

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



Л.М. Козловський

ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ В ГЕОКАРТУВАННІ

Навчальний посібник

Дніпропетровськ
НГУ
2011

УДК 550.814(075)
ББК 26.3
К 59

Рекомендовано редакційною радою НГУ як навчальний посібник з дисципліни «Структурна геологія, геокартування та дистанційні методи» (протокол №1 від 19.01.2011 р.).

Рецензенти:

І.М. Барг, д-р геол.-мін. наук, професор (Дніпропетровський національний університет);

В.А. Баранов, д-р геол. наук, професор (Інститут геотехнічної механіки НАН України, м. Дніпропетровськ).

Козловський Л.М.

К 59 Дистанційні методи в геокартуванні [Текст]: навч. посіб. /
Л.М. Козловський. – Д.: Національний гірничий університет, 2011. – 88 с.

Розглянуто загальні відомості про використання дистанційних методів у геокартуванні. Наведено приклади вирішення питань дешифрування різних геологічних утворень у різноманітних фізико-географічних умовах. Сформульовано навчальні цілі змістовних модулів, які окреслюють навички та уміння бакалаврів-геологів.

Рекомендовано студентам геологічних спеціальностей.

УДК 550.814(075)
ББК 26.3

© Л.М. Козловський, 2011

© Національний гірничий університет, 2011

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ В ГЕОЛОГІЇ	5
1.1. Загальні відомості.....	5
1.2. Стисла характеристика методів.....	7
1.3. Дистанційні фотознімки.....	13
2. ЗАВДАННЯ ТА ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ГЕОЛОГІЧНОГО ДЕШИФРУВАННЯ	16
3. ФОТОГЕНІЧНІСТЬ ГЕОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ. УМОВИ РАЙОНІВ І ДЕШИФРУВАЛЬНІ ОЗНАКИ	20
3.1. Геологічна фотогенічність.....	20
3.2. Умови районів дешифрування.....	21
3.3. Дешифрувальні ознаки.....	21
4. ВИМІРЮВАЛЬНЕ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОФОТОЗНІМКІВ	24
5. ДЕШИФРУВАННЯ НОВІТНЬОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ПОКРИВУ	32
6. ДЕШИФРУВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО ЗАЛЕГЛИХ ТОВЩ	41
7. ДЕШИФРУВАННЯ ПОХИЛО ЗАЛЕГЛИХ ТОВЩ	51
8. ДЕШИФРУВАННЯ СКЛАДЧАСТИХ СТРУКТУР	60
9. ДЕШИФРУВАННЯ РОЗРИВНИХ ПОРУШЕНЬ	65
10. ДЕШИФРУВАННЯ МАГМАТИЧНИХ ІНТРУЗИВНИХ ПОРІД	69
11. ДЕШИФРУВАННЯ ТИПІВ ПОРІД І ЛІТОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ	73
12. ДЕШИФРУВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ. КОСМОГЕОЛОГІЧНІ КАРТИ	76
12.1. Космічні знімки та їх інформативність.....	76
12.2. Методика дешифрування космознімків.....	79
12.3. Картографічне відображення космогеологічних досліджень.....	80
Предметний покажчик.....	83
Список літератури.....	85
Додаток 1. Залежність між позірними та істинними кутами падіння пластів гірських порід на стерео моделях.....	86
Додаток 2. Номограма кутових величин для аерофотознімків з фокусними відстанями об'єктива аерофотознімальної камери в 70, 100, 150 та 200 мм	87
Додаток 3. Таблиця тригонометричних функцій.....	88

ВСТУП

Матеріали дистанційного зондування знаходять все більш широке впровадження в дослідження природного середовища та природних ресурсів, суттєво впливають на методику складання сучасних геологічних карт. Дешифрування дистанційних знімків стає невід'ємним елементом технологічної схеми геокартування.

Дистанційні методи є частиною дисципліни із загальною назвою "Структурна геологія, геокартування і дистанційні методи досліджень". Згідно з програмою дисципліни дистанційні методи студенти вивчають після структурної геології, тобто ще до геологічного картування. Однак вони мають загальний об'єкт досліджень – земну кору і близькі завдання, тому тимчасове розмежування доволі умовне. Суттєві прикмети лише використовуються в методах досягнення кінцевої мети – побудови геологічної карти. Враховуючи це, автор бажав висвітлити власне цей блок знань у даному навчальному посібнику, необхідність видання якого зумовлена прогресуючою важливістю дистанційних методів у сучасній геології, з одного боку, і відсутністю відповідної оприлюдненої навчально-методичної літератури – з іншого.

Матеріали дистанційного зондування отримують завдяки позаконтактній зйомці, зробленій з повітряних та космічних апаратів, з підводних човнів, наземних станцій. Ці дані доволі різноманітні за масштабом, вирішенням, поданням, геометричними, спектральними та іншими властивостями. Головна якість дистанційних зображень – висока детальність, охоплення значних просторів, можливість отримання повторних знімків та вивчення важкодоступних територій. Завдяки цьому дистанційне зондування знайшло в картографії різноманітне застосування. Матеріали дистанційних зйомок використовують для складання та оперативного поновлення топографічних і тематичних карт, картографування малодосліджених та важкодоступних районів

Дистанційні методи в сучасних геологічних дослідженнях займають вагоме положення і мають перспективи їх впровадження при вдосконаленні методик і технічних засобів. Уже зараз використання аерокосмометодів дозволяє підвищувати об'єктивність, оперативність вирішення геологічних завдань, а також одержувати якісно нову інформацію.

Наявна в цей час наукова, виробничо-методична і навчальна література містить дані в обсязі, достатньому для ознайомлення студентів зі змістом дистанційних методів. Однак уся ця інформація потребує адаптації з урахуванням контингенту, який навчається, та обсягу лекційних і практичних занять.

Запропонований навчальний посібник передбачає одержання загальних теоретичних знань з дистанційного зондування Землі і практичних навичок геологічного дешифрування аерознімків. Розраховано посібник на студентів спеціальностей "Геологія і розвідка РМК", "Гідрогеологія та інженерна геологія", "Геоінформаційні системи і технології", "Геофізичні методи".

1. ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ В ГЕОЛОГІЇ

Сучасний геологознімальний процес здійснюється при обов'язковому застосуванні матеріалів аерокосмічної зйомки (МАКЗ), тому майбутній спеціаліст-геолог повинен бути обізнаним (в широкому сенсі) з існуючими методами. У результаті вивчення даного розділу студенти повинні

знати:

- який перелік методів дистанційного зондування застосовується в геологічній практиці;
- що являють собою візуальні, фотографічні та фотоелектронні дистанційні методи;
- у чому полягає фізична сутність різних методів дистанційного зондування;
- яким чином відображається інформація в різноманітних МАКЗ;

уміти:

- відрізняти перспективні, планові та висотні знімки;
- пояснювати фізико-хімічну сутність процесів, що фіксуються дистанційною інфрачервоною зйомкою;
- вибирати масштаб (оглядовість) космічних знімків залежно від завдань геологічного дешифрування.

1.1. Загальні відомості

Дистанційні геологічні методи – це вивчення геологічної будови Землі, при якому апаратура для реєстрації інформації віддалена від об'єкта, який вивчається, а дослідження здійснюються без прямого контакту з ним. Відстань між приладами й об'єктом може змінюватись від сотень метрів до тисяч кілометрів. Приймачі інформації встановлюються на літальних апаратах (літаки, гелікоптери, штучні супутники Землі, орбітальні станції). Деякі види дистанційного зондування схематично зображені на рис. 1.1. Інформація про об'єкти вивчення передається на приймач за допомогою світлового, інфрачервоного, ультрафіолетового, радіотеплового та інших видів випромінювання. При цьому використовується власне та віддзеркалене об'єктами випромінювання. Крім вказаних, застосовують гама-зйомку, дистанційну гравіметрію. Але головним джерелом аерокосмічної інформації були і залишаються матеріали зйомок у видимій і ближній інфрачервоній частинах спектра.

За допомогою аерокосмічної інформації в геології вирішуються такі завдання: вивчення будови земної кори, прогноз і пошуки сировинних енергетичних ресурсів, прогноз стихійних геологічних явищ, геоecологія і раціональне природокористування.

Матеріали космічних зйомок останнім часом стають все більш потужним інструментом дистанційних досліджень. Пояснюється це тим, що найбільш повне уявлення про геологічні явища і структури формується при їх аналізі на тлі розвитку Землі як планети. Космічна інформація насамперед почала використо-

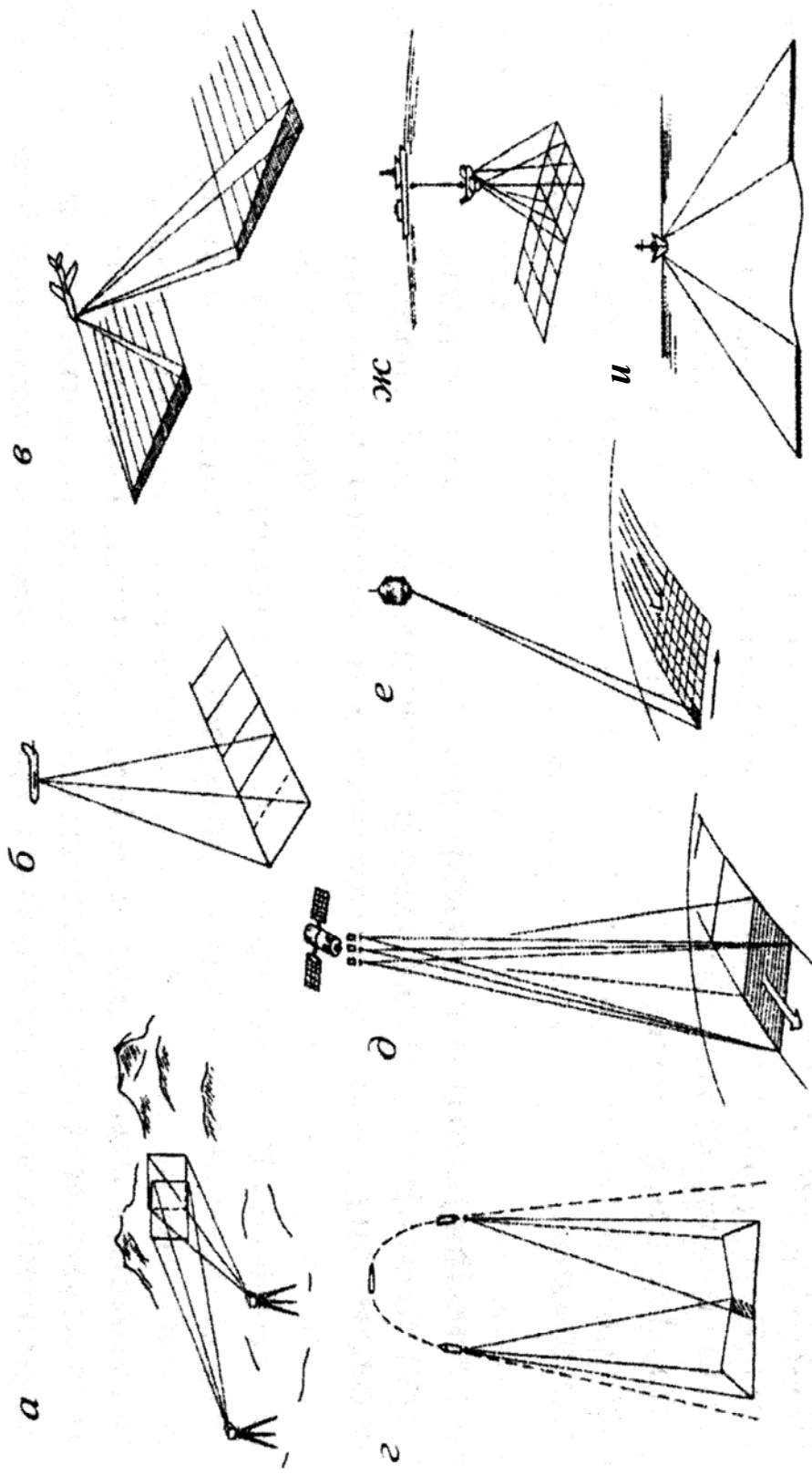


Рис. 1.1. Види дистанційного зондування: **а** – наземна фотогеодолітна зйомка; **б** – аерофотозйомка (АФЗ); **в** – радіолокаційна зйомка бокового огляду; **г** – зйомка з ракети; **д** – відеоконна космічна зйомка; **е** – сканерна космічна зйомка; **ж** – підводна гідролокація бокового огляду

уватися у структурно-геологічних дослідженнях і геологічному картуванні. Космічні зйомки дозволяють не тільки поліпшувати існуючі карти та уточнювати форму відомих структур, але й одержувати нову інформацію з глибинної тектоніки. Створюються спеціальні космогонічні і космогеологічні карти. За даними аналізу цих карт такі утворення як лінементи й кільцеві структури інтерпретуються як прояв глибинних зон порушень, деформацій та магматичного проникнення, блокової і горизонтальної неоднорідності земної кори та верхньої мантії.

