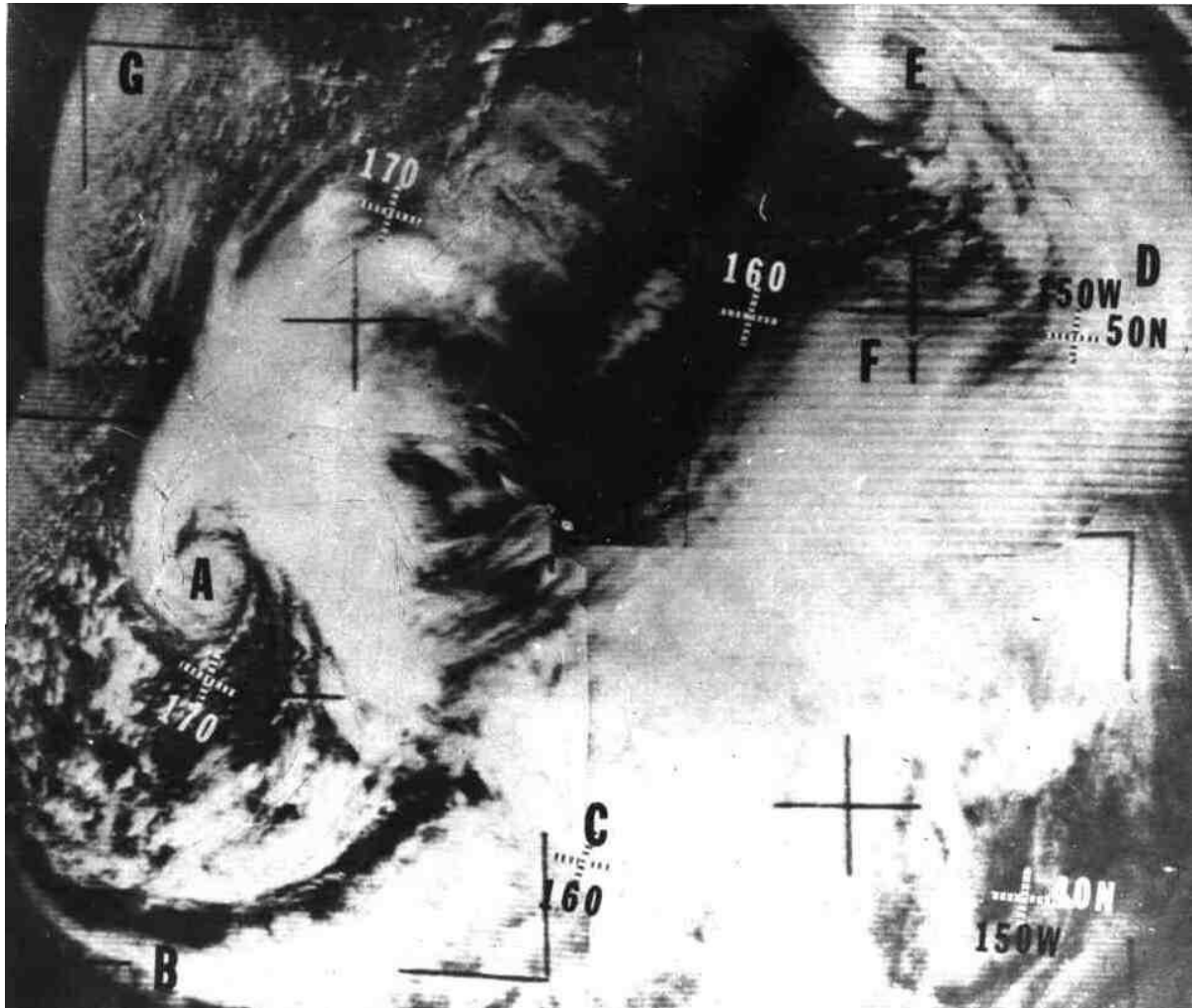


Рис. 1.10 – Спіралеподібна (вихрова) макроструктура з фронтальними смугами (Тихий океан)

Геометрично неправильна структура – хмарні утворення, що часто зустрічаються, і ділянки підстильної поверхні, які представляють значні складнощі при дешифруванні. Це означає, що в мезомасштабі і макромасштабі не можна конкретно виділити основні типи структури зображення. В цьому випадку в макроструктурі малюнка слід виділити райони з певним типом мезоструктури або мікроструктури (текстури) малюнка зображень (див. рис. 1.11).

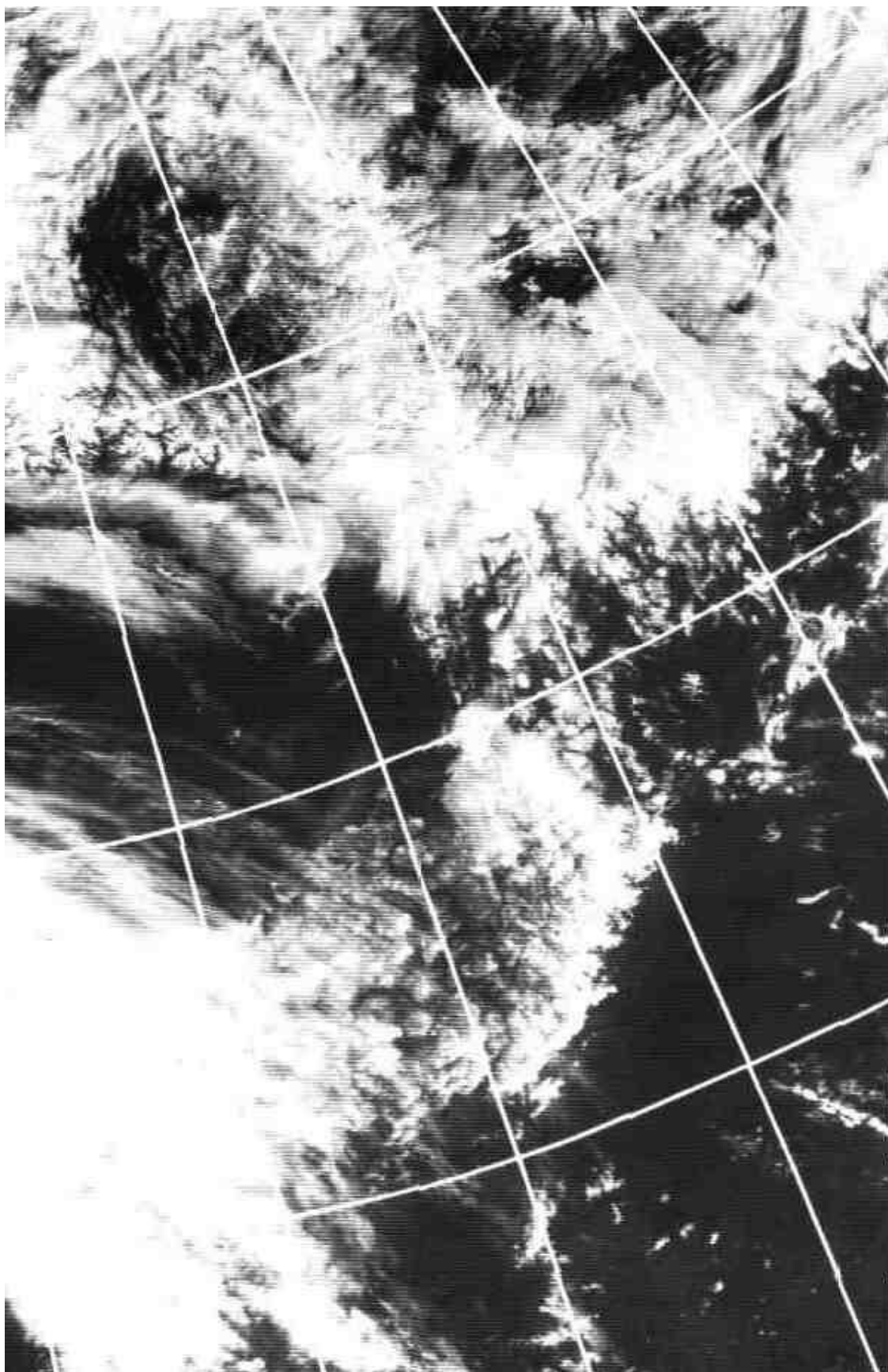


Рис. 1.11 – Геометрично неправильна структура (центр знімка)

Дешифрування знімків хмарності

Зображення хмарності, одержані з супутників, вигідно відрізняються від наземних спостережень тим, що дають цілісну картину розподілу хмар над величезними територіями, які є сумірними з основними синоптичними об'єктами. Це дозволяє за характером малюнка зображення на знімках вивчати неоднорідності хмарного покриву різного масштабу, багато з яких для дискретних наземних спостережень практично невліпові. Разом з цим слід мати на увазі і труднощі, зв'язані з визначенням форм хмарності на космічних знімках, які однозначно ідентифікувати не завжди вдається.

Відомо, що чим менше розміри роздільного елемента на місцевості, тим з більшими подробицями видно зняті об'єкти і точніше їх дешифрування. Окремі хмари розміру меншого, чим елемент розділу, на місцевості не розрізняються, а хмарні поля, що складаються з хмар такого розміру, виглядають на космічних знімках у вигляді однорідної світлої пелени, подібно до тонких хмар тієї або іншої яскравості.

При дешифруванні космічних знімків не завжди вдається точно визначити форми морфологічної класифікації хмар через фотографічну схожість більшості з них між собою. Тому в супутниковій метеорології користуються умовною класифікацією (типізацією), рекомендованою Всесвітньою Метеорологічною Організацією (ВМО). Класифікація хмарності складена з урахуванням інформативної спроможності космічних знімків. Згідно з рекомендацією ВМО, виділяють такі основні типи хмарності, кожен з яких може включати не тільки відповідні форми морфологічної класифікації: купчасті, шаруваті, перисті й ін., але і всілякі різновиди хмар всіх ярусів, що створюють на знімках схожий зоровий ефект: купчасто-подібні, шарувато-подібні, шарувато-купчасто-подібні, купчасто-дощові, перисто-подібні, різні поєднання вказаних типів – хмарні асоціації.

Купчасто-подібна хмарність. Зображення купчасто-подібної хмарності на знімках створюється купчастими, потужними купчастими, висококупчастими, перисто-купчастими хмарами. Кількість хмарності може бути різною, але, як правило, хмарність не суцільна. Тон зображення купчасто-подібної хмарності на знімках відрізняється великою неоднорідністю яскравості (рис. 1.12).

Купчасто-подібна хмарність найчастіше спостерігається в областях холодних і оклюдованих фронтів, в тилкових частинах циклонів, а також над водною поверхнею і сушею за наявності розвиненої конвекції.

Шарувато-подібна хмарність. Зображення шарувато-подібної хмарності на знімках створюється шарувато-дощовими, шаруватими, високо шаруватими і щільними перисто-шаруватими хмарами. Окрім цього деякі хмари (наприклад, висококупчасті і шарувато-купчасті), що складаються з дрібних хмарних елементів, розділених просторами менше

елементів розділу апаратури, можуть виглядати так само, як шаруватоподібні.

Як правило, поля шаруватоподібної хмарності мають великі горизонтальні розміри. На знімках, отриманих у видимій ділянці спектра (область А на рис. 1.13), шаруватоподібна хмарність має матову текстуру, тон зображення від білого до сірого в залежності від потужності хмар і висоти Сонця. Тон зображення щільних шаруватоподібних хмар зазвичай білий, іноді – яскраво-білий, а тонких – світло-сірий.

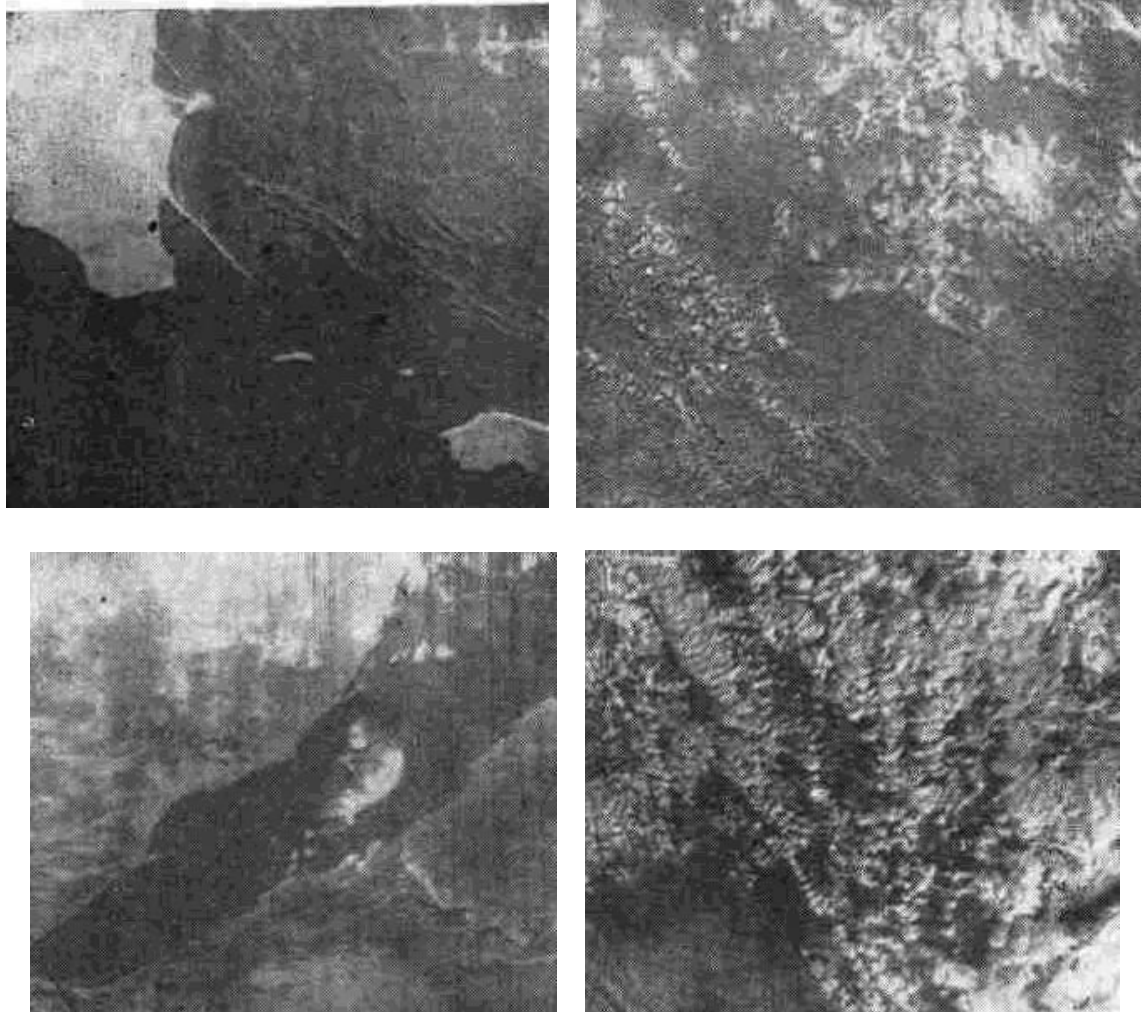


Рис. 1.12 – Різновиди купчасто-подібної хмарності
(купчасті хмари над морем, купчасті хмари над сушею, потужна хмара, що злилася, поперечником близько 100 км над Червоним морем, купчасті і шарувато-купчасті хмари над сушею)