На космічних знімках різних масштабів і різної роздільної здатності* земна поверхня відображається з різним ступенем генералізації.

При цьому, як правило, чим гірше розділення, тобто вище рівень генералізації, тим більше глибинні структури проявляються на знімку.

Використання космічної інформації при структурно-геологічних дослідженнях, вивчення глибинної будови земної кори має важливий практичний аспект – прогноз та пошуки корисних копалин [1]. На цей час почали розвиватись методи прямого пошуку рудних тіл і нафтогазових покладів шляхом реєстрації зумовлених ними геотермальних, геохімічних та інших ландшафтних індикаторів.

Серед методів дистанційного зондування виділяється наземна фототеодолітна зйомка. Вона заснована на принципі стереоскопічної зйомки місцевості, при якій забезпечується точне визначення просторового положення точок та різноманітних об'єктів на стереоскопічних фотографіях, які отримують за допомогою фототеодоліту. Цей прилад являє собою спеціальний фотоапарат, обладнаний орієнтувальними засобами, які працюють сумісно з теодолітом та дозволяють одночасно з отриманням стереоскопічних фотографій місцевості виконувати різноманітні геодезичні виміри, необхідні для подальшої фотограмметричної обробки стереознімків. Отримання стереоскопічних наземних фотографій досягається при фотографуванні єдиного об'єкта з двох різних точок місцевості, відстань між якими називають базисом зйомки.

Фототеодолітна зйомка може бути застосована самотійно або в комплексі з аерофотозйомкою. Вона дає цінну інформацію для складання детальних геологічних карт масштабу від 1:10000 до 1:500. Зйомка важкодоступних гірських районів, крутих схилів, які погано відображені на планових аерознімках, дозволяє складати детальні геологічні розрізи, визначати фізико-геологічні процеси, які протікають на цих гірських схилах.

1.2. Стисла характеристика методів

До аерокосмометодів прийнято відносити комплекс методів вивчення земної поверхні, що дистанційно виконуються різними приладами чи візуально з наступним аналізом одержаних даних наземними контрольними роботами. Роз-

* За величину роздільної здатності приймається максимальна кількість штрихів однакової товщини, які можливо роздільно розрізнити на одному міліметрі оптичного відображення. Розділення знімку визначається роздільною здатністю об'єктива фотокамери, тобто роздільно відображати близькі дрібні деталі об'єкта фотографування.

різняють три групи методів, які використовуються власне геологами (є ще геофізичні): аерокосмовізуальні, аерокосмофотографічні і фотоелектронні.

Аерокосмовізуальні методи – це безпосередні спостереження досліджуваних об'єктів з літальних апаратів. Фіксована інформація одразу виноситься на карти і записується аудіотехнікою. Використовуються також кінокамери, фотоапарати.

Аерокосмофотографічні методи – це отримання аерокосмознімків території. Відображення об'єктів одержують у видимій і близькій до неї частині спектру з широкою варіацією масштабу. Відокремлюють три діапазони висот космозйомки: малі, середні та великі. Малі орбітальні висоти (200 – 400 км) використовуються пілотованими космічними кораблями та орбітальними станціями. Середні орбітальні висоти (500 – 1500 км) задіяні супутниками природних ресурсів та метеорологічними. На великих орбітальних висотах (десятки тисяч кілометрів) працюють технологічні та високоорбітальні метеорологічні супутники, які розташовуються на геосинхронних орбітах (супутник знаходиться над визначеною точкою Землі).

Основний об'єм космознімків одержують з малих орбітальних висот у масштабі від 1:1000000 до 1:3000000. Завдяки своїй високій роздільній здатності та можливості багаторазового збільшення вони є виключно цінні. При виконанні зйомок використовуються різні фотоматеріали, які дозволяють отримувати чорно-білі та кольорові знімки. Крім того, виконуються спектрзональні знімки. Чорно-білі знімки – найбільш розповсюджений вид фотоматеріалів. Поверхня землі на знімках відображається в чорно-білих тонах. За звичайних умов око людини розрізняє близько 35 відтінків між білим та чорним кольором. Кольорові знімки дають відображення у колірній гамі, близькій до природних кольорів геологічних об'єктів, що поширює можливості дешифрування.

Спектрзональна зйомка містить у собі фотографування об'єктів у двох різних зонах спектра, включаючи невидимі ультрафіолетову та інфрачервону зони. Спектрзональне фотографування базується на властивостях об'єктів неоднаковою мірою відбивати промені різної довжини хвиль. Застосовують кольорові двошарові плівки, які дозволяють на одному знімку одержувати зображення, що перекривають одне одне, в умовних кольорах, що збільшує контрастність кольорового зображення деталей об'єкта.

В аерокосмічних методах для одержання знімків використовуються різноманітні зйомочні системи. Кадрові системи забезпечують одночасне отримання повного кадру знімка. В іншій системі знімок формується з тонких смуг або рядків. В аерокосмічних зйомках переважно застосовуються кадрові фотокамери. Найбільш розповсюджені фокусні відстані в аерофотоапаратах 50, 70, 100, 140 та 200 мм. Для фотографування з космосу використовують інші модифікації аерофотоапаратів. На пілотованих станціях і кораблях застосовують автоматизовані фотоапарати, на штучних супутниках – повні автомати. Знята плівка або повертається на Землю, або обробляється на борту станції, здобуте фотозображення перетворюється в електронні сигнали, які передаються по радіоканалу. Поряд з фотографуванням використовується телевізійна зйомка, яка застосовує переважно видиму ділянку спектра. Відображення земної поверхні про-

ектується на приймальний прилад – відеокон. З відеокону сигнали передаються на Землю відразу ж або після запису на магнітній стрічці.

Головним видом космічної зйомки вважається сканерна зйомка. Оптико-механічний сканувальний прилад дозволяє за елементами переглядати місцевість перпендикулярно до напрямку руху літального апарату. В результаті формуються знімки, складені з великої кількості видимих, послідовно знятих елементів зображення місцевості, яке одержують у вигляді безперервної стрічки, що складається зі смуг (сканів). Сканерний знімок за геометричними властивостями поступається кадровому, однак він забезпечує зображення у всіх спектральних діапазонах вузьких зйомочних зон. Ще одною перевагою сканерної зйомки є швидка передача сигналів сканера і простота подання знімка в цифровому вигляді, що зручно для комп'ютерної обробки інформації.

Фотоелектронними називаються методи, що дають можливість вивчати відбивні та проникні властивості електромагнітних коливань у різних геологічних об'єктах із довжиною хвилі від 0,03 до 100 см і частотою коливань від 10 – 14 мГц до радіодіапазону. Реєстрація коливань проводиться на магнітній стрічці, електронно-променевої трубі або за допомогою інших індикаторів, що дозволяють у подальшому одержувати графічне зображення.

Серед фотоелектронних методів виділяють такі зйомки: дистанційну теплову, радіолокаційну спектрометричну і лідарну спектрометричну. Усі вони належать до категорії спеціальних видів дистанційних зйомок.

Дистанційна теплова (інфрачервона – ІЧ) зйомка фіксує теплове випромінювання поверхні Землі, яке визначається температурою, випромінюючими властивостями, умовами теплообміну на поверхні розповсюдження джерел тепла і процесами теплопереносу в надрах, а також розподілом теплофізичних властивостей гірських порід. Дистанційна теплова зйомка використовує інфрачервоний (ІЧ) діапазон (3,5 – 14 мкм) і надвисокочастотний (НВЧ) діапазон (0,3 – 100 см).

Для вивчення об'єктів в інфрачервоному діапазоні існує два типи ІЧ-апаратури, які відрізняються робочими інтервалами (від 3,5 до 5,5 мкм та від 7 до 17 мкм), датчиками та фільтрами для відокремлення короткохвильової частини. Вибір таких інтервалів зумовлений різною прозорістю атмосфери в різних зонах ІЧ-спектра при взаємодії ІЧ-випромінювання з молекулами повітря. Діапазон від 3,5 до 5,5 мкм має назву першого атмосферного вікна, від 7 до 14 – другого. Тільки в межах цих вікон існує можливість вивчати ІЧ-випромінювання земної поверхні. В інших зонах спектра проводять метеорологічні спостереження. Ефективність вимірювань у тому чи іншому вікні залежить від температури об'єктів, що вивчаються. Існує можливість спостереження деяких тіл у видимому діапазоні (виверження лав). Високотемпературні тіла найбільш ефективно вивчати у першому атмосферному вікні, а теплове випромінювання тіл за нормальною температурою (20°C) – в іншому. Сучасна ІЧ-апаратура – це сканер для двовимірного вивчення теплового потоку і радіометр, а також комплекс сканера й радіометра. Крім того, існують ІЧ-спектрометри для вивчення відносно вузьких зон ІЧ-діапазону.

Використання матеріалів ІЧ-зйомок може здійснюватись за чотирма осно-

вними напрямками.

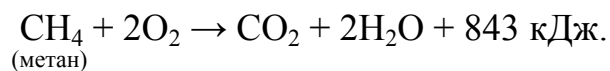
Перший напрям – пошук та вивчення джерел особистого теплового випромінювання Землі. У межах цього напрямку можливо виділення декількох аспектів.

1. Теплові джерела, пов'язані із сучасним вулканізмом або гідротермальною діяльністю. Використання матеріалів ГЧ-аерозйомки зумовлює визначення вулканів з тепловою активністю серед згаслих, вивчення активних вулканів та складання їх теплових карт, контроль за проходженням геотермічних вулканічних процесів, передбачення землетрусів, пошук термальних вод пов'язаних із сучасною вулканічною діяльністю, вивчення сучасних гідротермальних процесів та ін.

2. Теплові джерела, що виникають унаслідок реакцій сучасних геологічних процесів.

Зараз найбільш вивчені теплові процеси, які проходять на родовищах вуглеводнів, сульфідних руд, підземних вод.

Процес окиснення вуглеводнів супроводжується виділенням тепла. Температурна аномалія в склепінні продуктивних структур може сягати 10 – 15°C. Для процесу окиснення (до CO₂) нафти і газу характерні екзотермічні реакції [1]:



Нафта, яка окиснюється до CO₂, виділяє 2,1·10¹⁰ Дж тепла.

На родовищах сульфідних поліметалевих руд головними чинниками, що визначають геотермічний режим, є велика теплопровідність сульфідів (піриту, сфалериту, галеніту). При їх окисненні виділення тепла складає близько 8·10⁵ Дж на кілограм руди. Наприклад, процес окиснення піриту протікає за схемою:



Підвищення температури може сягати над покладом від частки градуса до декількох градусів на глибині в десятки метрів.

3. Теплові потоки, пов'язані з різним рівнем радіоактивності порід, у тому числі над урановими родовищами.

Другий напрям – це картування гірських порід з урахуванням нерівномірності їх нагріву Сонцем або відмінності віддзеркалення ГЧ-випромінювання. Різниця коефіцієнта відбитку визначає диференціацію тонів відображення цих об'єктів. Породи з високою тепловою інерцією повільно нагріваються та на денних ГЧ-знімках виглядають більш холодними. З припиненням сонячної інсоляції починається охолодження поверхні. Об'єкти з високою тепловою інерцією повільно охолоджуються і в деякий момент можуть бути більш теплими порівняно з оточуючими (відповідно більш світлими на знімках). Наприклад, на денних ГЧ-знімках поверхня води – об'єкта з високою тепловою енергією – виглядає темною; при нічних та ранкових зйомках – більш світла, ніж оточуючі утворення. Завдяки цьому явищу з'являється можливість вивчення вологості по-

верхні порід з різною водонасиченістю, а також вирішення гідрологічних та гідрогеологічних завдань. Значення теплової інерції пов'язано зі щільністю порід: більш щільні породи будуть тепліші на нічних знімках. На ІЧ-знімках чітко проявляються розривні порушення. Наявність глибинних неоднорідностей також відображається у розподіленні теплових полів, пов'язаних з нагрівом Сонцем.

Слід зазначити, що денні ІЧ-знімки забезпечують контрастній виразній вид рельєфу, тому що більш чітко відображаються освітлені схили внаслідок їх нагріву Сонцем та зволоження більш ділових місць. За контрастністю зображення рельєфу ІЧ-знімки порівнюються з аерофотознімками, які отримані при низькому положенні Сонця. Інколи на ІЧ-знімках простежуються водотоки, які не видимі на аерофотознімках через рослинний покрив.

Третій напрям – вивчення змін геотермального потоку земних надр. Геотермальний глибинний потік значно поступається прогріву Сонцем, але існує принципова можливість його виділення. Збільшення його може бути пов'язане з підвищеною теплопровідністю порід.

Рудні тіла, соляні штоки, дайки та ін. є тілами з підвищеною теплопровідністю. Тепловий потік у них буде відносно підвищений – над тілом утворюється позитивна температурна аномалія. Підземні води при вертикальному та нахиленому їх переміщенні по розломах і водоносних шарах також викликають утворення теплових аномалій.

Четвертий напрям – це вивчення складу відбиваючих поверхонь на основі ІЧ-спектрометрії. Відмінності ІЧ-спектрів гірських порід та мінералів пов'язані зі смугами молекулярних або атомних поглинань (у мкм: кварц – 9,0, олівін – 11,5, гранат – 8,5 – 9,5, базальт – 10,1). Існує ІЧ-спектрометрична апаратура вимірювань у двох зонах спектра (8,0 – 9,5 та 10,0 – 12,0 мкм).

Слід зазначити про існування радіотеплової або мікрохвильової зйомки, яка вивчає теплове випромінювання в радіолокаційному діапазоні. Радіотеплова апаратура належить до ряду сканувальних систем. Чутливість апаратури складає від 0,01 до 1°.

Охарактеризованими явищами визначається коло застосування дистанційної теплової зйомки:

- пошуки корисних копалин, які над місцями свого залягання порушують природне геотермічне поле внаслідок екзотермічних реакцій (вуглеводнева сировина та ін.);

- пошуки ділянок та визначення інтенсивності живлення, розвантаження і глибинних перетікань підземних вод;

- пошуки схованих структур і розломних порушень земної кори, де є геологічні тіла з різними теплофізичними властивостями;

- літолого-фаціальне картування порід поверхневого шару.

Радіолокаційна зйомка. При радіолокаційній (РЛ) зйомці використовують штучний випромінювач, і тому вона належить до групи активних. Генератор виробляє радіолокаційні імпульси (сигнали), які випромінюються передавачем. Зондуючі хвилі випромінюються і приймаються в площині, перпендикулярній траєкторії носія. У цій технології використовують локатори бокового огляду –

системи, які дозволяють одержувати рядкові знімки. Оскільки об'єкти місцевості знаходяться на різних відстанях від носія, відбивні радіосигнали надходять до приймального пристрою в різний час. Відбиті від місцевості сигнали записуються на електронно-променевої трубі у вигляді вузької лінії. Розташування об'єктів на ній визначається їх відстанню від літака до точки відбиття імпульсів. Яскравість світлової плями на рядку пропорційна інтенсивності відбитого сигналу. З електронно-променевої трубки зображення фотографують на плівку. РЛ-знімки за роздільною здатністю порівнюються з фотознімками масштабу 1:400000.

Для забезпечення такого рівня генералізації зйомка проводиться з висоти близько 20 км. РЛ-зйомки дають відомості у загальних рисах про геологічну будову району. Високий огляд знімків дозволяє здійснювати ранжирування розривних структур, встановлювати взаємовідношення розривної та плікативної тектоніки і структурних форм різних поверхів складчастості. На РЛ-знімках були виявлені раніше невідомі колові структури, які після цього вдалось упізнати на аерофотознімках. Висока оглядовість РЛ-знімків використовувалась для палеотектонічних реконструкцій у світлі уявлень глобальної тектоніки.

Важливою перевагою радіолокаційної зйомки є її всепогодність. Отже, РЛ-знімки можливо отримати незалежно від погодних умов та в будь-який час доби.

Спектрометрична зйомка здійснюється при реєстрації віддзеркаленого сонячного випромінювання переважно у видимій області спектра. За її допомогою можливо вивчати не тільки відносно широкі зони світлових коливань, які відокремлюються у фото- та телевізійних зйомках різними світлофільтрами, але й вузькі спектральні (близько 0,01 – 0,03 мкм). Інформацію отримують за допомогою аероспектрометричних камер, а також радіометрів (спектровізорів, телефотометрів). Існують скануючі системи для зйомок у різних зонах електромагнітного спектра, для чого розроблено багатоканальні камери (від 6 до 24 каналів), які охоплюють ультрафіолетовий, видимий, ближній та середній ІЧ-діапазони. Геологічна ефективність багатоканальних аеро- та космознімків визначається можливостями їх спектрального розділення. Кольоровість зображення дозволяє виділяти контури більш дрібно, ніж на чорно-білих знімках.

Поява спектрометричних зйомок сприяла вивченню спектральних особливостей гірських порід та їх індикаторів. Це стосується відокремлення по-різному зволожений поверхонь, поділ хвойних та листяних лесів, зображення рельєфу та ін.

За допомогою аероспектрометричних зйомок можуть бути вирішені такі завдання:

- 1) вивчення спектральних характеристик району для визначення найбільш ефективних природних та технічних умов проведення наступних зйомок;
- 2) отримання більш чітких зображень місцевості в межах найбільш інформативних для регіону вузьких зон електромагнітного спектра;
- 3) пошуки відокремлених об'єктів з відомими спектральними характеристиками при зйомках у більш інформативних зонах та трансформації вихідного сигналу;
- 4) отримання зображень в окремих умовах, де звичайне фотографування менш ефективне (фотографування дна морів та ін.).

Лідарна спектрометрична зйомка. Дистанційна лідарна спектрометрія входить до групи активних зйомок і являє собою метод геохімічної зйомки, яка до-

зволяє розкрити мікрівміст деяких елементів або їх сполучень у атмосфері.

Наявність у атмосфері цих елементів може бути зумовлена як сучасною активністю зон тектонічних порушень, по яких вони проникають з надр, так і концентрацією в земній корі корисних копалин. Даний метод може використовуватись для вивчення сучасної активності земної кори і для пошуків корисних копалин. Метод базується на принципах локації. Зондуючі установки – лідари – складаються з імпульсного джерела випромінювання (лазера) і приймального обладнання для аналізу спектрального складу розсіяного або поглинутого речовиною випромінювання, яка досліджується.

Дистанційна лідарна спектrometerія розвивається переважно в метеорології у зв'язку з дослідженнями забруднення атмосфери.

1.3. Дистанційні фотознімки

Для геологічного дешифрування частіше всього застосовують аерознімки і космознімки, тобто контактний друк з фотоплівки, виконаний на фотопапері.

У геологічній практиці використовують звичайно планові знімки, тобто знімки, одержані при прямовисному положенні оптичної осі аерофотоапарата. Аерофотознімок (АФЗ) являє собою центральну проекцію ділянки земної поверхні. Масштаб знімку залежить від фокусної відстані камери аерофотоапарата і висоти фотографування та розраховуються за формулою

$$1/M = f_k/H,$$

де M – знаменник масштабу; f_k – фокусна відстань фотокамери; H – висота фотографування.

Масштаб планового аерофотознімка відповідає центральній частині знімка, а з віддаленням від неї значення масштабу буде зростати. Різномасштабність знімка викликається також рельєфом місцевості. Ці відзнаки при аерозйомці гірських районів можуть сягати 30% середнього масштабу. Середній масштаб вказується у паспорті знімку і належить до визначеного рівня місцевості, який називають початковим. Різномасштабність, яка викликана рельєфом, приводить до зміщення точок знімка відносно їх планового положення. Величина цього зміщення зростає до краю знімка і зі зменшенням висоти польоту літака. Величина поправки на рельєф може бути розрахована [2], і вона направлена до центра аерофотознімка для точок, що лежать вище початкового рівня, і від центра – для точок, що нижче його.

Із різномасштабністю знімка пов'язане перекручення форми та відносних розмірів нахилених об'єктів, а також поява "мертвих зон", тобто ділянок місцевості, які відсутні на аерофотознімку, тому що їх заступають інші ділянки, що розташовані вище.

Викривлення напрямку нахиленого відрізка, тобто кут ΔA поміж його істинним азимутом і азимутом на аерофотознімку, визначається формулою

$$A = r\alpha/f_k,$$

де r – радіус-вектор (відстань від центра знімка до напрямку, на якому лежить даний відрізок), α – кут нахилу відрізка на місцевості, f_k – фокусна відстань фотокамери.

Ця формула застосовується, якщо $\alpha \leq 30^\circ$. Максимальне викривлення напрямку на аерофотознімку спостерігається для відрізків, які орієнтовані перпендикулярно радіус-вектора. Напрямок відрізка, що проходить уздовж радіус-вектора, не викривляється.

Окремо взятий знімок являє собою плоске зображення місцевості. Два суміжних аерофотознімки, що перекривають звичайно 60% площі, за маршрутом аерозйомки створюють стереоскопічну пару, за якою можливо отримати об'ємне зображення. Зорове сприймання двох окремих зображень одних і тих самих предметів у вигляді одного просторового називається стереоскопічним ефектом. Це досягається за допомогою стереоскопа. Однак при невеликому тренуванні стереоефект можливо здобути і без пристроїв.

Геологічне дешифрування належить вести при стереоскопічному нагляді. Таке дешифрування має ряд переваг:

- рельєф місцевості в стереомоделі дає додаткову цінну інформацію;
- викривлення, притаманні аерознімку, в стереомоделі відсутні;
- у стереомоделі дешифруються дрібні деталі і малоконтрастні контури, які не помітні на одиночному знімку.

Виконуючи спостереження в стереорежимі, слід враховувати значне збільшення вертикального масштабу (розтягнення стереомоделі у вертикальному напрямку). Крім вертикального розтягнення, в стереомоделі з'являються й інші перекручування. Так, по краях знімка об'єкти, що нахилені до центра, мають кут нахилу менший від реального, а нахилені від центра – більший.

Космічні знімки порівняно з аерофотознімками мають ряд переваг. Маючи більшу оглядовість, вони дозволяють вивчати глобальні структури. Важливим також є можливість одержання повторних знімків одних і тих самих районів. До недоліків слід віднести значні перекручування фотографічного зображення, особливо в їх крайових зонах. Ці перекручування пов'язані з відхиленням оптичної осі фотоапарата і сферичністю земної поверхні.