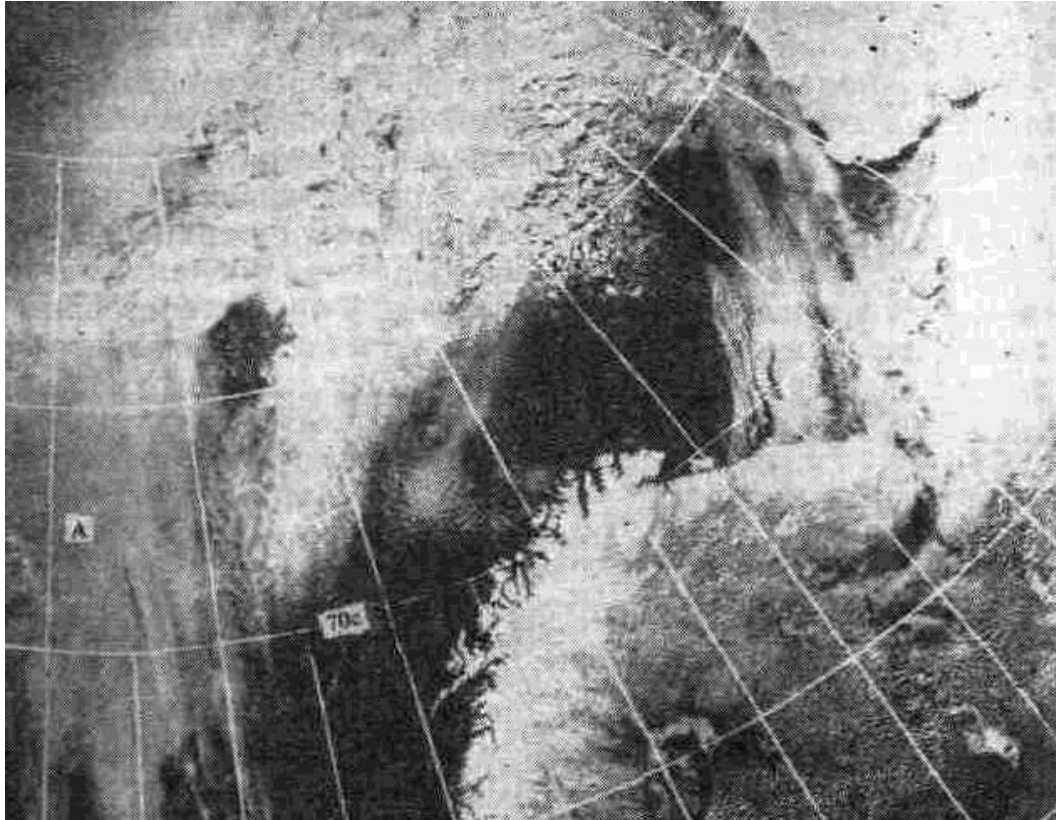


Рис. 1.13 – Шаруватоподібна хмарність у видимому діапазоні

Шаруватоподібна хмарність часто спостерігається у поєднанні з купчасто-подібною. В цьому випадку матовий тон зображення, характерний для шаруватоподібної хмарності, буде дещо порушений вкрапленнями зерен або крупніших хмарних елементів сферичних форм. Нерідко в шаруватоподібну хмарність бувають вкраплені купчасто-дошові хмари, які на знімках виглядають як яскраво-білі плями на менш яскравому однорідному фоні. Іноді присутність купчасто-дошових хмар можна виявити по тінях від їх вершин, які виступають над верхньою кромкою шаруватоподібних хмар. Шарувато подібна хмарність буває суцільною або значною.

Якщо температурний перепад між верхньою межею хмар і підстильною поверхнею дуже малий, то на ІЧ знімках шаруватоподібну хмарність розпізнати важко. Особливо складно виділити шаруватоподібні хмари по зображеннях на нічних ІЧ знімках, оскільки контраст температури між хмарами і підстильною поверхнею вночі зменшується. При потужних приземних інверсіях, які виникають вночі унаслідок вихолодження, верхня межа шаруватоподібної хмарності має вищу температуру, ніж навколишня місцевість. У цих випадках хмари на ІЧ знімках виглядають темнішими за безхмарний простір.

Шарувато-купчасто-подібна хмарність. Зображенню купчасто-подібної хмарності відповідають, як правило, шарувато-купчасті хмари

(рис. 1.14). Дуже часто ця хмарність формується в холодному вологому повітрі в підінверсному шарі і має невелику вертикальну протяжність.



Рис. 1.14 – Шарувато-купчастоподібна хмарність

Хмарні елементи мають округлу форму. Діаметр їх змінюється від 10 до 100 км. Розмір безхмарних проміжків у декілька разів менше хмарних елементів. Останні мають вигляд закритих осередків квазішестикутної форми. Кількість хмарності змінюється від значної до суцільної.

Тон зображення шарувато-купчастоподібної хмарності на знімках, отриманих у видимій ділянці спектра, міняється від білого в центрі хмарного елемента до світло-сірого на його периферії. Дуже часто на знімках у видимій ділянці спектра хмарність нагадує зовнішнім виглядом гальку.

Тон зображення на ІЧ знімках від світло-сірого до темно-сірого. У тому випадку, коли відстані між хмарними елементами малі, хмарність на знімку має вигляд суцільної сірої пелени, яка часто зливається з підстильною поверхнею. У тих випадках, коли шарувато-купчасті хмари знаходяться над однорідною поверхнею суші або водною поверхнею,

температура якої трохи відрізняється від температури верхньої межі хмар, їх буває дуже важко розпізнати на ІЧ знімках.

Купчасто-дощові хмари. Основними дешифровними ознаками зображень купчасто-дощових хмар на знімках, отриманих у видимій ділянці спектра, є:

- яскравий (яскраво-білий) тон зображення;
- чітко окреслені контури хмарності, добре помітні на тлі підстильної поверхні, і легко пізнавані на тлі будь-якої іншої хмарності;
- значні коливання горизонтальних розмірів;
- характерні викиди (шлейф) ковадел перистих хмар.

На зображеннях видимої ділянки спектра купчасто-дощові хмари представлені яскраво-білими однорідними плямами (рис. 1.15).

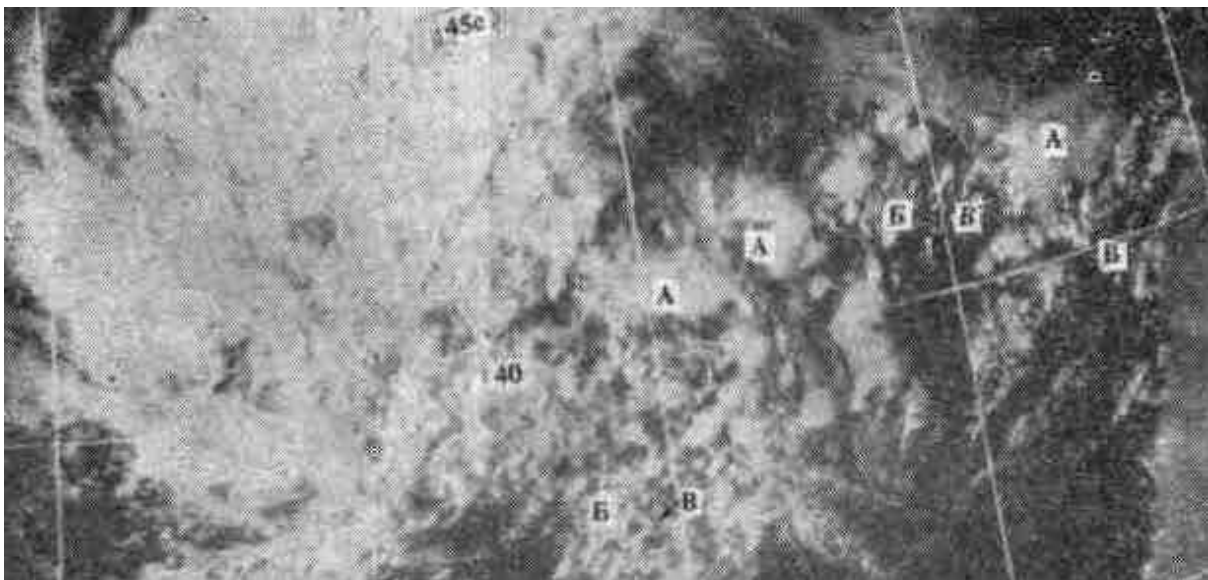


Рис. 1.15 – Купчасто-дощові (А), потужні купчасті (Б) і дрібні купчасті (В) хмари

Перистоподібна хмарність. Зображення перистоподібної хмарності на знімках створюється всіма формами перистих хмар (рис. 1.16).

До перисто-подібних хмар можуть бути віднесені не тільки перисті хмари, але і хмарні поля інших форм, що мають аналогічну структуру. Так, наприклад, за відсутності інших розпізнавальних ознак ізольоване поле адвективного туману над відкритим морем створює на знімку такий же фотографічний ефект, що і перисті хмари. Проте знання фізичного механізму і району утворення тих або інших хмарних утворень, урахування історії, а також залучення інших джерел дозволяють правильно ідентифікувати типи хмарності.

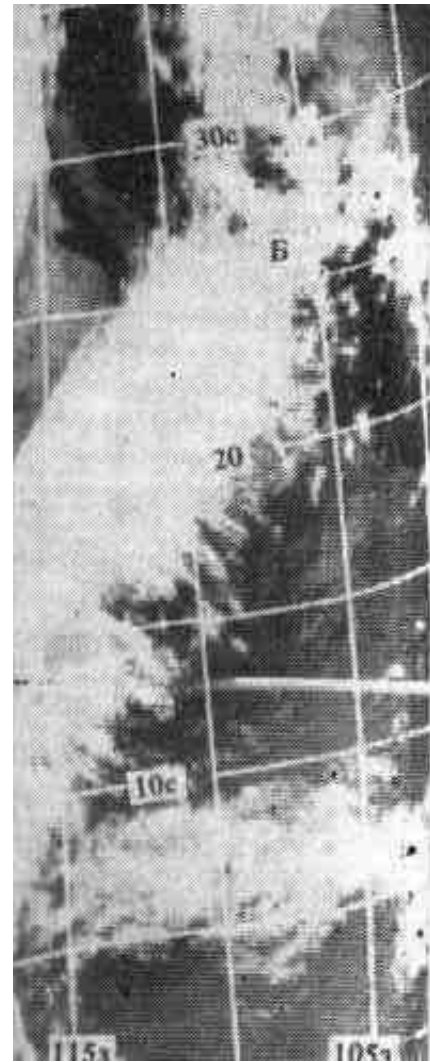
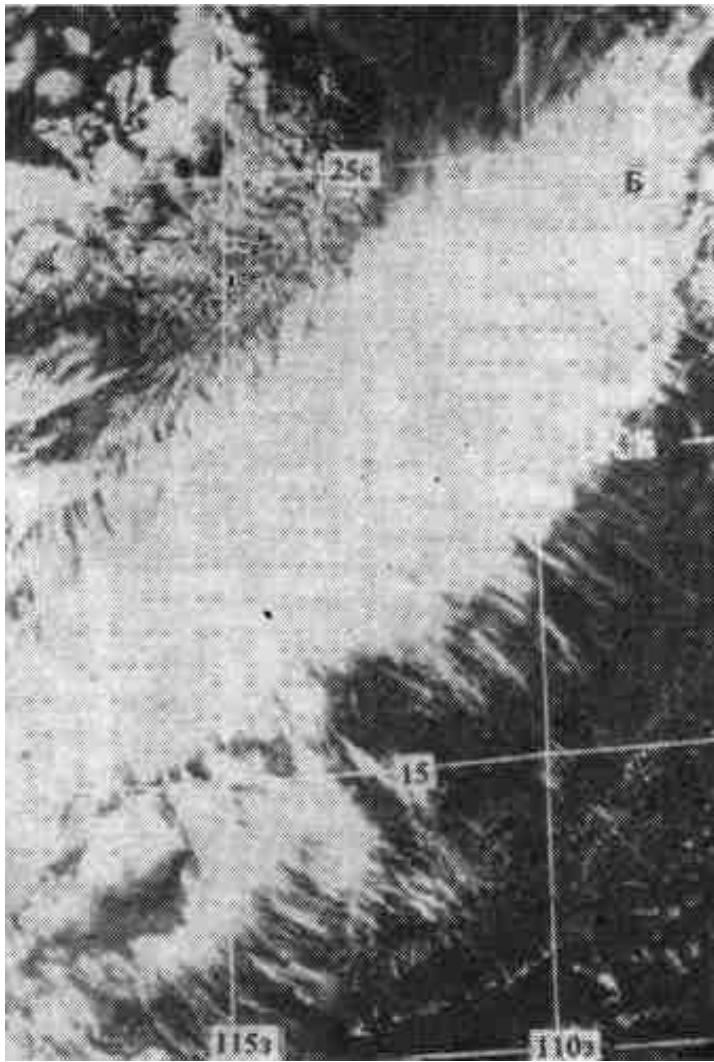


Рис. 1.16 – Перистоподібна хмарність у видимому і ІЧ діапазонах

Перистоподібна хмарність може бути пізнана на зображеннях в більшості випадків за волокнистою текстурою і за асоціацією з іншими хмарами, такими, наприклад, як купчасто-дощові. Істотну допомогу надає також знання географії місцевості. Перисті ниткоподібні хмари на космічних знімках зазвичай мають волокнисту текстуру, причому чітка текстура спостерігається тільки на знімку у видимому діапазоні. Волокниста текстура перистих хмар на ІЧ знімках не є видимою. Тон зображення перистих ниткоподібних хмар у видимому діапазоні в залежності від характеру підстильної поверхні змінюється від сірого до світло-сірого. Ці хмари утворюють смуги шириною 50 – 100 км і завдовжки до 1000 км. Крізь них ясно видно підстильну поверхню і купчасті хмари. Тон ІЧ зображення перистих ниткоподібних хмар змінюється від сірого до світло-сірого.