У залежності від масштабу, оглядовості, лінійного розділення і детальності зображення космічні знімки розділяють на ряд різновидів.

За масштабом відокремлюють дрібно- (1:100000000 – 1:10000000), середньо- (1:10000000 – 1:1000000) і великомасштабні знімки (1:1000000 і більше).

За оглядовістю – глобальні, регіональні, локальні й детальні. Глобальні знімки забезпечують зображення на одному знімку великих частин земної поверхні. Висота фотографування складає 20 – 30 тис. км. Вони належать до дрібно-масштабних. Регіональні знімки відносять до середньомасштабних. Локальні й детальні – до великомасштабних.

За лінійним розділенням космічні знімки належать до класу середнього,

високого і дуже високого. Знімки середнього класу розділення (100 м) дозволяють вивчати більшу кількість об'єктів, високого – об'єкти за розміром декількох десятків метрів, а дуже високого – застосовують для вивчення об'єктів, які вимірюють одиницями і навіть частками метрів.

Питання для самоконтролю

1. Які методи досліджень складають перелік дистанційних?
2. Яка залежність існує між роздільною здатністю, рівнем генералізації та глибинністю вивчення геологічних структур?
3. Яка група методів надає основний об'єм інформації при дистанційному зондуванні?
4. Яку інтерпретацію можуть мати ІЧ-аномалії?
5. Які основні переваги притаманні РЛ-зйомці?
6. Яка геологічна інформація може бути отримана за допомогою лідарної зйомки?
7. Чому на дистанційних знімках різний масштаб зображення? Що таке середній масштаб АФЗ?
8. Що таке "мертві зони" на АФЗ?
9. Які знімки можуть утворювати стереопару?

2. ЗАВДАННЯ ТА ЗАГАЛЬНІ ПРИНЦИПИ ГЕОЛОГІЧНОГО ДЕШИФРУВАННЯ

Геологічне дешифрування є частиною процесу складання геологічної карти. Воно дозволяє значно підвищити документальну точність картографічних матеріалів, а також висновків відносно геологічної будови, геоморфології та розміщення корисних копалин на площі досліджень. Застосування аерометодів зменшує вплив фактора суб'єктивності, знижує вартість загальних витрат на геокартування.

Використання МАКЗ для цілей геологічного дешифрування базується на наявності тісних взаємозв'язків між різноманітними явищами та процесами в природі, проявом цих природних взаємозв'язків на поверхні землі та їх об'єктивним відображенням на космо- або аерознімку. Встановлення та аналіз взаємозв'язків з метою отримання необхідної геологу інформації складає основу геологічного дешифрування.

Дешифрування аерофотознімків здійснюється на всіх етапах геологічної зйомки.

Камеральне передпольове дешифрування передбачає вивчення об'єктів за фотознімками в лабораторних умовах. У результаті виконання цього етапу завчасно здобувають дані про геологічні й геоморфологічні особливості місцевості шляхом попереднього дешифрування аерофотоматеріалів, розробляють найбільш раціональні плани польових робіт. Тут же визначаються параметри геологічних об'єктів у камеральних умовах шляхом фотограмметричних робіт. На стадії передпольового дешифрування виявляють ступінь відкритості території, розробляють найбільш раціональні плани польових робіт. Разом з тим камеральне дешифрування не може забезпечити вичерпну повноту, достовірність одержаної інформації. Ці питання вирішуються на стадії польового дешифрування, яке виконується безпосередньо на місцевості шляхом зіставлення аерофотознімків з натурою. Це надійний метод дешифрування, який забезпечує більшу достовірність одержуваних результатів, але і найбільш трудомісткий.

У польових умовах здійснюють геологічне, геоморфологічне та інші вивчення земної поверхні як за лініями маршрутів, так і на площах, розташованих між маршрутами. Використовуючи дешифрувальні ознаки, проводять інтерполяцію спостережень між маршрутами. Виконавши дешифрування аерофотознімків, часто отримують можливість спостерігати не один, а декілька об'єктів досліджень одночасно в їх природних співвідношеннях. За аерофотознімками можна точно й оптимально розташовувати точки наземних спостережень і здійснювати надійну їх прив'язку. Дешифруючи аерофотознімки, виявляють особливості геологічної будови, які не можна знайти звичайними засобами польового спостереження.

У кінцевому вигляді сукупність завдань з геологічного дешифрування АФЗ може бути зведено до таких основних пунктів:

– виявлення і простеження на АФЗ меж розповсюдження окремих гірських порід або певних горизонтів та світ, які складаються з порід різного літологічного складу, але мають загальні характерні ознаки для їх дешифрування;

– виявлення, простеження та аналіз стратиграфічних і тектонічних взаємовідношень як поміж окремими гірськими породами, так і між їх комплексами (встановлення стратиграфічної послідовності в заляганні порід, елементів залягання, потужностей, незгідностей, фіксування та аналіз різного типу структур, тектонічних порушень та ін.);

– визначення і аналіз фізико-геологічних процесів, які протікають на поверхні різних гірських порід та мають своє відображення на АФЗ;

– вивчення та аналіз геоморфологічних особливостей території;

– встановлення та вивчення на АФЗ пошукових ознак, які сприяють виявленню корисних копалин або становлять суттєву підставу для проведення більш детальних пошукових робіт.

У цілому при геологічних дослідженнях дешифрування проводиться в зв'язку з геокартуванням усіх масштабів, коли здійснюється вивчення речового складу гірських порід, виділення стратиграфічних комплексів, вивчення тектоніки, вулканізму, четвертинних відкладів та геоморфології, що вивчається. Дешифруванню МАКЗ надається велике значення при гідрогеологічних та інженерно-геологічних дослідженнях [2].

У геологічному дешифруванні використовують велику кількість різноманітних ознак (див. розд. 3), які дозволяють виявляти на дистанційних знімках ті чи інші об'єкти та явища. Слід зазначити, що загальних ознак для дешифрування об'єктів у різних районах небагато і це пояснюється різноманітними природними умовами. Однак у конкретному районі з характерним загальним комплексом природних умов (рельєф, клімат, геологічна будова, рослинність та ін.) загальні ознаки дешифрування доволі витримані та можуть бути схематизовані. Таким чином, стійкі ознаки дешифрування майже завжди мають місцевий характер і змінюються разом із змінами самого об'єкта. Це стосується змін умов залягання товщ гірських порід, змін великих форм рельєфу тощо. В таких умовах при значних змінах ознак дешифрування необхідне їх корегування шляхом проведення контрольних маршрутів. Таким способом доводиться встановлювати декілька груп ознак, що частіше трапляються в гірських районах з різкою зміною ландшафтних зон.

Зображення того самого об'єкта на АФЗ (КЗ) може також значно змінюватися внаслідок різних умов дистанційної зйомки та наступної обробки отриманих матеріалів. Різна освітленість і фізичний стан поверхні землі під час зйомки, тип та якість фотоматеріалів, а також різні умови їх обробки можуть значно змінювати зображення одних і тих самих об'єктів, а відповідно і встановлені для них дешифрувальні ознаки. Найбільших змін зазвичай зазнає фототон об'єкта, який досліджується. Тому нераціонально керуватися при дешифруванні будь-якою одною ознакою, а слід одночасно мати інші контролюючі ознаки для виявленого об'єкта.

Для кожного району досліджень доцільним є складання таблиці дешифрувальних ознак типів гірських порід або різних світ, горизонтів, які відокремлюються на геологічній колонці поряд із вказівками щодо їх стабільності.

Такі таблиці зазвичай супроводжуються характерними дистанційними знімками, де зображені виходи гірських порід, які описані в таблиці. Аналізуючи цю інформацію, слід враховувати таке: масштаб АФЗ (КЗ), висоту польоту, фокусну

відстань об'єктива, тип світлофільтра. Також важливо знати час виконання зйомки, відомості про атмосферні умови. Низка ознак дешифрування, пов'язана з рослинністю, змінюється залежно від пори року: об'єкт зйомки на літньому, осінньому та зимовому знімках виглядає зазвичай по-різному.

Слід зазначити, що існує певний зв'язок між масштабом геологічної зйомки, масштабом АФЗ та детальністю геологічного дешифрування. Він полягає в тому, що визначення масштабу дистанційної зйомки здійснюють за ступенем ефективності дешифрування на території та ступенем складності її геологічної будови, а не за масштабом самої геологічної зйомки. При цьому для районів з доброю геологічною дешифрованістю та складною геологічною будовою слід мати АФЗ (КЗ) більш великого масштабу. Детальність геологічного дешифрування збільшується при зростанні складності геологічної будови, кращій дешифрувальності й збільшенні детальності геологічних досліджень.

Набуття навичок коректного дешифрування дистанційних знімків відбувається не відразу і не механічно. Це потребує певної послідовності сприйняття та накопичення досвіду при ретельному вивченні знімків. Аналітичний підхід геолога до АФЗ (КЗ) дозволяє здійснювати об'ємну інтерпретацію всієї сукупності об'єктів та фізичних явищ, які в тій чи іншій формі відображені на дистанційному знімку. При геологічному дешифруванні (читанні АФЗ) є можливість з'ясувати стратиграфічні й тектонічні взаємовідношення різних товщ між собою, знаходити джерело зносу та умови акумуляції пухких відкладів та ін. Геоморфологічний аналіз дозволяє порівнювати будову земної поверхні з геологічними даними, внаслідок чого з'являється можливість встановлювати історію формування рельєфу, причини та ступінь розвитку тих чи інших фізико-геологічних процесів, історію формування долин рік та ін. Слід пам'ятати, що в ряді випадків інформація, отримана за допомогою дистанційних знімків, не може бути одержана будь-якими іншими засобами.

У цілому робота з дистанційними знімками може бути поділена на три етапи в межах загального процесу.

Перший етап являє собою виявлення на АФЗ (КЗ) геологічних об'єктів та явищ за допомогою різних дешифрувальних ознак. Другий – полягає у загальному аналізі результатів дешифрування, де використовують поряд з описом об'єктів інші польові та літературні геологічні матеріали відповідно до досліджуваної площі. Третій етап – геологічні висновки як результат попереднього дешифрування. Вони забезпечують складання найбільш раціональної програми наступних польових досліджень та під час польових робіт дозволяють отримувати інформацію для геологічних карт, що будуються, і взагалі надають більш повний та об'єктивний матеріал з геологічної будови досліджуваної території.

Для забезпечення ефективного використання МАКЗ під час геологічних досліджень необхідно мати дистанційні знімки території, які отримані заздалегідь. Якість цих матеріалів повинна визначати найкращі можливості геологічного дешифрування. Детальні геологічні дослідження мають бути доповнені великомасштабними аерофотоматеріалами високої якості.

Дистанційні методи, які застосовують при геокартуванні, найбільш ефективні в комплексі з іншими методами геологознімальних та пошукових робіт. При геологічній зйомці дрібних та середніх масштабів дані безпосередніх польових спостережень можуть бути значно доповнені результатами дешифрування МАКЗ, а також даними аеровізуальних спостережень та матеріалами аерогеофізичних зйомок. При порівнянні даних, які отримані різними методами, з'являється можливість їх взаємного контролю. Карти (геологічні, пошукові), які в подальшому складають, відрізняються всебічним фактичним змістом та більш високим ступенем достовірності.

Питання для самоконтролю

1. Скільки етапів дешифрування існують при виконанні геологознімальних робіт та в якій послідовності вони виконуються?
2. Яким чином і коли визначають раціональність дешифрування об'єктів на АФЗ?
3. Як пов'язані масштаб геологічної зйомки та детальність геологічного дешифрування?
4. З якою метою здійснюється дешифрування АФЗ на камеральному (заключному) етапі геологознімальних робіт?
5. Яку роль відіграє геоморфологічний аналіз при дешифруванні МАКЗ?
6. Для чого комплексують аерофотометоди з іншими видами геолого-геофізичних досліджень?