На знімках видимого діапазону тон зображення щільної перистої хмарності міняється від світло-сірого до білого. Найбільш яскраві ділянки

на знімках відповідають щільнішим хмарним елементам, які часто відкидають добре помітні тіні. Елементи хмарного зображення можуть бути круглими або довгастими. Яскравість щільних перистих хмар сильно зменшується від центру їх до периферії.

На інфрачервоних знімках тон зображення щільних перистих хмар, що мають низьку температуру і не пропускають випромінювання підстильної поверхні, білий або яскраво-білий. Причому яскравість, так само як і на знімках, отриманих у видимому діапазоні, убуває від центральної частини хмарного масиву до його периферії.

Дешифрування хмарності над снігом і льодом

Відомо, що переважні види льодів арктичних морів і хмарність мають приблизно однакову відбивну здатність, тому для пізнання хмар понад льодами виникає необхідність вивчення ряду послідовних знімків кожного району, де проводиться космічна зйомка. Такий аналіз дозволяє виявити за даних умов зйомки стійкі риси малюнка зображення підстильної поверхні, які незначно змінюються від дня до дня, і нестійкі в часі його особливості, що створюються появою хмарності. Необхідно також враховувати характер фізичних процесів, що приводять до утворення хмар, вважаючи, що над снігом і льодом конвективні рухи, які охоплюють велику товщу атмосфери, зазвичай не отримують розвитку і переважною формою хмар є хмари шаруватих форм, що займають великі площі.

Хмарність на світлому фоні підстильної поверхні може бути виявлена на знімках, отриманих у видимій ділянці спектра, за зміною малюнка, що виявляється в порушенні чіткості зображення характерних об'єктів підстильної поверхні або повному їх зникненні.

На зображенні засніженої суші такими орієнтирами, в першу чергу, є темні і темно-сірі плями і смуги лісових масивів, темні і темно-сірі звивисті лінії заліснених річкових долин, берегові лінії, дендритова текстура зображення гірських хребтів і ін., а на зображенні крижаного покриву – темні смуги і лінії ополонок, каналів і розводдів, темні плями розріджень в льоду і тому подібне. За наявності щільної хмарності ці темні стійкі в часі орієнтири не проглядаються на знімку, а крізь тонкі хмари вони виглядають нечітко, як крізь сіру або світло-сіру вуаль. Тонкі хмари, що просвічують, хоча і зменшують контрастність зображення підстильної поверхні, але не повністю згладжують її неоднорідність, унаслідок чого створюється враження присутності хмар різних форм. Крім того, хмарність по знімках, отриманих у видимому діапазоні, може бути виявлена за тінями, відкинутими хмарами, добре видимими на світлому фоні, і за підвищеною яскравістю обернених до Сонця опуклостей хмар в порівнянні з яскравістю підстильної поверхні (рис. 1.17).

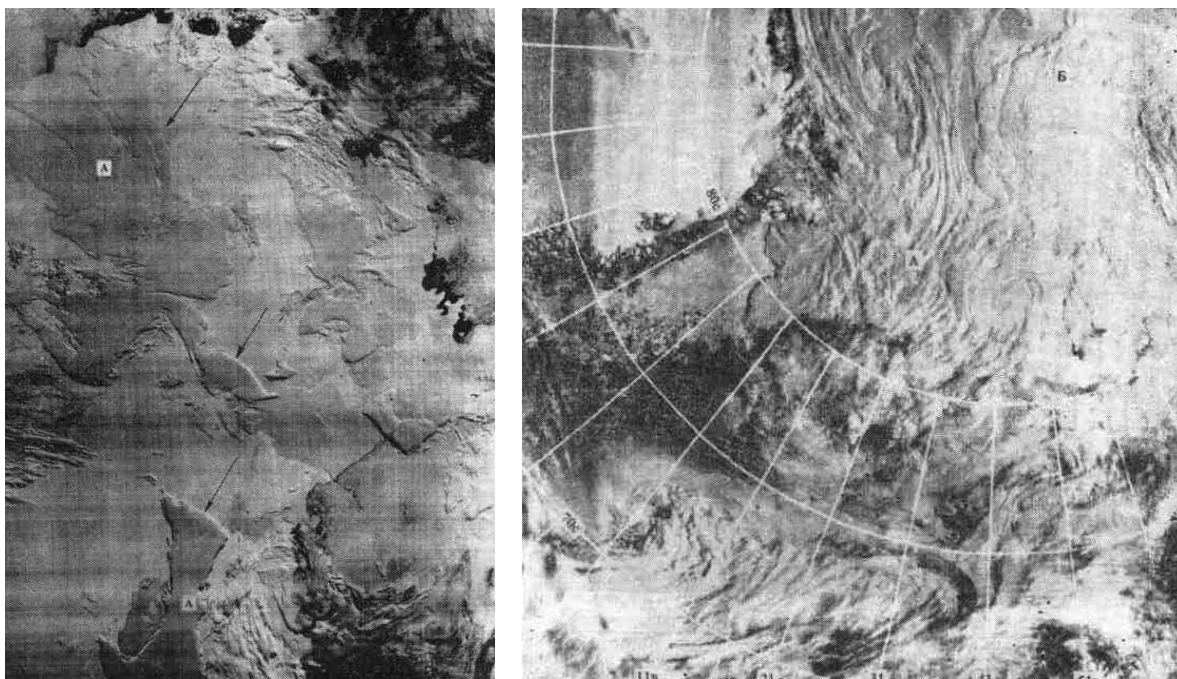


Рис. 1.17 – Шаруваті і шарувато-купчасті хмари (А, ліворуч) з рівною однорідною верхньою межею над згуртованим льодом і снігом у видимій ділянці спектра (стрілкою вказано напрям сонячних променів) і шаруватоподібна хмарність (А, Б праворуч) з дуже нерівною поверхнею понад льодом і снігом у видимій ділянці спектра

Дешифрування літометеорів і гідрометеорів на знімках, отриманих у видимій ділянці спектра

Висока роздільна здатність сучасних знімків, отриманих у видимому діапазоні з МСЗ, дозволяє виявляти завислі в повітрі і несені вітром частинки снігу, піску і пилу. Вони виявляються в тих випадках, коли відбивна здатність частинок сильно відрізняється від відбивної здатності підстильної поверхні і коли шар цих частинок є достатньо потужним.

Сірий пісок або пил над темною водною поверхнею або над засніженою поверхнею, сніг над відкритою водною поверхнею, дим над залісною місцевістю й ін. – це найбільш часті явища, які простежуються на знімках видимого діапазону. Завислі частинки пилу або піску, несені вітром, утворюють „хмару”, яка іноді погіршує видимість земних орієнтирів або повністю приховує їх зображення на знімках видимого діапазону. Пил виглядає тьмяним серпанком, який є подібним потужним перисто-шаруватим хмарам. Несений з суші на водну поверхню, він маскує берегову лінію. Контури пилових хмар виглядають не чіткими (рис.1.18).

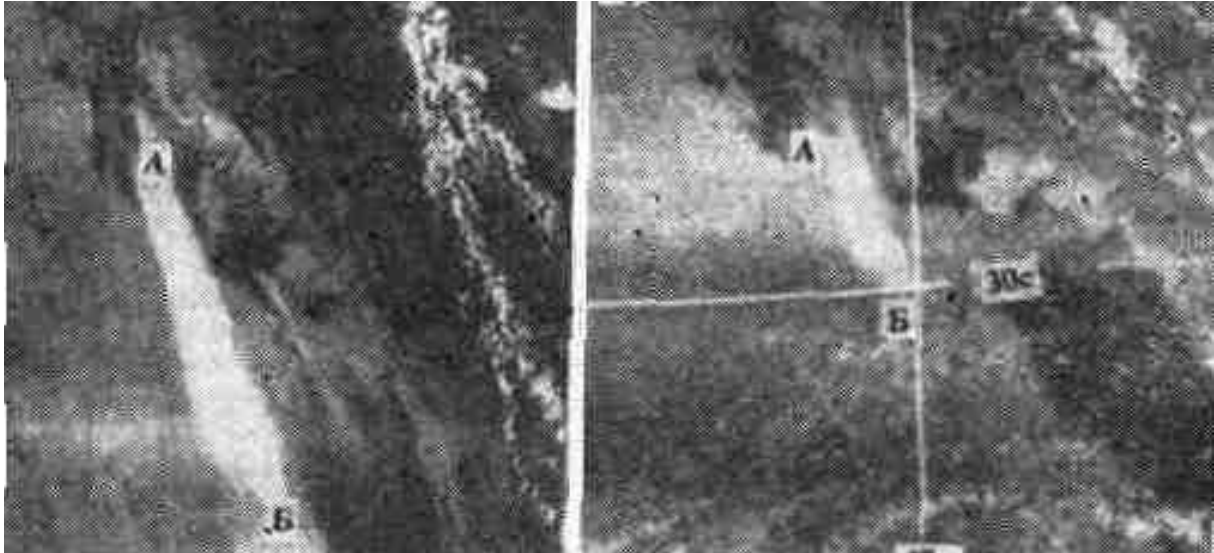


Рис. 1.18 – Пилові хмари (АБ – „шлейфи” пилової бурі)

На зображеннях, отриманих у видимій ділянці спектра, добре простежується таке явище, як здування снігу, коли в результаті сильних вітрів (до 30–40 м/с) спостерігається руйнування снігового покриву. На знімках видимого діапазону в цьому районі замість звичного снігового малюнка спостерігається майже чорна пляма (звільнена від снігу ділянка землі), від якої тягнеться шлейф світлішого тону, вказуючи на те, в якому напрямі переноситься сніг, що здувається, разом з верхніми шарами землі (рис. 1.19).

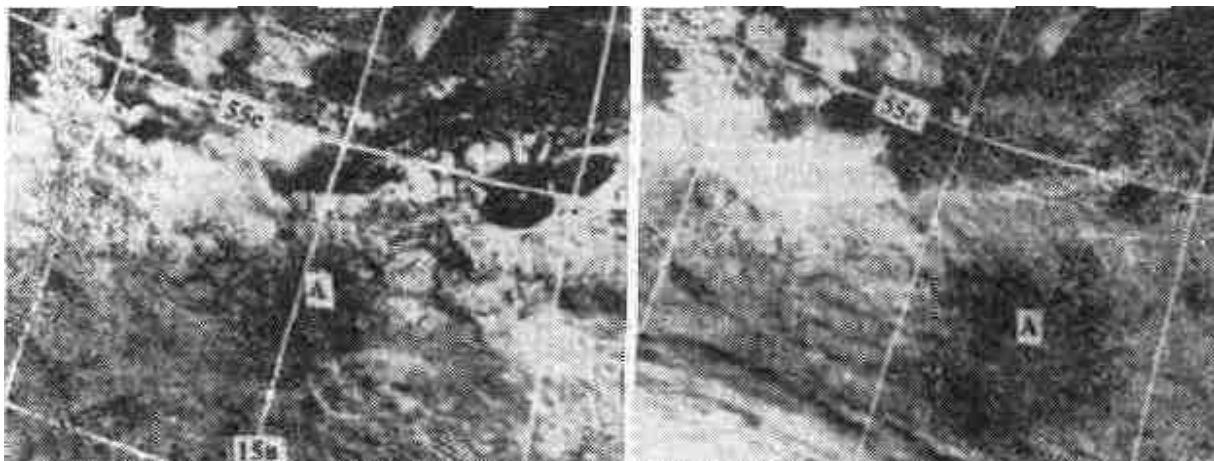


Рис. 1.19 – Сніг (А), що здувається разом з верхніми шарами землі

Особливості сумісного дешифрування знімків, одночасно отриманих в різних діапазонах спектра

Зображення у видимій ділянці спектра дають уявлення про розподіл хмарності за площею, про тип хмарності та її мезоструктуру, але лише на освітленій частині Землі. У ІЧ-діапазоні чітко видно мікроструктуру хмарності і відносну висоту її верхньої межі, причому однаково добре як вдень, так і вночі.

Сумісне дешифрування знімків дозволяє уточнити важливі деталі зображення того або іншого об'єкта. Порівняння зображень однакових об'єктів показує, що одні й ті ж особливості підстильної поверхні і хмарності можуть виявлятися на знімках по-різному. Так, тон зображення водної поверхні на ІЧ знімках залежить від часу доби і змінюється від світлого до чорного при зміні дня і ночі, тоді як на знімках видимої ділянки спектра водна поверхня постійно темна, окрім зображення відблиску на воді. Холодна потужна хмарність з високою відбивною здатністю, пов'язана з циклонами, і купчасто-дощовими хмарами, на знімках, отриманих у видимому і інфрачервоному діапазонах, має однакову яскравість.

Тіні від хмар і сонячні відблиски видно тільки на знімках, отриманих у видимому діапазоні. Низькі шаруваті хмари і туман на цих знімках мають білий тон зображення, тоді як на ІЧ знімках через малий контраст температури верхньої межі з підстильною поверхнею можуть зовсім не проглядатися або мають темно-сірий тон.

На знімках, отриманих у видимій ділянці спектра, при ідентифікації хмарності в значній мірі допомагають структура (малюнок) зображення, тіні і яскраві плями, що виникають за рахунок ярусності у вертикальному розподілі хмарності, і характер верхньої межі. На ІЧ знімках ідентифікації хмарності допомагають тільки відмінності яскравості, що виникають внаслідок різної висоти хмар, а, отже, різної температури верхньої межі.

Сумісний аналіз інфрачервоних і надвисокочастотних (НВЧ) зображень дозволяє вирішувати такі завдання:

- уточнити географічну прив'язку;
- виділити із загальної маси хмар чисто кристалічні хмари;
- встановити факт випадання рідиннокрапельних опадів;
- оцінити відносну вертикальну потужність хмарних масивів, розташованих в одному і тому ж районі;
- визначити межу крижаних полів.

Методика уточнення прив'язки ІЧ знімків по НВЧ зображенням зводиться до пізнання характерних деталей контурів берегових ліній материків. Дуже часто берегова кромка закрыта хмарами і тому на ІЧ знімках її не видно, в той же час на НВЧ зображеннях вона служить гарним орієнтиром.

На рис. 1.20 наведені знімки хмарного вихору, отримані в мікрохвильовому і інфрачервоному діапазонах. Сумісний аналіз зображень дозволяє уточнити зону опадів, яка простежується на НВЧ знімку в центральній частині хмарного вихору (у смузі від 45° до 55° півн. ш.).

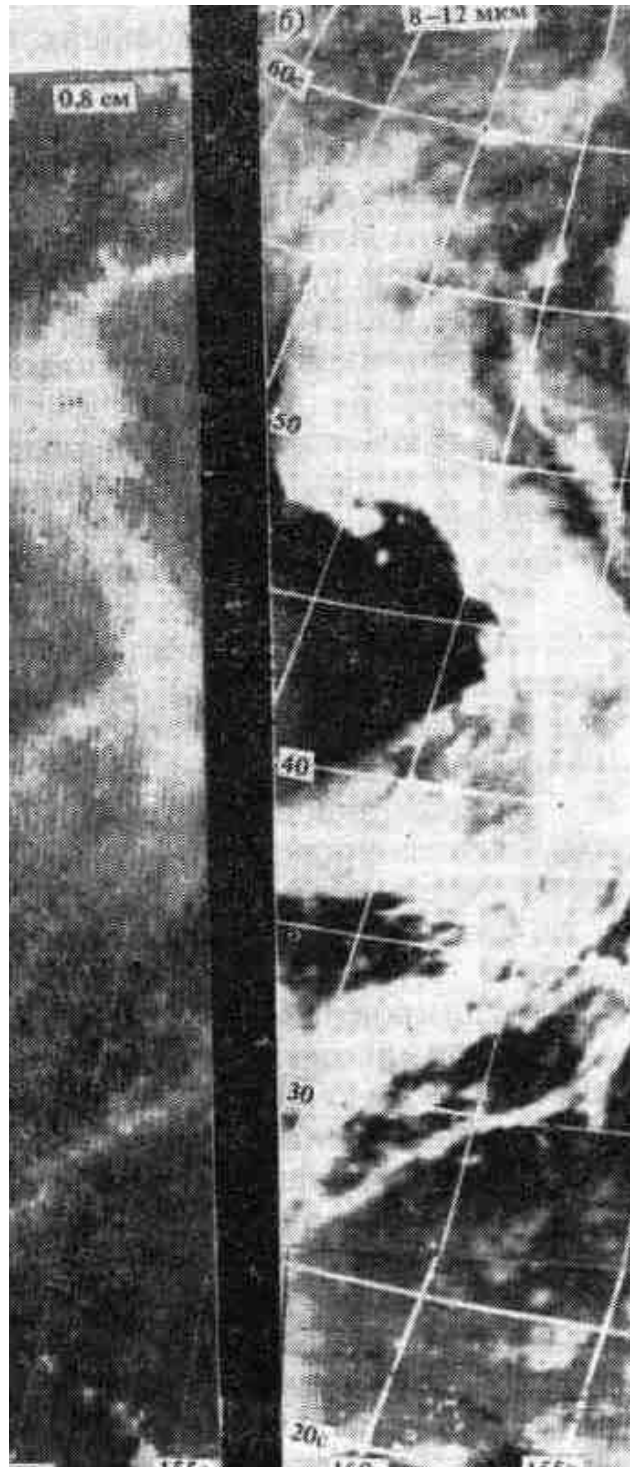


Рис. 1.20 – Зображення хмарного вихору над Тихим океаном в мікрохвильовому і інфрачервоному діапазонах

Дешифрування знімків підстильної поверхні

Різниця у відбивній здатності різних ділянок земної поверхні дає можливість на знімках видимого діапазону відрізнити сушу від водної поверхні, бачити берегові лінії, долини крупних річок, озера і острови, межі суцільних морських льодів, покриті снігом гірські масиви і рівнини і ін.

Особливості підстильної поверхні (контури берегів, гірські масиви, річки, озера і ін.), що виявляються на космічних знімках, дозволяють не тільки впевненіше ідентифікувати райони розташування хмарності, туману, снігу і льоду, але і служать орієнтирами для оцінки і уточнення географічної прив'язки знімків.

Дешифрування об'єктів суші в теплу пору року. Основними дешифровними ознаками об'єктів суші є структура і тон зображення. Постійність контурів цих об'єктів на всіх знімках і їх збіг з відповідними контурами на географічних картах істотно спрощують дешифрування. За відсутності хмарності об'єкти суші можна виділити на знімку, якщо їх розміри перевищують розміри елемента розділу знімка, за контрастом між ними і фоном, а також за характерним малюнком зображення. Ступінь подробиці зображення берегової лінії, елементів рельєфу й інших географічних об'єктів залежить від роздільної здатності апаратури.

Зображення на знімках, отриманих у видимому діапазоні, дозволяють розрізняти основні типи підстильної поверхні, які різко відрізняються один від одного за відбивною здатністю. Найбільш характерними з них є:

- пустельні райони,
- водна поверхня,
- снігова поверхня,
- райони, покриті рослинністю (ліс, степ і тому подібне).

Природно, що земна поверхня залежно від типу ландшафту відображається на знімках різними півтонами, що створюють визначений, властивий даному ландшафту, малюнок.

Встановлено, що тепловий фон, на якому випромінює хмарність в інфрачервоній області спектра, менш стійкий, чим фон яскравості у видимій ділянці спектра. Це зумовлено тим, що у зв'язку із зміною припливу сонячної радіації температура підстильної поверхні має не тільки сезонні коливання, але і значний добовий хід, який істотно залежить від характеру підстильної поверхні (суша, вода, пустеля, рослинний покрив і т.п.).

Для зображення підстильної поверхні на ІЧ знімках зазвичай характерні темні тони. Контрастність таких зображень коливається в межах 2–3 градацій яскравості. Це дозволяє, за наявності відповідної різниці температур, відрізнити гірські райони від рівнинних, бачити берегові лінії і долини великих річок, крупні озера і острови, межі

скупчених морських льодів.

Дешифрування об'єктів суші в холодну пору року. Дослідження показують, що зображення покритих снігом територій суші в зимовий період створюються на знімках, отриманих у видимому діапазоні, головним чином елементами рельєфу місцевості, сумірними з елементами розділу знімка. У кожній ландшафтній зоні формується свій індивідуальний малюнок залежно від форми рельєфу, характеру розповсюдження, ступеня зімкнутості і видів рослинності над сніговим покривом. Цей малюнок зберігає свої основні риси в зимовий період навіть при великій висоті снігового покриву. Причину квазіпостійності малюнка зображення засніженої підстильної поверхні зимою слід бачити в тому, що коливання відбивної здатності снігу на великих площах порівняно невеликі. Однорідність яскравості засніжених територій особливо сильно порушують високі гірські хребти, річкові долини, а також масиви хвойних лісів, що мають низьку відбивну здатність. Характерною стійкою в часі особливістю зображення покритих снігом і льодовиками високих гірських систем є його дендритова текстура, в якій переважний світлий тон засніжених і позбавлених рослинності хребтів розчленовується темними смугами і лініями, які відповідають покритим лісами долинам.

У весняний період під час танення снігу зображення снігового покриву зазнає істотних змін. Так, з початком танення яскравість снігу швидко знижується, і зображення підстильної поверхні міняє тональність від світлої до темно-сірої. Порушення цілісності снігового покриву фіксується по появі на зображенні темних плям, смуг і ліній, що вказує на місця найбільшого танення снігу. Зображення території, що звільняється від снігу, іноді набирає вигляду світлих і темних плям, смуг і ліній, які підкреслюють багато деталей ландшафту місцевості, яких раніше не було видно на знімку.

Дешифрування берегової лінії. За відсутності хмарності на супутникових знімках добре простежується берегова лінія материків, контури островів і півостровів.

На рис. 1.21 чітко виділяється берегова лінія континенту (півострови Кольський, Канін) і о. Колгуєв. Світлий тон зображення суші на цьому знімку пояснюється наявністю снігового покриву на континенті і острові, а також наявністю припаю льоду біля о. Колгуєв. Припай льоду в останньому випадку повторює контури берега острова.

Дешифрування морських льодів. Чорно-біле зображення на космічних знімках задовільно передає природне забарвлення льодяних об'єктів, розміри яких перевищують розділ знімків.

Такими об'єктами є припай, щільні дрейфуючі льоди, окремі скупчення дрейфуючих льодів (рис. 1.22). Контраст між зображенням льодяних утворень і чистої води достатньо великий. За відсутності хмарності області, покриті такими льодами, добре виділяються за стійким

контуром і тоном.