3. ФОТОГЕНІЧНІСТЬ ГЕОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ. УМОВИ РАЙОНІВ І ДЕШИФРУВАЛЬНІ ОЗНАКИ

Можливість отримання певного об'єму геологічної інформації за результатами дешифрування МАКС визначається не тільки фаховою підготовкою виконавця але й геологічною будовою та факторами географічного середовища, це повинен усвідомлювати майбутній спеціаліст. У результаті вивчення розділу студенти повинні знати:

- що таке геологічна фотогенічність;
 - за якими ознаками відрізняються райони, де здійснюється геологічне дешифрування;
 - що означають прямі та непрямі дешифрувальні ознаки;
- уміти:
- розподіляти дистанційні знімки за дешифрованістю на категорії – добра, середня, погана;
 - чітко визначати за конкретним дистанційним знімком перелік прямих та непрямих дешифрувальних ознак;
 - пояснити роль геоморфологічного індикатора при дешифруванні геологічних тіл (дайки, зони окварцювання, зони розломів);
 - визначити роль індикатора – рослинність при дешифруванні речового складу порід різного генезу.

3.1. Геологічна фотогенічність

Під фотогенічністю розуміють відображення у фізико-географічному ландшафті геологічної будови і відповідно ступеня здатності розпізнавати геологічні структури за аерофотознімком [2]. Геологічна фотогенічність залежить у першу чергу від особливостей будови геологічного об'єкта, характеру рельєфу, відшарування гірських порід, наявності рослинності, покриву новітніх континентальних утворень, а також слідів техногенного впливу людини на природні ландшафти. Перелічені фактори в різній мірі впливають на дешифрованість аерофотознімків. Прийнято відрізняти три ступені геологічної дешифрованості аерофотоматеріалів: добру, середню і погану.

На аерофотознімках з доброю дешифрованістю зручно відрізняти всі елементи геологічної будови, межі товщ осадових і ефузивних порід, контури інтрузій і навіть породні різновиди, складчасті форми і розривні порушення, елементи їх залягання, генетичні й вікові підрозділи новітніх континентальних утворень. Завдяки дешифруванню є можливість здобути повне уявлення про геологічну будову району.

При середній дешифрованості відокремлюються тільки головні елементи геологічної будови і тектоніки. Вони фіксуються фрагментарно і часто за непрямыми ознаками. На стадії передпольового дешифрування вдається схематично показати геологічну будову району.

При поганій дешифрованості виявляються тільки деякі елементи геологічної будови і тектоніки. У стратиграфічних утвореннях встановлюється переважно простягання порід, межі інтрузій проводяться умовно за непрямыми ознаками, новітні континентальні утворення оконтурюються без розчленування, елементи складок і положення розривів виявляються за непрямыми ознаками. При попередньому дешифруванні встановлюються лише окремі риси геологічної будови.

3.2. Умови районів дешифрування

Ефективність застосування аерометодів суттєво визначається природними умовами районів.

Кліматичні умови. У сухому напівпустельному кліматі виникають дрібні форми рельєфу, що при малопотужному покриві четвертинних відкладів забезпечує чітке проявлення на поверхні всіх рис геологічної будови. У рівнинних районах з потужним покривом новітніх утворень дешифрування знімків утруднено. У загальному вигляді відслоненість території пропорційна ступеню дешифрованості. Найбільша результативність дешифрування виходить у районах складної геологічної будови, що зумовлюється значними відзнаками фотозображення різних геологічних об'єктів.

Рослинний покрив частіше маскує геологічні структури, утруднює дешифрування. Коли рослинне угруповання розповсюджене на відповідних формах рельєфу або породних різновидах, то вплив рослинності позитивний. Крім того, трав'яний покрив, змінюючись у сезоні, часто сприяє контрастності фотозображення ландшафту і поліпшує фотогенічність об'єктів.

Новітні континентальні утворення (делювіальні, еолові, льодовикові та ін.) часто повністю перекривають корінні породи, утруднюючи і навіть виключаючи можливість їх дешифрування. Разом з тим у ряді випадків структури корінних порід виразно просвічують під покривом пухких утворень, практично не знижуючи фотогенічності.

Антропогенний фактор негативно впливає на дешифрованість геологічних структур. Орання землі порушує природні зв'язки між мікрорельєфом, забарвленням ґрунтового шару, рослинністю і геологічною будовою.

3.3. Дешифрувальні ознаки

Геологічне дешифрування виконується на основі прямих і непрямих ознак.

Прямі ознаки безпосередньо відображаються на знімку дешифрованих об'єктів, а непрямі – за допомогою інших характеристик ландшафту (рослинності, ґрунту, обводнення та ін.).

Прямі дешифрувальні ознаки включають геометричну форму, розміри, колір, рисунок форм земної поверхні. Форма лінійних меж, площинна конфігурація та об'ємні форми геологічних тіл дозволяють виявити межі шаруватих товщ, еле-

менти їх залягання, положення зміщувачів, зсуву розривів, контактів інтрузій. Колір (тон) об'єкта залежить від його відбивної здатності і характеристики падаючого світлового потоку. При нормальному зорі на чорно-білих знімках фіксується до 35 відтінків у інтервалі від чорного до білого кольору. На фотознімку це відображується ступенем почорніння чи яскравістю зображення. Максимальне освітлення мають поверхні, розташовані перпендикулярно до сонячних променів.

Відбивна здатність залежить від характеру поверхні об'єкта (гладка, матова, шорстка). Гладка поверхня води відбивається на знімку яскраво-білим або майже чорним тоном. Матова – дає сірий тон. Тіні, що відбиваються об'єктами, дозволяють при дешифруванні розрізняти об'ємні й плоскі предмети. Рисунок рельєфу часто повністю визначається геологічною будовою: структурними особливостями, літологічним складом, фізичними властивостями й умовами утворення порід. Проявлення денудації та акумуляції матеріалу відображається на поверхні характерними формами рельєфу і розвитком дрібної гідрографічної мережі. Особливості рисунку рельєфу притаманні не тільки комплексам гірських порід, але і кожній пачці пласта. Відрізняють струмистий рисунок рельєфу, який розвивається на крутих схилах та м'яких породах, і гілчастий – на масивних породах (граніти та ін.). Характер ерозійної мережі (щільність, орієнтування та сполучення річкових долин і ярів) дозволяє створити уяву про тріщинуватість, склад, водопроникнення та проявлення розривної тектоніки.

Непрямі дешифрувальні ознаки – це ознаки, які не прямо вказують на геологічну будову ділянки, а опосередковано через інші компоненти природного ландшафту. За цими ознаками здійснюється логічна інтерпретація, що заснована на аналізі сполучень різних властивостей об'єктів, відбитих у їх зображеннях на аерофотознімках. Серед них основне значення мають геоморфологічні ознаки, характер рослинності, колір та зволоження ґрунту, водні джерела.

Геоморфологічні ознаки. Формування макро- і мікрорельєфу тісно пов'язане з властивостями порід, їх ступенем порушення, тріщинуватістю. Відособлені типи рельєфу характерні для порід з певними фізичними та структурними властивостями. На цій основі можливо виділяти ареали розповсюдження одновікових товщ або порід, близьких за складом і генезисом, простежувати за простяганням окремі шари, пачки або світи навіть за відсутності відслонень цих порід. Найбільш інформативні в цьому відношенні лінійні позитивні чи негативні форми рельєфу. Позитивні звичайно виникають над кварцовими жилами, дайками. Негативні характерні для зон тріщинуватості, розломів, дайкових тіл, які мають меншу стійкість до процесів вивітрювання порівняно з вміщувальними породами.

Рослинність. Використання цієї ознаки засновано на тому, що окремі види рослин і рослинних угруповань розвиваються на ґрунтах певного складу. Наприклад, на вапнякових ґрунтах добре росте чагарник, у той час як трав'яниста рослинність тут знаходиться в пригніченому стані або відсутня зовсім. Ця ознака може бути використана для виявлення ділянок розповсюдження шарів, лінз і товщ вапнякових порід. Найбільшу інформативність рослинність як непрямая ознака має при дешифруванні в умовах розчленованого рельєфу й горизонтального залягання порід.

Ґрунт. Максимальний ефект цього індикатора при дешифруванні досягається тоді, коли ґрунти залягають безпосередньо на корінних породах або на їх елювії. Основне значення тут мають їх кольорові відтінки, які проявляються на знімках змінюванням фототональності. Забарвлення товщ залежить від складу вихідних порід, механічного стану, зволоженості і засоленості. Солончакові ґрунти мають нерівне плямисте забарвлення. Для піщаних ґрунтів притаманний крапчастий і хвилястий рисунок. Леси, суглинки дають рівне монотонне зображення.

Ступінь зволоженості ґрунтів. Цей показник позначається на характері трав'янистої рослинності, що в умовах сухих степів може служити важливою дешифрувальною ознакою. Максимальний ефект від використання ступеня зволоженості ґрунтів досягається при дешифруванні розривних порушень та інших проникних ділянок земної кори. Для цього можна застосовувати і водні джерела. За їх виходами можуть бути дешифровані такі межові геологічні поверхні, як розриви, незгідності, водоупори та ін.

Питання для самоконтролю

1. Що таке геологічна фотогенічність та як з нею пов'язана дешифрованість?
2. На які категорії поділяють АФЗ за дешифрованістю?
3. У яких умовах рослинний покрив може поліпшувати фотогенічність об'єктів дешифрування?
4. До якої групи належить смугаста структура фотозображення геологічного об'єкта?
5. Розташуйте непрямі ознаки дешифрування за їх роллю при геологічному дешифруванні.

4. ВИМІРЮВАЛЬНЕ ДЕШИФРУВАННЯ АЕРОФОТОЗНІМКІВ

Вимірювальні (фотограмметричні) методи дозволяють отримувати елементи залягання гірських порід, потужність шарів, визначати відносне перевищення пунктів, будувати геологічні розрізи. Їх також застосовують для отримання інформації в спеціальних інженерно-геологічних, геоecологічних дослідженнях. Зважаючи на це, майбутній спеціаліст повинен не тільки розумітися на цій темі, а і володіти певними навичками, тобто

знати:

- можливості вимірювальних операцій на окремому знімку та стереопарі;
- термінологію, яка застосовується при виконанні фотограмметричних робіт;
- чому на АФЗ з'являються перевертання напрямку та довжини нахиленого відрізка;
- що означає масштаб знімка для певного початкового рівня, який вказується в паспорті АФЗ;
- які практичні результати у вирішенні конкретних геологічних завдань можуть бути отримані при застосуванні вимірювальних операцій на АФЗ;

уміти:

- ідентифікувати АФЗ з топокартою та визначати масштаб знімку;
- вимірювати азимути відрізків і розраховувати похибку вимірювань;
- визначати перевищення між двома пунктами на АФЗ та обчислювати кут нахилу відрізка;
- вимірювати довжину відрізка і розраховувати похибку визначення довжини нахиленого відрізка на АФЗ.

При дешифруванні аерофотознімків залежно від поставлених завдань визначають деякі геометричні параметри АФЗ і геологічних об'єктів. Зокрема, вимірюють довжину, перевищення між точками, кутові величини. У спеціалізованих партіях і експедиціях існують прилади, які дозволяють проводити фотограмметричні операції. У звичайних польових геологозйомочних партіях необхідні параметри отримують напівінструментальними вимірами.

Для зручності роботи фотознімки вставляють у картонні планшетки відповідного формату (18x18, 23x23, 30x30 см). Під стереоскопом дешифрують частину, що перекриває правий знімок (для лівші – лівий). Графічні дані дешифрування викреслюють на аркуші кальки або спеціальній плівці, накладеній на правий знімок стереопари, використовуючи туш, м'які олівці, гелієві ручки.

На знімках зображення фіксують за допомогою центральної проекції на відміну від ортогональної на топокарті. Промінь, перпендикулярний площині аерофотознімка, називається головним променем або оптичною віссю фотоапарата, а точка перетину головного променя з площиною аерофотознімка – головною точкою АФЗ. Відстань між центром проекції і площиною негативу має назву фокусної відстані (f_k).