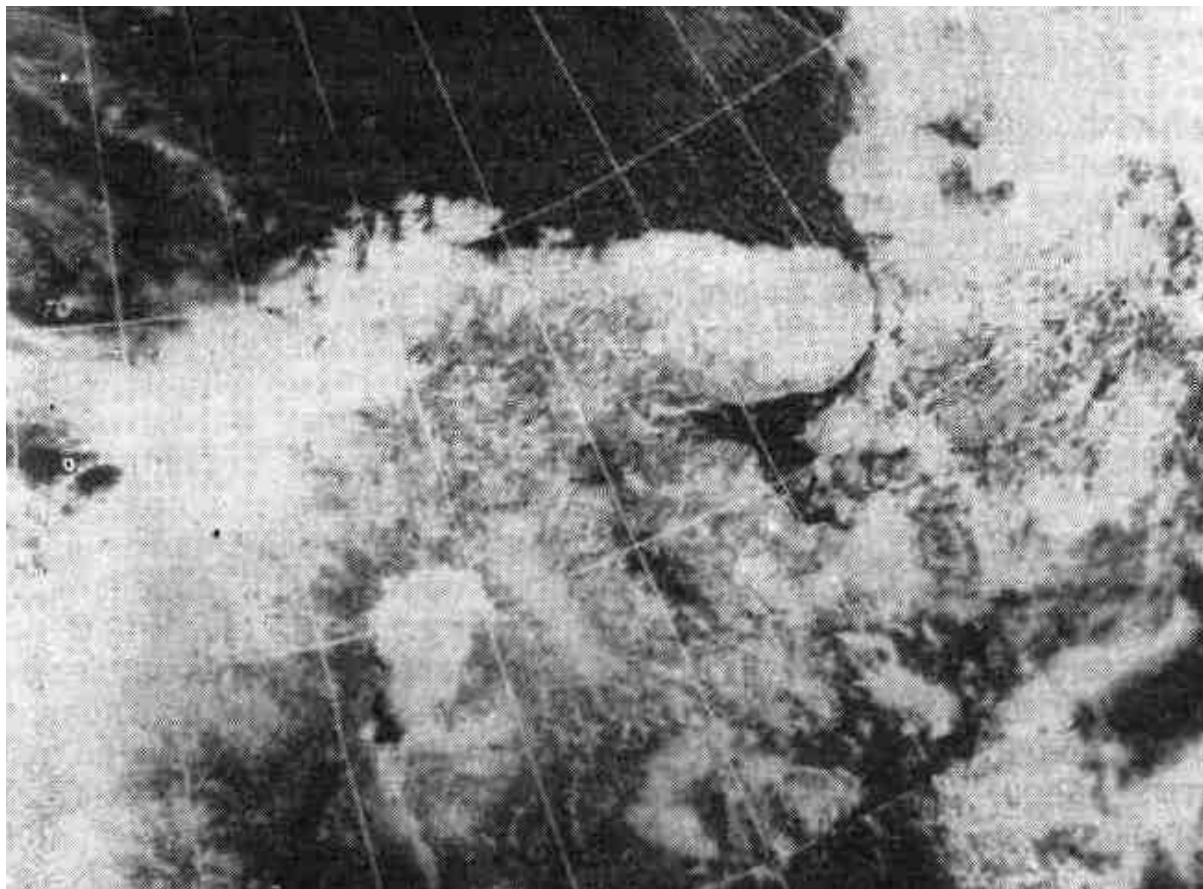


Рис. 1.21 – Берегова лінія півночі Європи

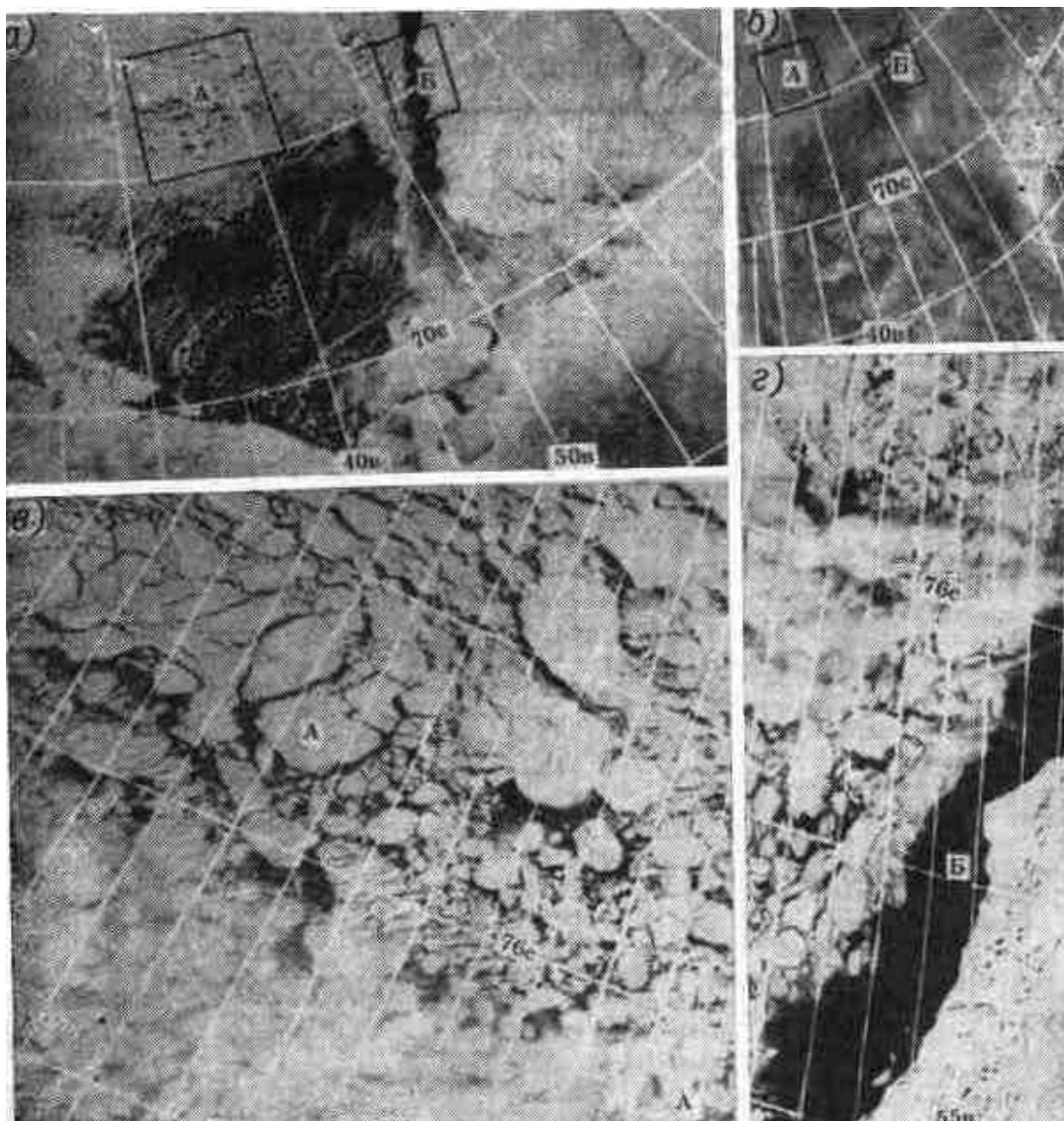


Рис. 1.22 – Космічні знімки масивів щільного дрейфуючого льоду у видимій (а, в, г) і інфрачервоній (б) ділянках спектра. Виразно видно канали і розводдя у вигляді темних ламаних ліній. Зміна положення і ширини ополонки біля узбережжя і островів дозволяє визначити напрям дрейфу льодів

Примітки: А – масив щільного дрейфуючого льоду (8 балів); Б – ополонка, що утворилася з підвітряного боку острова; б) у районі А структура льоду не проглядається; в, г) знімки в масштабі 1:3000000 відповідають квадратам А і Б, виділеним на знімку а).

2 ПРИКЛАД ДЕШИФРУВАННЯ СУПУТНИКОВОГО ЗНІМКА

Як приклад розглянемо телевізійний знімок за 3.10.80 р., час 4-а год. 36 хв. – 4-а год. 45хв. МСЗ „Метеор”. (див. рис. 2.1).

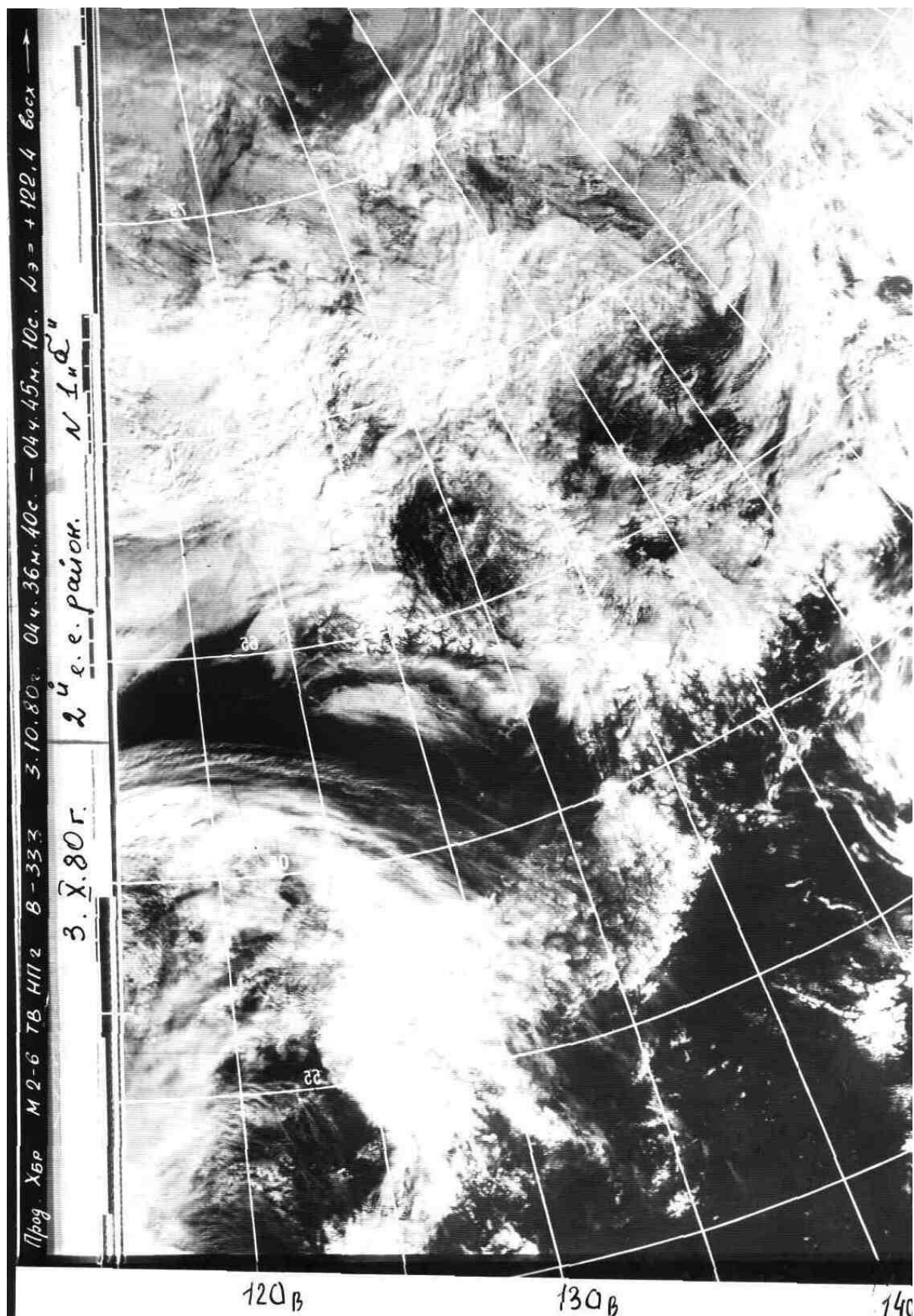


Рис. 2.1 – Телевізійний знімок з МСЗ „Метеор”

Знімок зроблено в межах географічних координат: 115–165⁰ сх.д; 50–80⁰ півн.ш. На малюнку від 62⁰ півн.ш. до 80⁰ півн.ш., а на схід від 130⁰ сх.д. – від 55⁰ півн.ш. до 80⁰ півн.ш. спостерігається геометрично неправильна макроструктура, в якій можна виділити ділянки з різними видами мезоструктур і текстур.

У квадраті: 65–80⁰ півн.ш.; 115–130⁰ сх.д. спостерігається матова текстура з різною тональністю, від яскраво-білого до світло-сірого тону, характерного для шаруватоподібної хмарності різної вертикальної протяжності. На півночі квадрата, місцями в матовій текстурі видно просвіти безхмарного неба – темна тональність. Вище за шаруватоподібною хмарністю (матова текстура) видно смугову мезоструктуру, з осередками уздовж смуг – це смуги шаруватокупчастої хмарності, яка спостерігається вище шаруватоподібною. Аналогічну мезоструктуру і текстуру можна виділити і в інших районах геометрично неправильної макроструктури.

Між 65⁰ і 70⁰ півн.ш. виділяються дві ділянки з просвітами в хмарній системі, вони мають темну тональність. В центрі просвітів спостерігається волокниста, зерниста і куполоподібна текстура з різною тональністю – це хмари верхнього і середнього ярусу, купчастої хмарності.

Уздовж 65⁰ півн.ш., обмеженою 125⁰ і 135⁰ сх.д., видно характерну дендритову текстуру, при яасному небі видно рельєф суші. На тлі снігу (яскравий тон), ділянки суші без снігу (темний тон) мають вигляд трапецій, зламів.

На схід від 135⁰ сх.д., південніше за 62⁰ півн.ш. і до кінця малюнка спостерігається осередкова мезоструктура, місцями у вигляді скупчень, від яскравої до менш світлої тональності, вона характерна для купчастої і купчасто-дошової хмарності.

У нижній, лівій половині малюнка, від 115⁰ до 130⁰ сх.д. і від 63⁰ до 50⁰ півн.ш., яскраво виражена смугова макроструктура, характерна для зони фронтальної хмарності. Уздовж смуг спостерігається матова текстура яскравої тональності, – це багат шарова, щільна шаруватоподібна хмарність.

Перед фронтальною смугою (на північ від неї) спостерігається волокниста текстура – смуги хмар верхнього ярусу світло-сірої тональності.

По периферії фронтальної смуги, ближче до 130⁰ сх.д., на тлі матової текстури спостерігається осередкова мезоструктура від яскравої до менш світлої тональності, що характерно для купчастої і шаруватокупчастої хмарності, яка спостерігається вище за тонку шаруватоподібну хмарність, а місцями і без неї.

У тилу фронтальної смуги, на захід від 125⁰ сх.д, спостерігаються ділянки темного тону з безхмарним небом, а також ділянки з волокнистою, зернистою і куполоподібною текстурою від темно-сірого до світло-сірого

тону – це хмари верхнього, середнього ярусу і купчастоподібна хмарність. На захід від цієї ділянки – матова текстура світло-сірого тону, характерна для туману і не щільної шаруватоподібної хмарності.

Студентові рекомендується так само зробити дешифрування знімка МСЗ відповідно до варіанта завдання, при цьому обов'язкове дотримання такого порядку опису знімка:

- вказати координати (можна територію) об'єктів за всіма градаціями яскравості тону;
- вказати координати (територію) з різними типами текстури, мезоструктури і макроструктури; і яким хмарним утворенням вони відповідають;
- по можливості, дати оцінку синоптичних процесів, характерних для кожного виду структури об'єктів.

3 ВАРІАНТИ ЗАВДАНЬ СТУДЕНТАМ НА ЛАБОРАТОРНУ РОБОТУ

Теоретичні питання

Варіант 1

1. Вкажіть принципи одержання інформації з телевізійних знімків.
2. Від чого залежить тон зображення на знімках?
3. Вкажіть основні градації тону зображення на знімках.
4. Які масштаби структур розпізнаються на знімках ТВ і ІЧ?
5. Що розуміється під текстурою зображення і її основні типи малюнка?
6. Які типи малюнка характерні для мезо і макроструктур?
7. Вкажіть типи умовної класифікації форм хмарних утворень, які використовуються при дешифруванні.
8. Особливості дешифрування підстильної поверхні (вода-суша) на ТВ знімках.
9. Вкажіть особливості дешифрування суші на ІЧ знімках.
10. Вкажіть, для яких об'єктів підстильної поверхні характерна дендритова текстура?

Варіант 2

1. Що розуміється під „текстурою” зображення?
2. Яка роздільна здатність ТВ-апаратури на супутниках типу „Метеор”?
3. Вкажіть основні дешифровні ознаки на знімках МСЗ.
4. Які прилади використовуються на МСЗ для отримання ІЧ-інформації?

5. Вкажіть основні дешифровні ознаки перистоподібної хмарності.
6. Яка ширина огляду ТВ-апаратури на супутниках „НОАА”?
7. Яка структура і тон зображення хмарності холодного фронту?
8. Дайте характеристику зернистої текстури зображення.
9. Що таке дешифрування космічних знімків?
10. Від чого залежить яскравість тону зображення на знімках МСЗ?

Варіант 3

1. Охарактеризуйте хмарні смуги струминних течій.
2. Дайте характеристику осередкової мезоструктури і її зв'язок з вертикальними рухами.
3. Вкажіть основний принцип прийому ІЧ-інформації з МСЗ.
4. Які об'єкти на знімках мають яскраво-білий тон зображення?
5. Які основні дешифровні ознаки купчасто-дощової хмарності?
6. Яка роздільна здатність ІЧ-апаратури на супутниках „Метеор”?
7. Вкажіть структуру і тон хмарності теплого фронту.
8. У чому відмінності осередкової і зернистої структури зображення?
9. Як міняється тон зображення хмарності при зміні її щільності?
10. Вкажіть основні типи структури зображення.

Варіант 4

1. Що розуміють під „мезоструктурою” зображення?
2. Особливості дешифрування підстильної поверхні (вода-суша) на ІЧ знімках?
3. Структура і тон зображення хмарності фронту оклюзії?
4. Вкажіть основні дешифровні ознаки шаруватоподібної хмарності.
5. Дайте характеристику зернистої текстури зображення.
6. Які ділянки на знімках МСЗ мають світло-сірий тон зображення?
7. Особливості дешифрування підстильної поверхні на ТВ знімках?
8. Охарактеризуйте смугову мезоструктуру зображення.
9. Вкажіть відмінності в зображеннях купчасто-дощової і купчасто-дощової хмарності.
10. Яка ширина огляду ТВ-апаратури на супутниках „Метеор”?

Варіант 5

1. Вкажіть відмінності в принципі прийому ТВ і ІЧ-інформації з МСЗ.
2. Основні дешифровні ознаки зображення купчасто-дощової хмарності.
3. Охарактеризуйте геометрично неправильну макроструктуру зображення.
4. Яка роздільна здатність ТВ-апаратури на супутниках „НОАА”?
5. Залежність яскравості зображення від температури об'єкту на ІЧ знімках.
6. Які об'єкти на знімках мають темний тон зображення?

7. Вкажіть основні типи класифікації хмарних утворень на знімках МСЗ.
8. Структура і тон зображення хмарності холодного фронту.
9. Дайте характеристику волокнистої текстури зображення.
10. Вкажіть основні типи малюнка, які характерні для макроструктури зображення.

Варіант 6

1. Вкажіть основні градації тону зображення на знімках МСЗ.
2. Основні дешифровні ознаки шарувато-купчастоподібної хмарності?
3. Дайте характеристику матової текстури зображення.
4. Що таке роздільна здатність апаратури супутника?
5. Які об'єкти на знімках мають тон зображення „менш світлий”?
6. Яка ширина огляду ІЧ-апаратури на супутниках „Метеор”?
7. Як залежить яскравість зображення на знімках від щільності хмарності?
8. Що розуміється під „макроструктурою” зображення?
9. Який вид сонячної радіації приймається ТВ-апаратурою на супутнику?
10. Вкажіть основні типи текстури зображення.

Варіант 7

1. Особливості зображення поля хмарності і підстильної поверхні на знімках МСЗ?
2. Що розуміється під „мезоструктурою” зображення?
3. Яка роздільна здатність ІЧ-апаратури на супутниках „НОАА”?
4. Охарактеризуйте спіралеподібну макроструктуру зображення.
5. Який тон зображення характерний для шаруватоподібної хмарності?
6. Як можна відрізнити льодяні поля від поля хмарності?
7. Як на знімках МСЗ виглядає купчасто-дощова хмарність?
8. Що таке дешифрування космічних знімків?
9. Які ділянки на земній поверхні характерні для темно-сірого тону зображення?
10. Як впливає добовий хід температури на тон зображення поверхонь вода-суша?

Варіант 8

1. Вкажіть відмінності в структурі і тоні зображення хмарних смуг холодного і теплого фронтів.
2. Яка ширина огляду ІЧ-апаратури на супутниках „НОАА”?
3. Дайте характеристику зображення спіралеподібної мезоструктури.
4. З чим пов'язана мінливість яскравості зображення шаруватоподібної хмарності?

5. Як змінюється роздільна здатність апаратури супутника від висоти польоту МСЗ?
6. Які форми хмарності відносяться до шаруватоподібних хмар?
7. Дайте характеристику дендритовій текстурі зображення.
8. У чому полягає особливість дешифрування підстильної поверхні?
9. Яка структура зображення характерна для шарувато-купчастої хмарності?
10. Що таке тон зображення?

Варіант 9

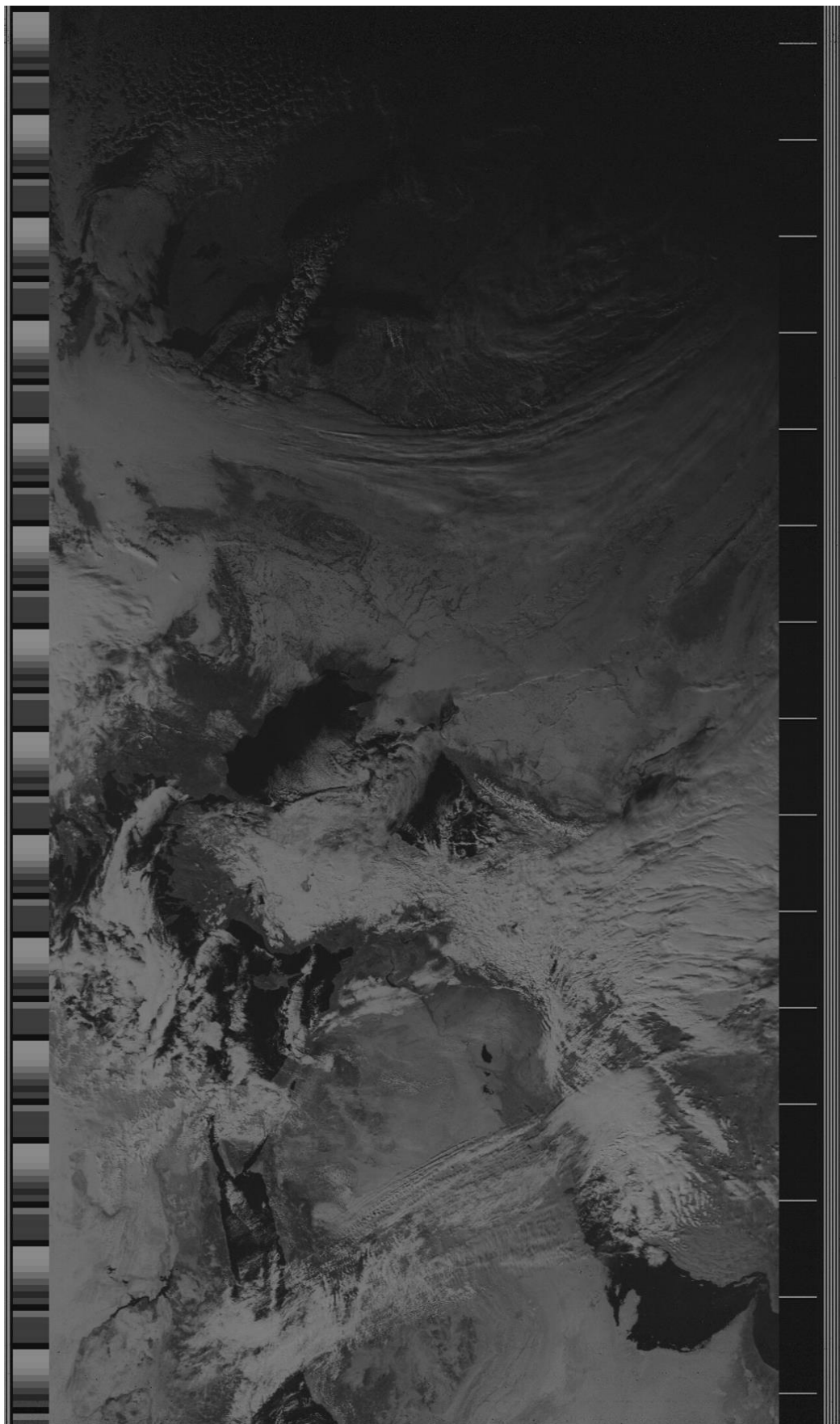
1. Вкажіть основні типи структур зображення поля хмарності.
2. Дайте характеристику спіралеподібній макроструктурі зображення.
3. Який вид випромінювання приймає ІЧ-апаратура на супутнику?
4. Які форми хмар об'єднує перистоподібна хмарність?
5. Особливості дешифрування підстильної поверхні на ІЧ знімках.
6. Структура і тон зображення хмарності фронту оклюзії.
7. Як на космічних знімках виглядає купчастої хмарності?
8. За якою ознакою можна розрізнити волокнисту і зернисту текстуру, в чому їх відмінність?
9. Дайте характеристику дендритовій текстурі на суші і в гірських районах за наявності снігового покриву.
10. Що розуміється під „текстурою” зображення?

Варіант 10

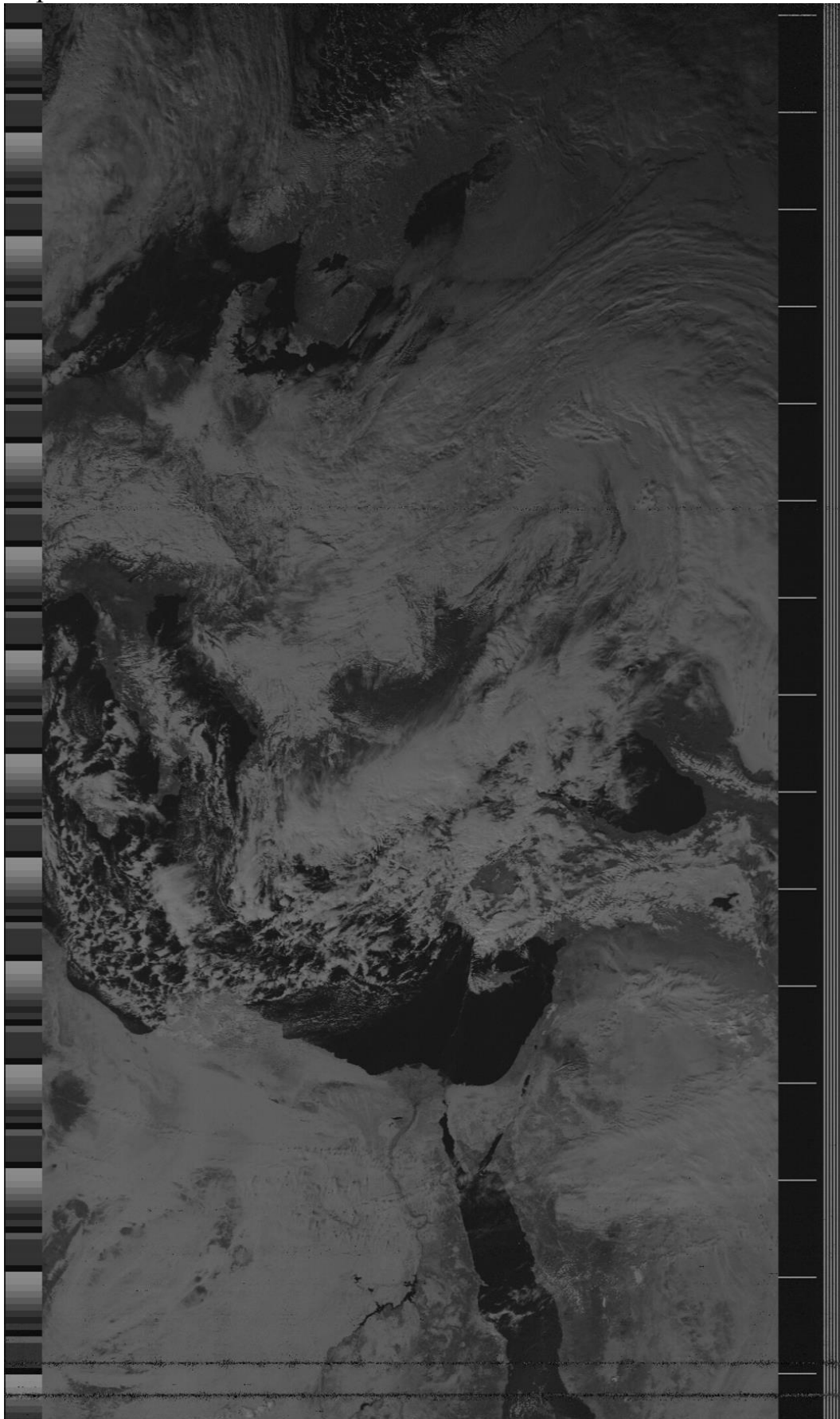
1. Які форми хмар об'єднує купчастої хмарності?
2. Який тон зображення на ТВ знімках дають об'єкти з максимальним альбедо, вкажіть ці об'єкти?
3. Що таке макроструктура зображення і які об'єкти вона об'єднує?
4. Вкажіть роздільну здатність ІЧ-апаратури на супутниках „НОАА”.
5. Вкажіть основні відмінності в смуговій мезоструктурі і смуговій макроструктурі.
6. Основні типи конвективних осередків в осередковій мезоструктурі?
7. Дайте характеристику геометрично неправильної макроструктури.
8. Як залежить яскравість тону зображення від температури на ІЧ знімках?
9. Що таке дешифрування знімків з МСЗ?
10. Перелічіть основні градації тону зображення і типи текстури зображення.