Ідентифікація АФЗ і місцевості, прив'язка до карти. Визначають головну точку знімка, проводять орієнтування АФЗ і встановлюють положення головної точки знімка на топокарті. Головна точка – це перетин ліній, з'єднуючих коор-

динатні мітки знімка. За їх відсутності ця точка визначається за перетином діагоналей квадрата рамки (рис. 4.1). Положення головної точки показують на кальці, яка накладена на АФЗ, точкою в центрі квадрата зі стороною 3 мм. Крім квадрата з точкою, на карті проводять усі лінії і показують координатні мітки.

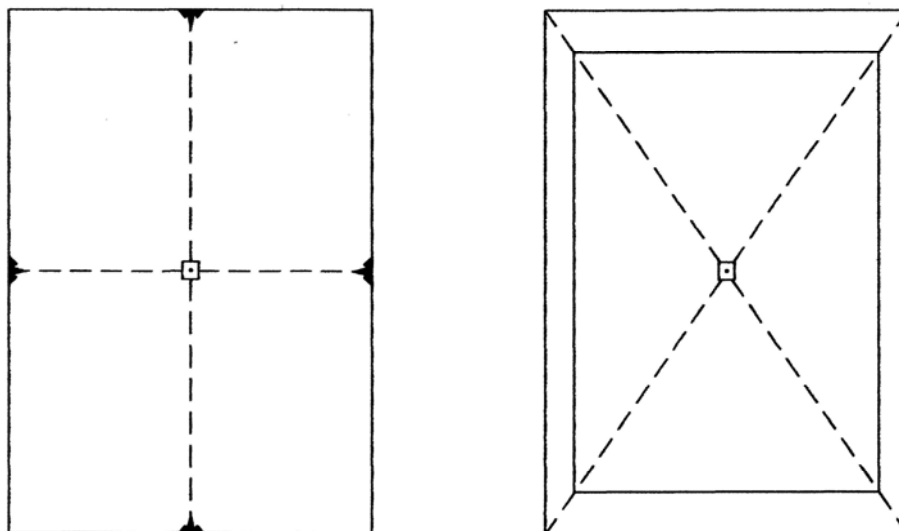


Рис. 4.1. Способи знаходження головної точки АФЗ

Орієнтуванням АФЗ називається визначення лінії північ-південь (ПН-ПД) на знімку. Для цього на карті знаходять будь-які контурні точки (А і В) близькі за висотою, які можливо визначити точно на знімку (міст, перехрестя доріг, повороти дороги, гирло притоки, вигин річки, острів та ін.). Крізь вибрані точки на карті проводять пряму лінію. Виміряють кут між цією лінією і меридіаном (рамкою карти або лінією ПН-ПД на карті, рис. 4.2). На знімку цей кут відкладають від лінії, яка з'єднує точки А і В та проводять лінію ПН-ПД. Кут можна відкласти і без транспортира. Для цього необхідно сумістити кальки карти і АФЗ.

Прив'язка аерофотознімка до карти, тобто визначення положення головної точки АФЗ на карті може здійснюватися декількома способами.

Найбільш простий та швидкий – прив'язка за контурами. Спосіб застосовується, коли головна точка збігається з характерним контуром, який можна розпізнати на АФЗ і карті (рис. 4.3).

Прив'язка полярним способом проводиться за двома контурними точками. На знімку виміряють кут між лінією, що з'єднує контурні точки з радіусами, які проведені з головної точки до обох контурних точок. Ці кути за допомогою транспортира будують на карті з обох кінців прямої, яка проходить через ідентичні точки. Шукана точка буде знаходитись на перетині цих прямих (рис. 4.4).

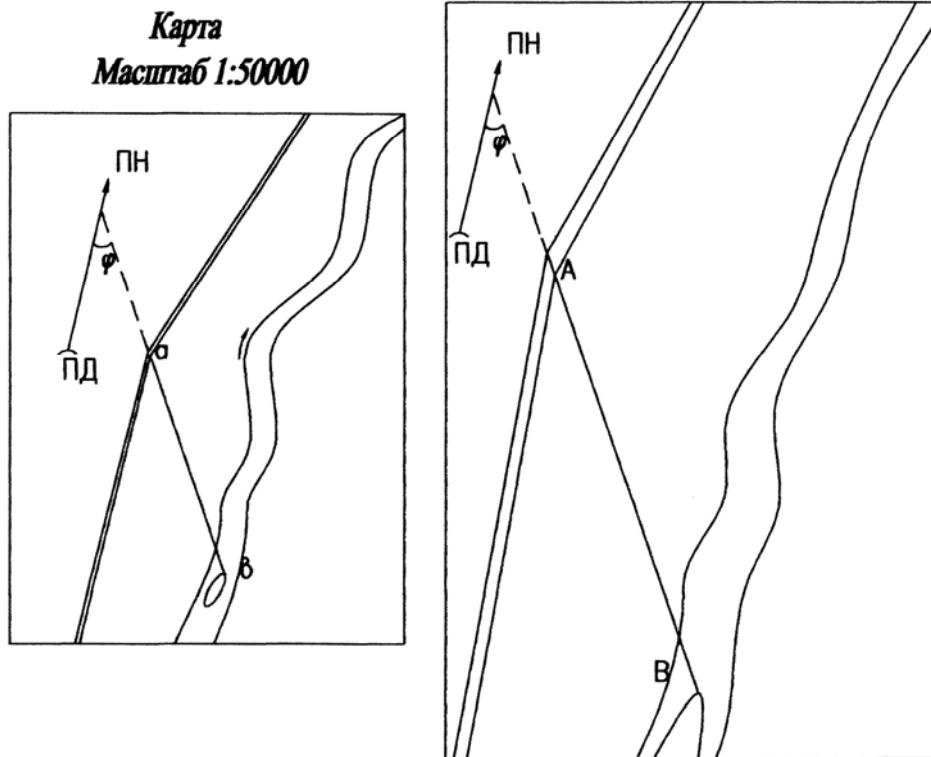


Рис. 4.2. Визначення положення лінії ПН-ПД на АФЗ

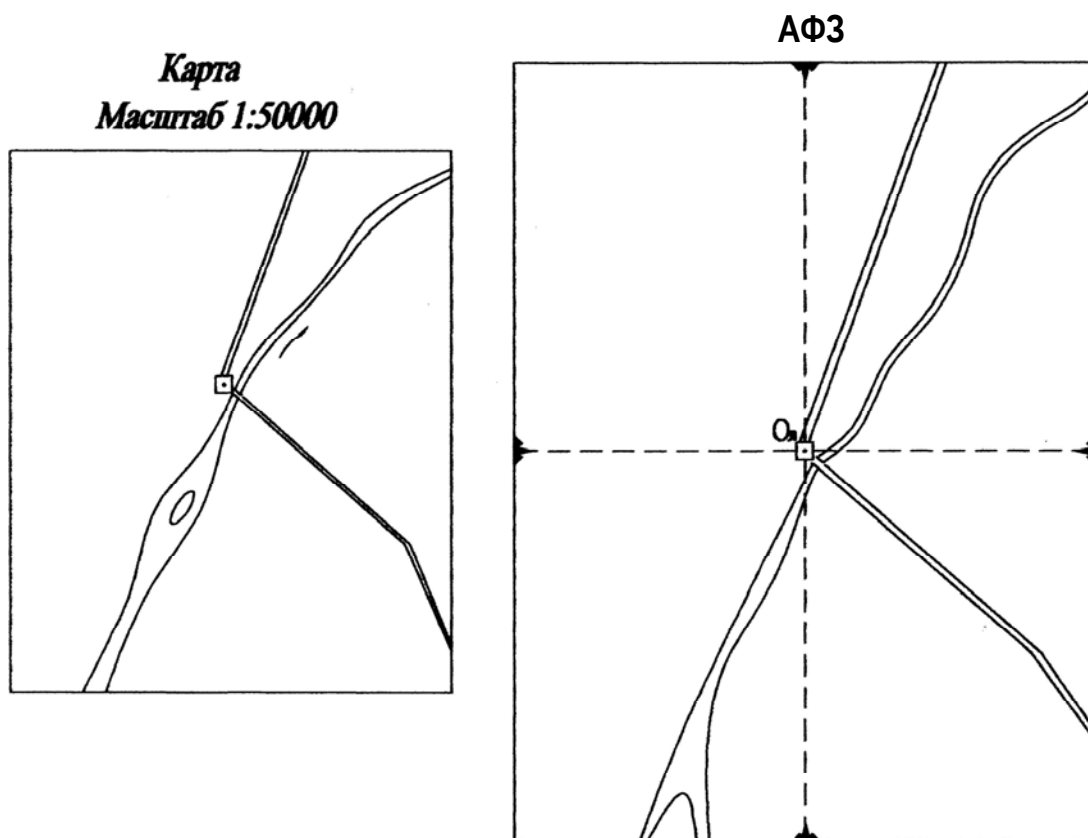


Рис. 4.3. Визначення положення головної точки АФЗ на карті за контуром

АФЗ

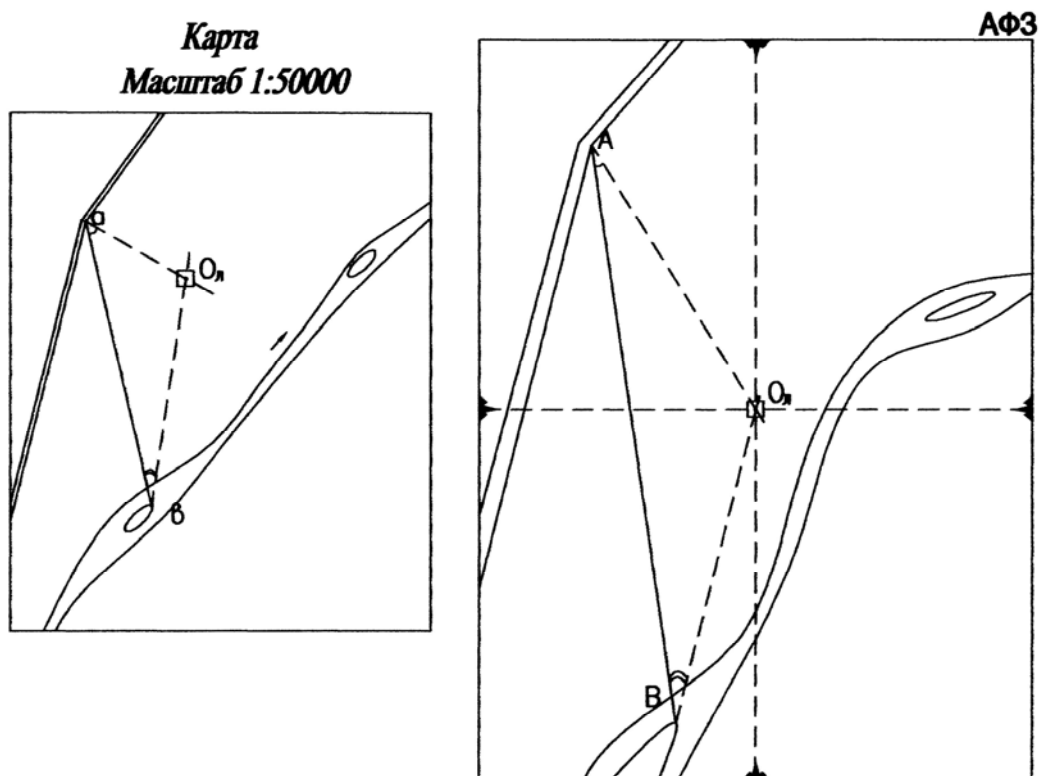


Рис. 4.4. Нанесення головної точки на топокарту полярним способом

Спосіб засічок з трьох контурних точок полягає в тому, що, маючи три ідентичні точки, на карті і АФЗ роблять засічки циркулем однаковими радіусами спочатку до головної точки на знімку, а потім на карті з урахуванням масштабу.