ЗНІМКИ ДЛЯ ДЕШИФРУВАННЯ

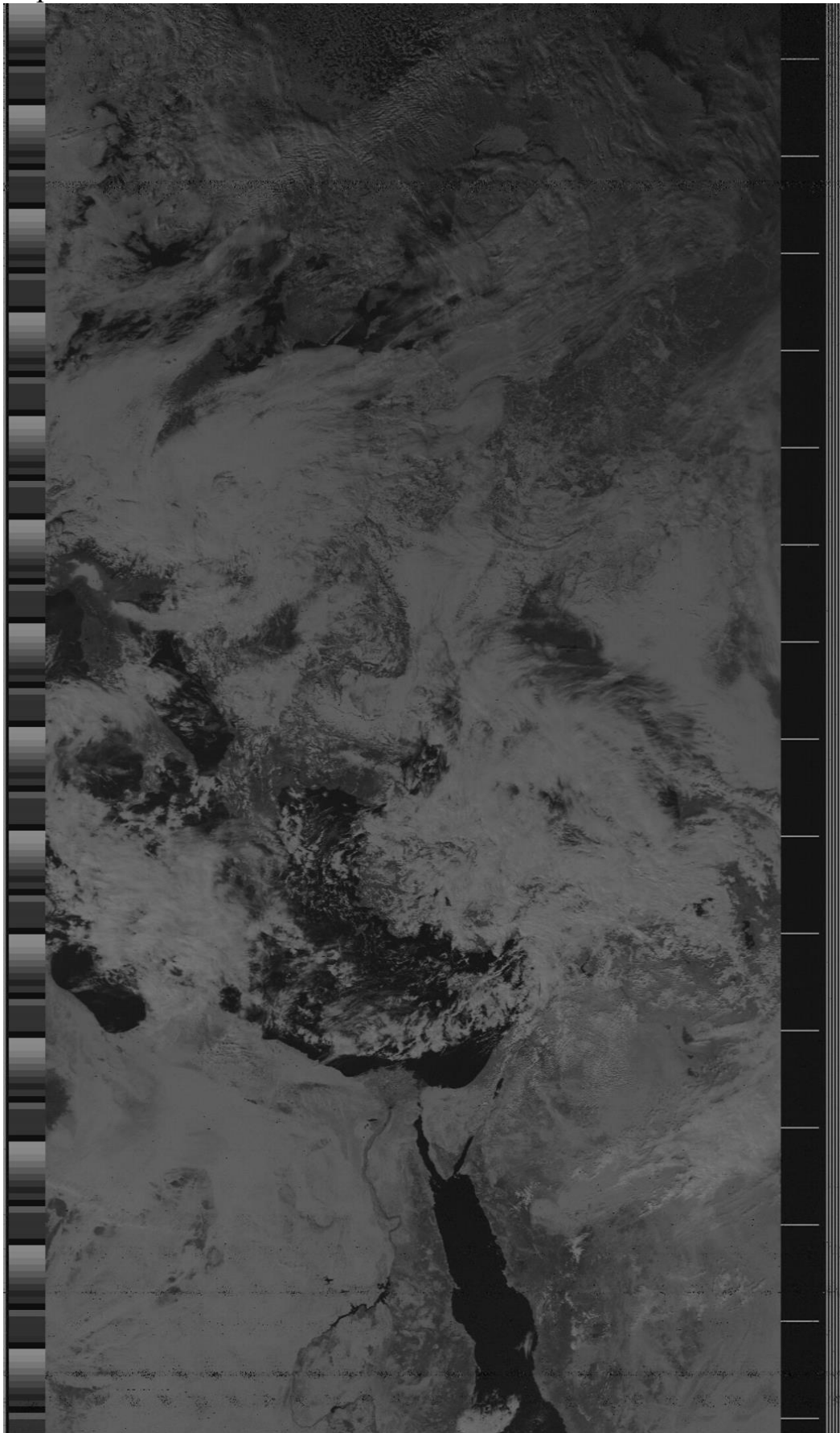
Варіант 1



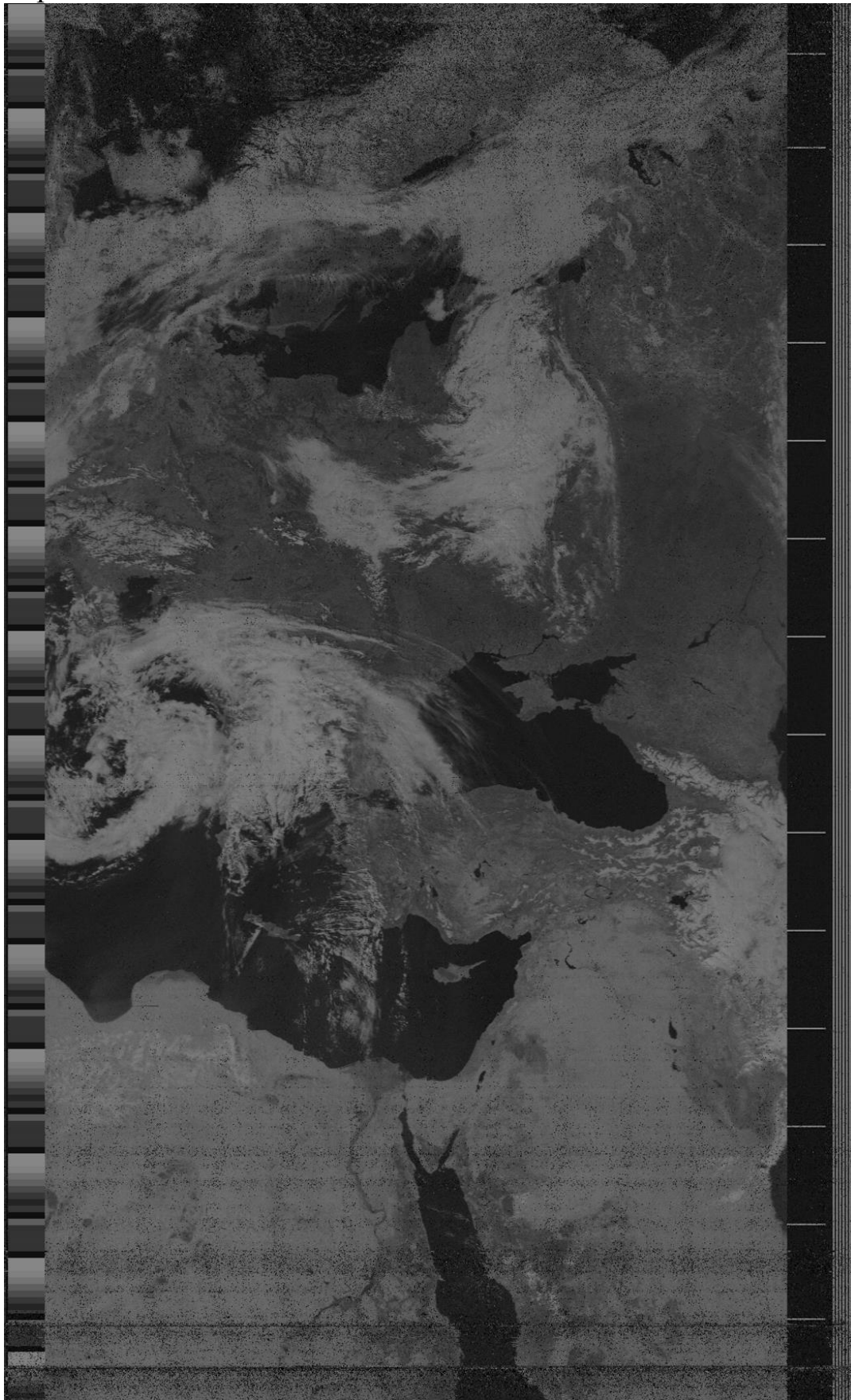
Варіант 2



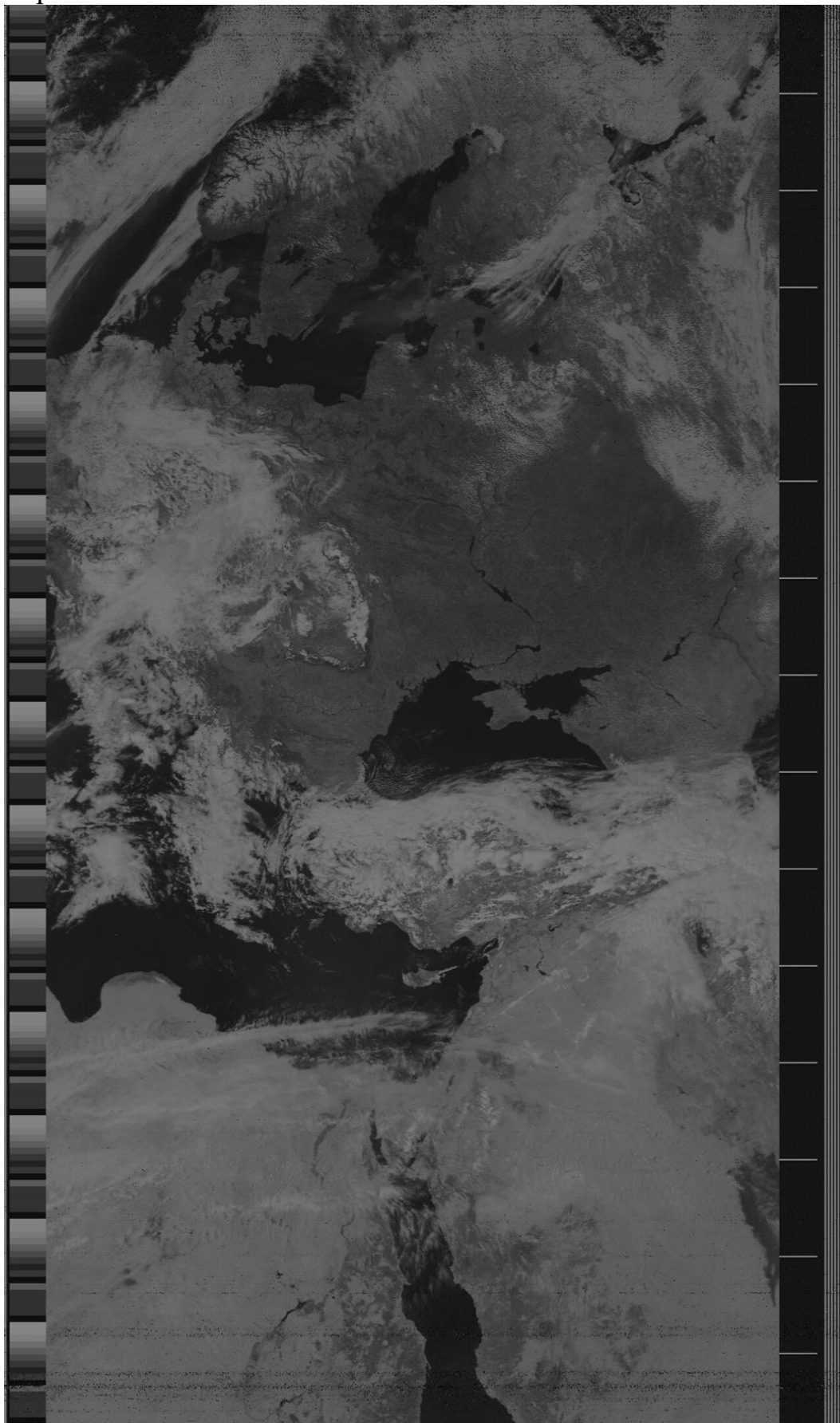
Варіант 3



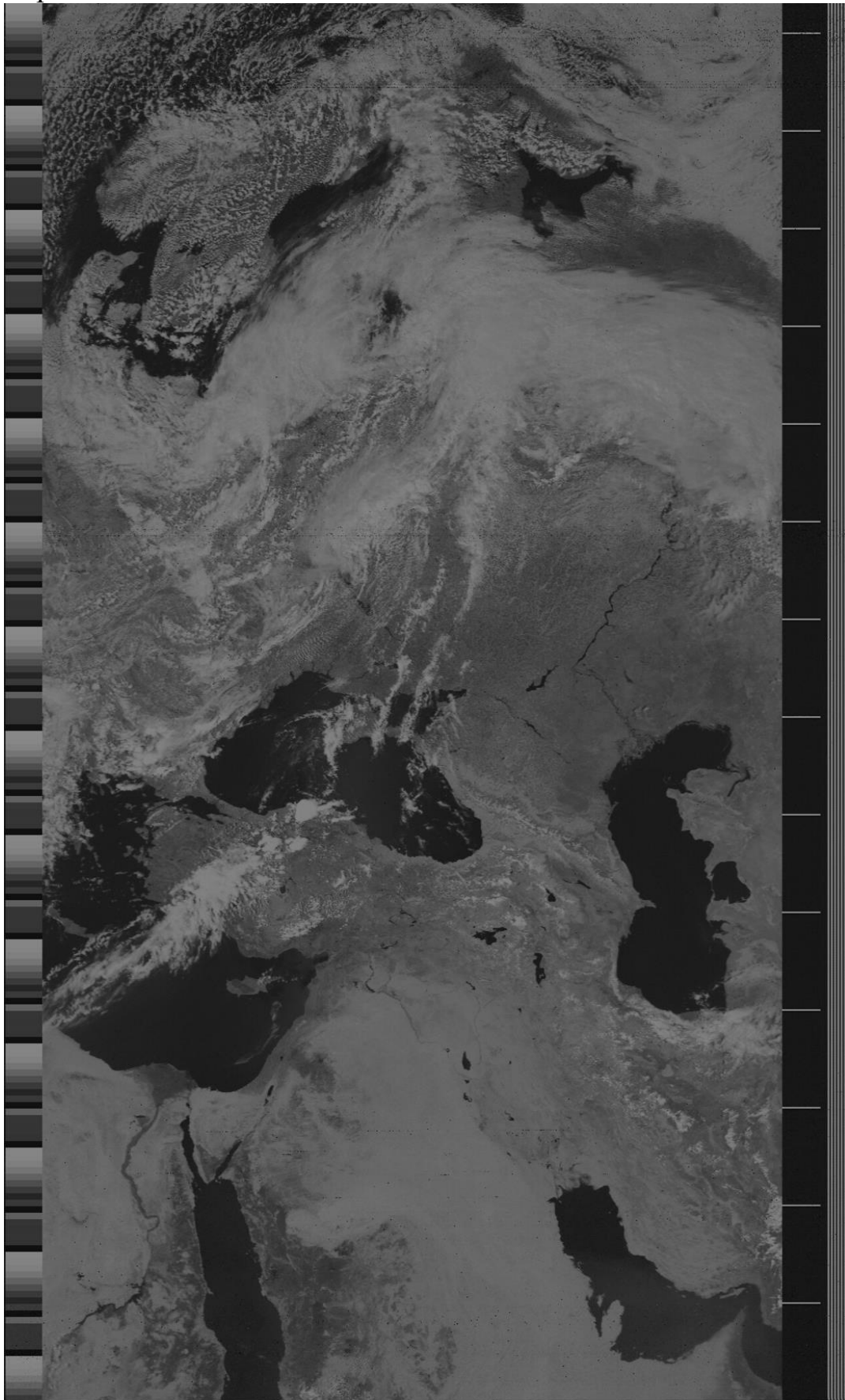
Варіант 4



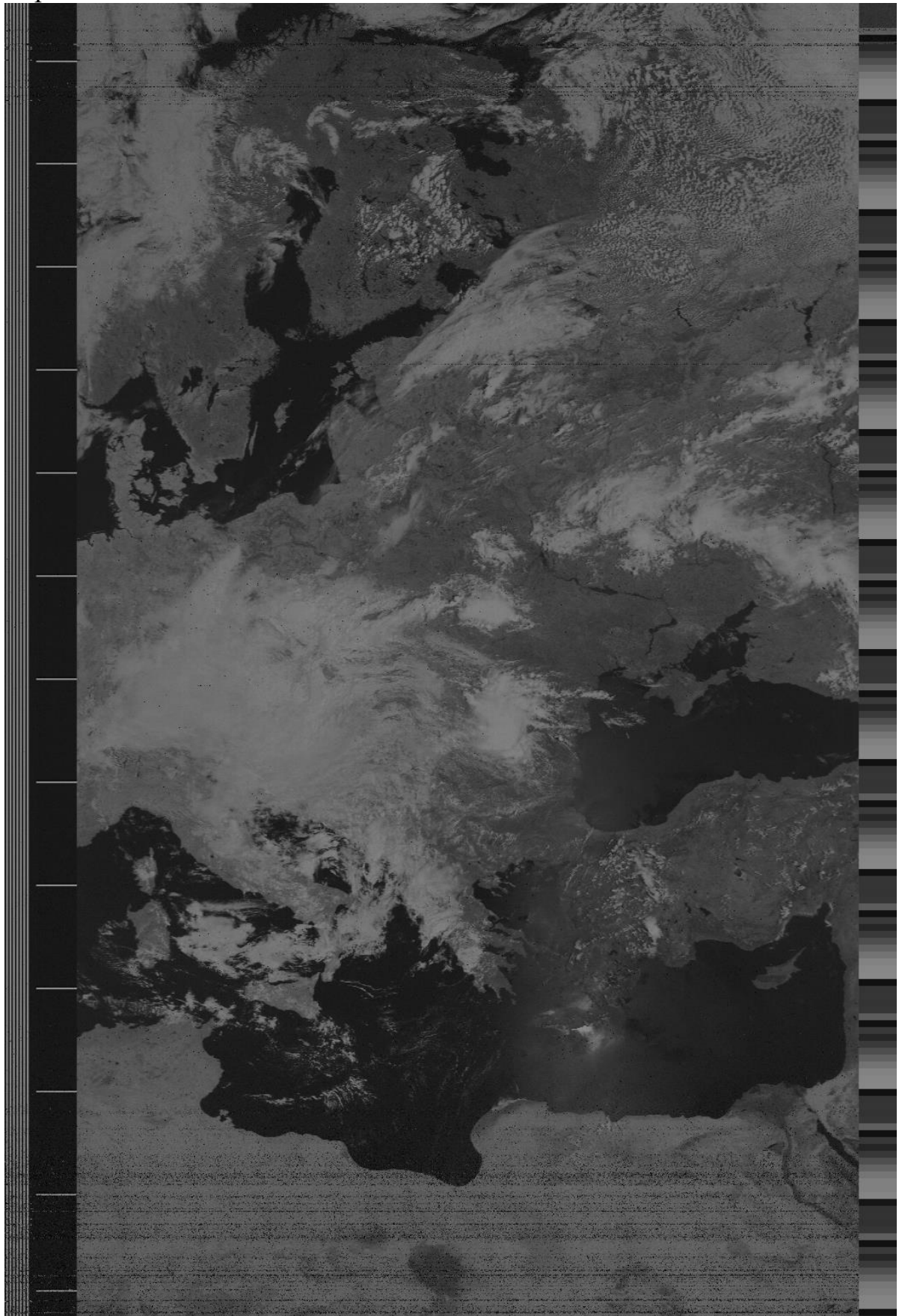
Варіант 5