Найбільш точним вважається спосіб зворотної засічки з чотирьох контурних точок. На кальку знімка переносять головну точку і чотири контурні. Проводять промені з головної точки до кожної з чотирьох, потім ці промені суміщають з відповідними контурними точками карти.

Визначення середнього масштабу знімку. Масштаб горизонтального аерофотознімка плоскої рівнинної місцевості при прямовісному положенні оптичної осі визначається відношенням фокусної відстані камери (f_k) до висоти фотографування (H) за формулою

$$1/M_{зн} = f_k/H,$$

де $M_{зн}$ – знаменник масштабу АФЗ.

Коли відомі паспортні дані (f_k , H), середній масштаб АФЗ визначається за топокартою, використовуючи формули

$$\begin{aligned} AB_{зн}/ab_k &= M_k/M_{зн}; \\ M_{зн} &= (ab_k M_k)/AB_{зн}. \end{aligned}$$

Тут ab_k – відстань між точками a і b на карті, мм; M_k – знаменник масштабу карти; $AB_{зн}$ – відстань між ідентичними контурними точками на АФЗ.

При визначенні середнього масштабу АФЗ слід вибирати контурні точки з максимальними перевищеннями, а пряма, яка з'єднує ці точки, повинна проходити по діагоналі АФЗ крізь центр або не далі як 1 см від нього.

Маючи масштаб АФЗ і фокусну відстань фотокамери (f_k), можна обчислити висоту фотографування H . Формулу її розрахунку нескладно одержати зі схеми, яка ілюструє співвідношення відшукуваного параметра з іншими даними (рис. 4.5),

$$f_k/H = AB_{3H}/ab,$$

де ab – відстань між точками a і b на місцевості;

$$AB_{3H}/ab = 1/M_{3H}.$$

Таким чином,

$$\begin{aligned} f_k/H &= 1/M_{3H}, \\ H &= f_k M_{3H} \cdot 10^{-3}. \end{aligned}$$

Множення на 10^{-3} дозволяє отримати результат у метрах.

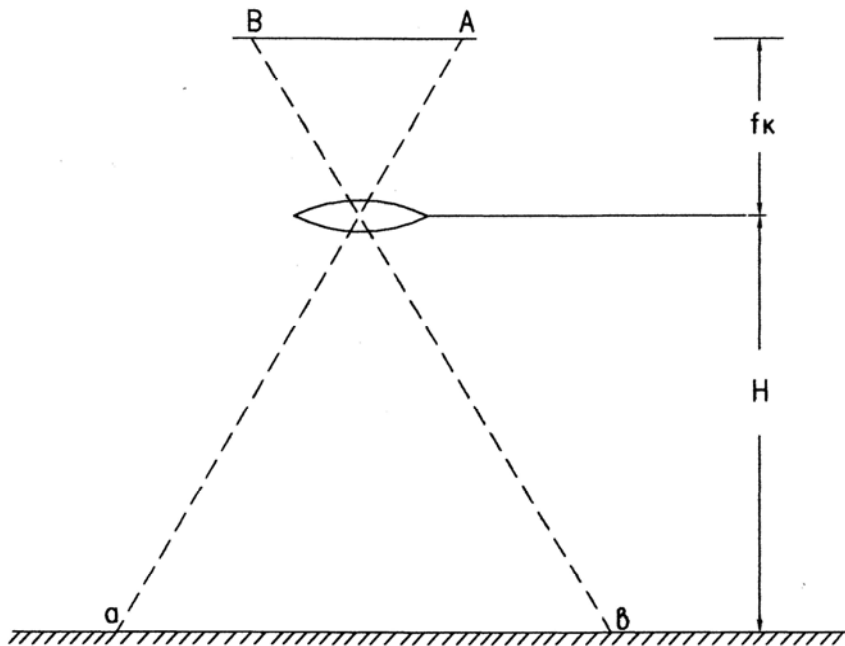


Рис. 4.5. Схема визначення висоти фотографування

Визначення відносного перевищення між двома точками. Визначення перевищень починають з виміру повздовжніх паралаксів. Повздовжній паралакс – це

алгебраїчна різниця абсцис однойменних точок на лівому та правому знімках. Він у будь-якій точці АФЗ залежить від її висоти над рівнем моря, взаємних кутів нахилу і різниці висот фотографування знімків, що створюють стереопару.

Початком координат на кожному АФЗ приймають його головну точку, початковим напрямом – лінію, яка поєднує головні точки двох знімків, що створюють стереопару. Практично для визначення початкового напрямку необхідно мати дві кальки (з лівого та правого АФЗ) з нанесеними головними точками і двома контурними точками. Суміщуючи контурні точки двох кальок, слід перенести (наколоти голкою) головну точку правого АФЗ $O_{\text{п}}$ на лівий знімок, а головну точку лівого знімка $O_{\text{л}}$ – на правий. Точки $O_{\text{п}}$ і $O_{\text{л}}$ з'єднати прямими лініями. Ці лінії (ось X) є лініями початкових напрямів (рис. 4.6).

Крізь головну точку кожного знімка проводять ось Y, яка перпендикулярна осі X. Таким чином, на кожному АФЗ вводиться своя ортогональна система координат. У кожній із систем необхідно визначити абсциси точок А і В (рис. 4.6) та повздовжні паралакси кожної точки як алгебраїчну різницю абсцис:

$$PA = X_{A_{\text{л}}} - X_{A_{\text{п}}},$$

$$PB = X_{B_{\text{л}}} - X_{B_{\text{п}}}.$$

Розраховують різницю повздовжніх паралаксів:

$$\Delta P = PA - PB.$$

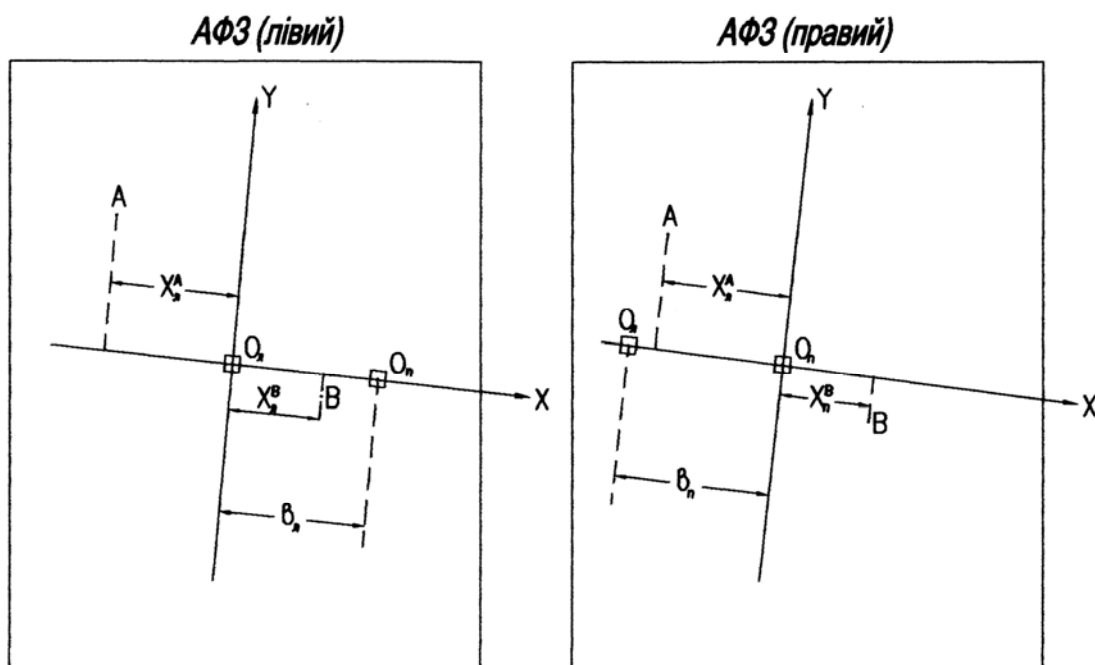


Рис. 4.6. Схеми визначення повздовжніх паралаксів
Перевіщення між двома точками визначається за формулою

$$h = (H\Delta P)/(b + \Delta P),$$

де H – висота фотографування, м; ΔP – різниця повздовжніх паралаксів точок, що визначаються, мм; b – базис фотографування (відстань між головними точками знімків), що приймається як середнє значення виміряного базису на лівому та правому знімках ($b = (b_{\text{л}} + b_{\text{п}})/2$), мм.

Для рівнинної місцевості, коли перевищення незначне і різниця паралаксів невелика, застосовується формула

$$h = K\Delta P,$$

де $K = H/b$.

У розрахункових формулах вимірювані абсциси і базиси фотографування повинні бути одержані з точністю до десятої частки мм. Досягається це за допомогою палетки – паралаксометра, яка виконана на прозорій плівці. Вимірюючи величину на АФЗ, слід класти палетку так, щоб її горизонтальні лінії були паралельні початковому напрямку знімка. Переміщуючи палетку і зберігаючи паралельність горизонтальних ліній початкового напрямку, домагаються такого положення, коли ліва вертикальна лінія сітки палетки буде проходити крізь головну точку АФЗ, а будь-яка коса лінія поперечного масштабу – крізь точку на осі X . Потім вимірюють відстань, при цьому десятки мм відраховують на горизонтальній лінії палетки, а міліметри та їх десяти частки – по вертикальній шкалі поперечного масштабу. Точність відрахувань до 0,1 мм. Точність вимірювання перевищення за допомогою палетки дорівнює приблизно 1/700 висоти фотографування.

Вимірювання напрямку і довжини нахилоного відрізка на АФЗ. На аерофотознімках зображення нахилених об'єктів місцевості (їх форма і розміри) зазнає перекручування. Перекручування напрямку нахилоного відрізка, тобто кут $\Delta\alpha$ між його істинним азимутом і азимутом його зображення на АФЗ, визначається формулою

$$\Delta\alpha = r\alpha/f_k \text{ (при } \alpha \leq 30^\circ\text{),}$$

де r – відстань від головної точки знімка до прямої, на якій розташовано відрізок (тобто довжина перпендикуляра, опущеного з центру знімка на відрізок або на його продовження); α – кут нахилу відрізка на місцевості (його можна визначити, якщо відомо перевищення крайових точок та відстань між ними на АФЗ: $\text{tg}(\alpha) = h/L$).

Найчастіше перевертається на знімку напрям відрізків, які проходять перпендикулярно радіусу-вектору, а напрям відрізків, які проходять вздовж радіуса-вектора, не перевертається зовсім. Довжина максимально перевертається у нахилених відрізках, орієнтованих уздовж радіуса-вектора. В цьому випадку величина перевертання (ΔL), тобто різниця між горизонтальним накресленням відрізка і довжиною проєкції відрізка, визначається формулою

$$\Delta L = 0,017\alpha L_0(r/f_k),$$

де 0,017 – радіанна міра кута в 1° ; α – кут нахилу відрізка в градусах; L_0 – горизонтальне положення відрізка в масштабі аерофотозйомки.

Довжина відрізка, орієнтованого перпендикулярно радіусу-вектору, практично не перевертається. Величина перевертання напряму і довжини може сягати великих значень, особливо на краях АФЗ. Наприклад, при $r = f_k = 70$ мм зображення відрізка, який має нахил 30° , повернуто на аерофотознімку на кут $\Delta\alpha$, що дорівнює 35° . Коли такий відрізок нахилений до центру знімка, то довжина його зростає на 60%, коли від центру, то він зображується скороченим більш ніж удвічі [2].