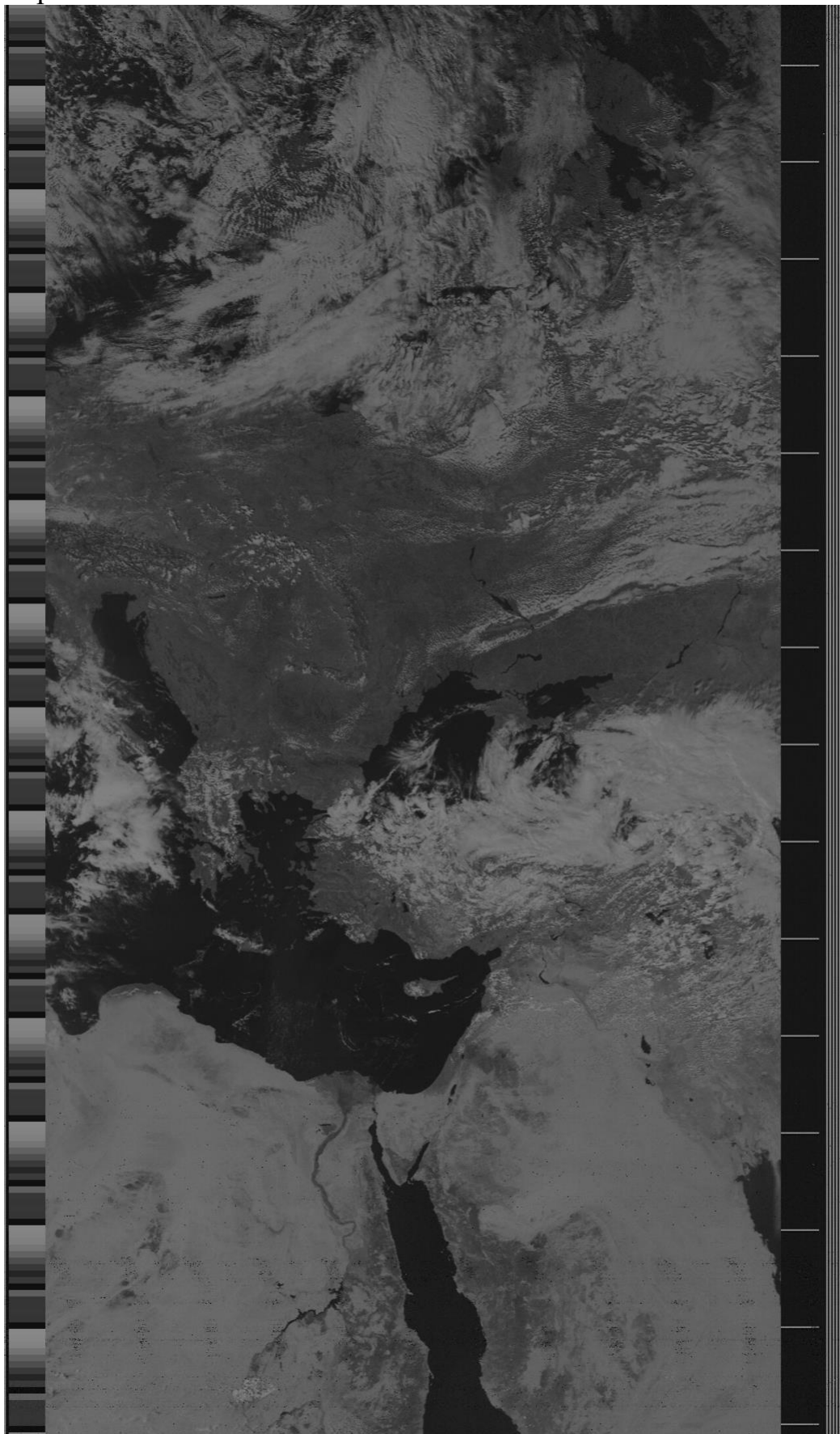
Варіант 6



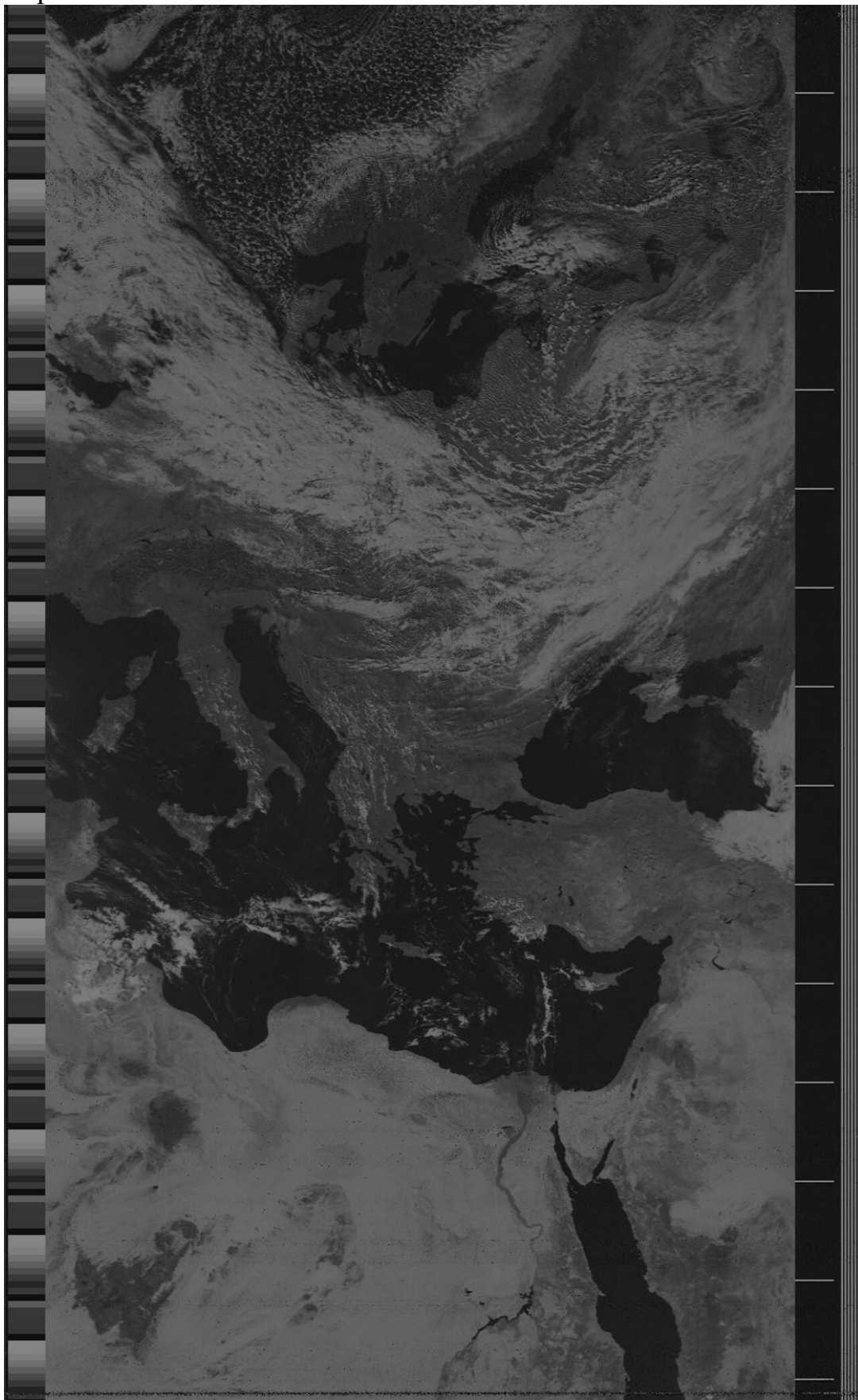
Варіант 7



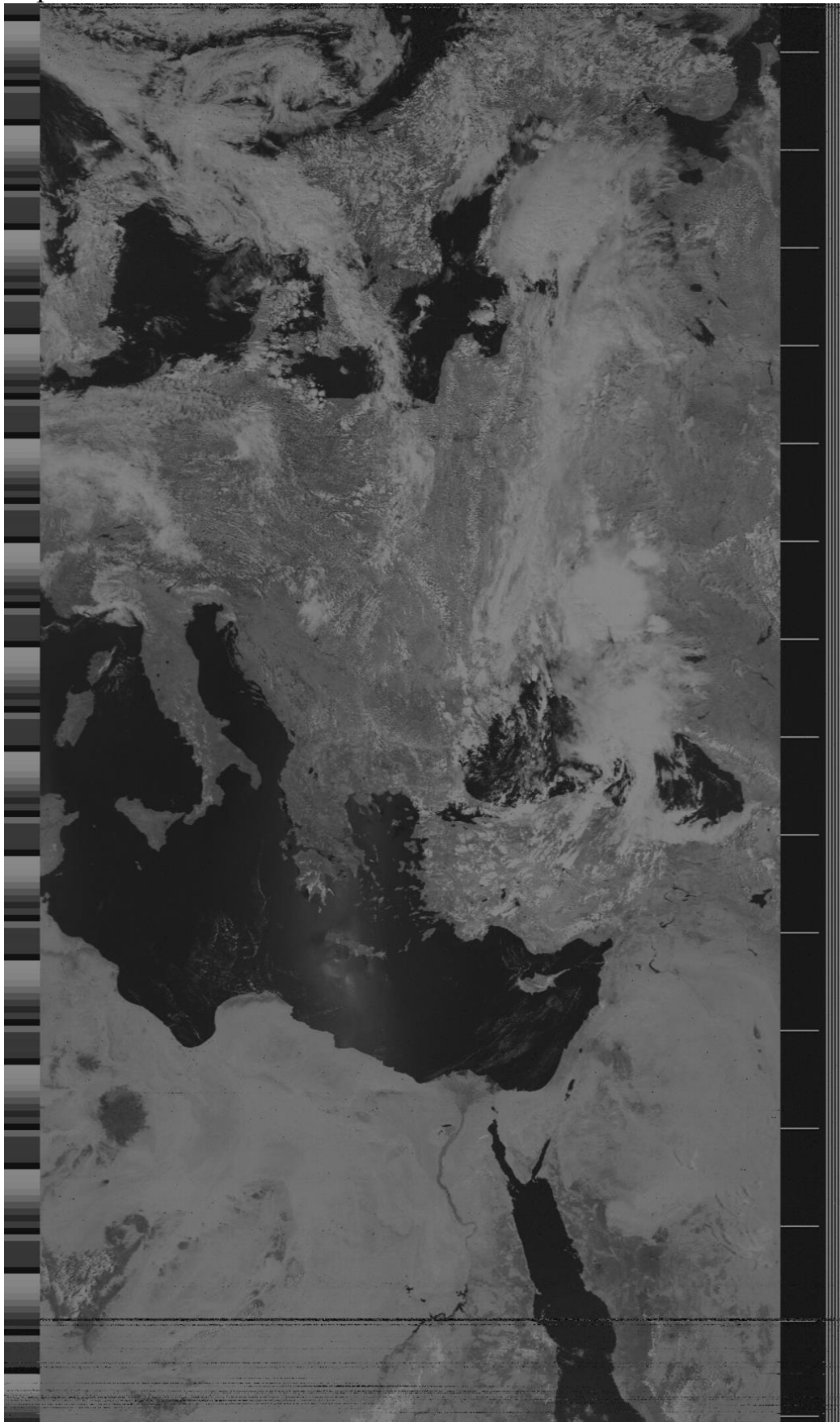
Варіант 8



Варіант 9



Варіант 10



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. Перелигін Б.В. Супутниковий моніторинг: Конспект лекцій – Одеса: Екологія, 2008. – 130 с.