Завдання для набуття практичних навичок дешифрування

Маючи стереопару АФЗ та топокарту місцевості, слід виконати таке:

- визначити головні точки правого та лівого АФЗ (див. рис. 4.1);
- знайти два пункти (бажано їх розміщення в центрі АФЗ) на лівому і правому знімках, а також відповідні (ідентичні) пункти на топографічній карті з відомим масштабом;
- визначити положення ліній ПН – ПД на АФЗ (приклад на рис. 4.2);
- нанести головну точку одного з АФЗ на топокарту (приклад на рис. 4.4);
- визначити масштаб АФЗ для рівня місцевості, де розташовані пункти А і В при фокусній відстані $f_k = 100$ мм;
- розрахувати висоту фотографування (приклад на рис. 4.5);
- визначити перевищення між точками А і В, попередньо виконавши розрахунки повздовжніх паралаксів (рис. 4.6);
- виміряти напрям і довжину нахиленого відрізка на АФЗ, попередньо визначивши кут його нахилу, та розрахувати похибки вимірювань.

Питання для самоконтролю

1. Як визначається центр або головна точка АФЗ при наявності координатних міток та за їх відсутності (вказіть на схематичному рисунку)?
2. Яким чином може бути визначена висота фотографування при наявності масштабу АФЗ?
3. Що означає негативна різниця повздовжніх паралаксів?
4. Коли спостерігається максимальне перевертання напряму похилого відрізка на АФЗ?
5. Як залежить величина перевертання нахиленого відрізка на АФЗ від його розташування?

5. ДЕШИФРУВАННЯ НОВІТНЬОГО КОНТИНЕНТАЛЬНОГО ПОКРИВУ

Новітній континентальний покрив – це перше, з чим стикається фахівець при геологічному дешифруванні. Без відокремлення цих утворень неможливе дешифрування корінних порід, а доволі часто новітні утворення є основним об'єктом дешифрування. Тому, опанувавши матеріали цього розділу, студенти повинні

знати:

- які відміни існують при дешифруванні новітніх відкладів на космічних та аерофотознімках;
- які генетичні типи новітніх утворень слід розрізняти на АФЗ;
- за якими ознаками на АФЗ можуть бути встановлені еолові, делювіальні, елювіальні, пролювіальні утворення;
- як, де та за якими ознаками дешифруються гравітаційні, алювіальні, льодовикові та флювіогляціальні відклади;

уміти:

- проводити на АФЗ (або на кальці, яка накладена на АФЗ) межі порід новітнього покриву, які відрізняються за походженням та складом;
- відокремлювати поля розповсюдження генетичних типів пухких порід;
- складати таблицю умовних позначень новітніх утворень, які відокремлені за результатами дешифрування АФЗ.

При дешифруванні космічних знімків (КЗ) новітні відклади позначаються як пухкі утворення без подальшого розчленування. Вони охоплюють основні генетичні типи переважно четвертинних, а інколи й пліоценових нелітіфікованих відкладів. У більшості випадків ці утворення чітко відокремлюються від корінного субстрату, а за незначною потужністю (перші десятки метрів) та фрагментарним розповсюдженням легко "знімаються" за допомогою геологічного дешифрування КЗ регіонального рівня генералізації. На космогеологічній карті пухкі утворення залишають лише там, де вони повністю маскують склад корінного субстрату (рівнини платформ, долини великих річок, міжгірні депресії).

Дешифрування покриву континентальних утворень – важливий елемент загального геологічного дешифрування АФЗ. Результати дешифрування є основою геоморфологічних висновків і впливають на дешифрування корінних порід. Під час дешифрування на АФЗ виділяють основні генетичні типи відкладів.

Елювіальні утворення розвиваються головним чином на поверхні слабо-розчленованих вододілів у межах рівнинних зон пустель і напівпустель, а також на плоских вододільних ділянках та пологих схилах у гірських районах. Тут вони створюють поля брилевих розсипів і елювіального щебеню, які дешифруються за нерівним плямистим забарвленням і крапчастою текстурою зображення. Крихкий дрібнозернистий або глинистий елювій дешифрується лише при поганому відшаруванні в пустельних або напівпустельних районах. У рівнинних степових районах часто проявлені ґрунтово-елювіальні утворення. При бідній рослинності покрив цих відкладів мало помітний на АФЗ і передає всі деталі будови корінних порід, а вибіркоче розповсюдження рослинності і мікро-

рельєф, який розвивається на елювії, підкреслює структуру корінної основи. Здебільш елювіальний покрив, як і деревна рослинність, перешкоджають геологічному дешифруванню.

Делювіальні відклади формуються лише на схилах, кут яких не перевищує $25 - 35^\circ$, що визначається кутом природного схилу. Цей кут тим більший, чим більші великі й кутасті уламки порід, що їх складають. Помірне зволоження і рослинність підвищують кут природного схилу уламкового матеріалу делювію. При оконтурюванні делювіальних утворень орієнтуються на характерні риси мікрорельєфу та фототон. Потужність делювіальних відкладів визначається формою схилу. На опуклих вона найменша, на увігнутих (у нижніх частинах схилів) – максимальна. Потужність делювію, який розвивається на схилах з виходом горизонтально залеглих порід, залежить від їх міцності. На місці міцних, стійких до вивітрювання порід у рельєфі виникають карнизи і скелясті виступи. На площину розповсюдження і потужність делювію впливає також і склад порід. На схилах, складених осадовими і матаморфогенними породами, потужність делювіального покриву більш витримана, на інтрузивах делювій накопичується у понижених ділянках рельєфу та біля підніжжя скелястих виступів при дуже невитриманій потужності і неправильних контурах розповсюдження.

Пролювіальні відклади формуються на схилах, де тимчасові потоки змивають елювій та делювій. Вони локалізуються в гирлах цих потоків, часто створюючи шлейфи біля підніжжя схилів. У місцях сучасного інтенсивного пролювіального змиву на схилах можна бачити густий гілчастий рисунок фотозображення. На АФЗ дешифруються контури пролювіальних конусів виносу, які мають вигляд секторів, що спускаються в долини основних рік і бокових притоків, з радіальним пересічним розташуванням усохлих русел з рівним забарвленням поверхні. Селеві потоки на АФЗ передаються різко і звичайно мають вигляд смуг із зігнутими окресленнями, які перекривають корінні або четвертинні відклади. На поверхні таких потоків спостерігаються повздовжні смуги (борозни), що протягуються у напрямі течії потоку. У нижній частині вони плавно обгинають селевий язик.

Більш давні (які встановлені) конуси пролювіальних відкладів не мають слідів наростання. Їх поверхня вкрита лісом або трав'янистою рослинністю. Контури конусів виражені не завжди достатньо чітко. Конуси вершинами заходять углиб корінних схилів, а решту простору покривають алювіальні відклади, заповнюючи значну частину долини і відхиляючи русло річки до протилежного схилу.

Здебільш у нижніх частинах схилів при дешифруванні АФЗ неможливо відокремити пролювіальні відклади від делювію і вони виділяються сумісно, як делювіально-пролювіальні (рис. 5.1). На схилах, які складені м'якими породами, що розмиваються тимчасовими потоками, розвиваються вимоїни, яри, балки. Вимоїни на АФЗ виглядають як тонкі темні, рідко світлі смуги і лінії на схилах. Яри і балки мають гілчастий рисунок, чіткі грані брівок виділяються завдяки різкому контрасту між затіненими та освітлюваними схилами. У лісо-степу чітко виділяються балки, які заросли чагарниками та деревами. Молоді яри, які ще ростуть, мають чітко виражені брівки і глибокі верхів'я. Рисунок

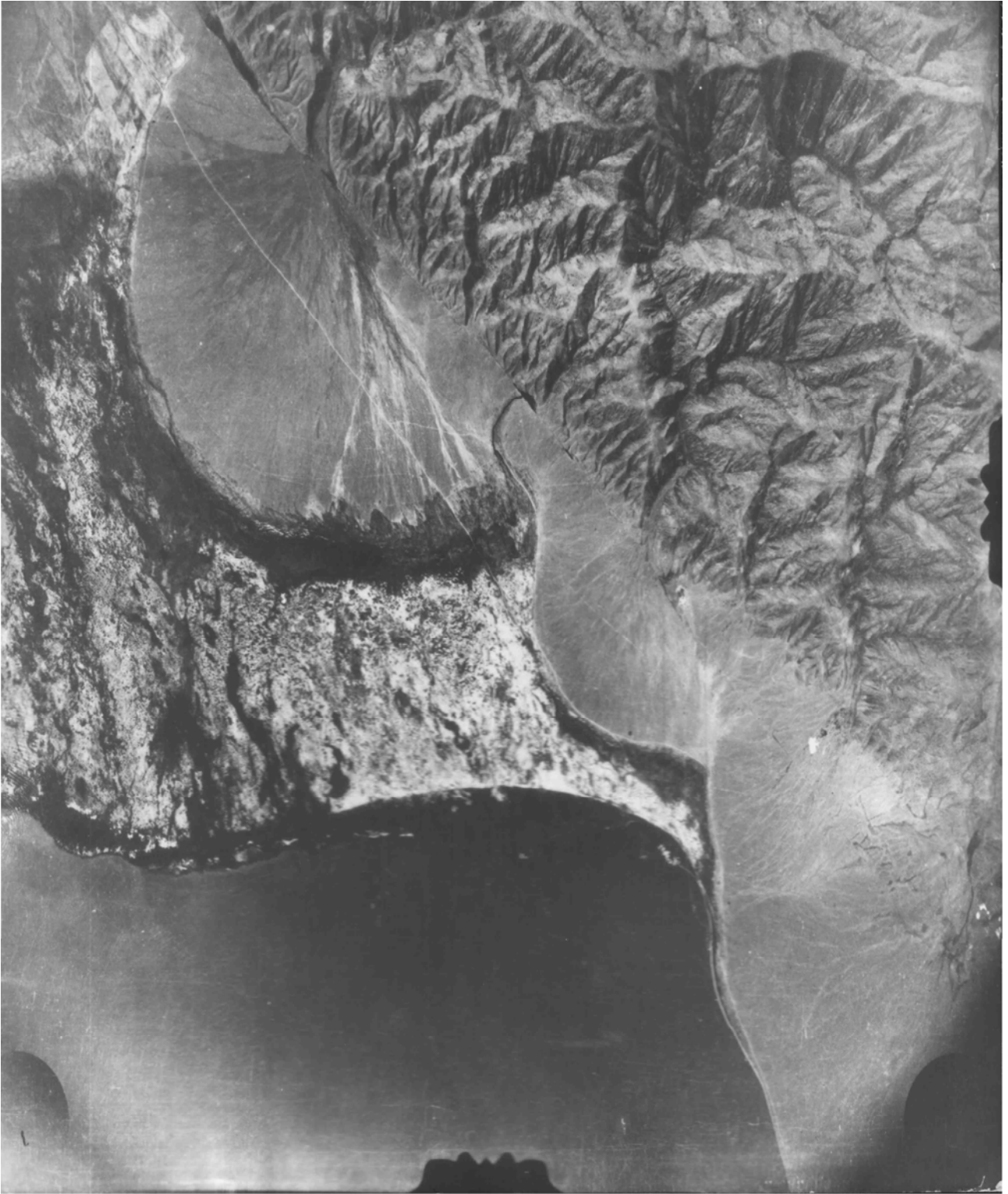


Рис. 5.1. Шлейф делювіально-пролювіальних відкладів

мережі ярів пов'язаний з ґрунтами. У лесах яри мають різкі брівки і майже прямовисні схили. У глинистих ґрунтах окреслення м'які. У районах вічної мерзлоти ярова мережа дрібно зрізана.

Гравітаційні утворення виникають у результаті переміщення корінних порід та елювіально-делювіальних мас униз по схилу під впливом сили тяжіння. До них належать зсуви, опливини, обвали і кам'яні осипи.

Зсуви дешифруються за горбистим рельєфом і різкими лінійними межами порід, що залишилися на місці. Структура фотозображення плямиста, струменева. Для зсувів, що розвиваються повільно, характерні горби, сформовані у зігнуті гряди, повернуті опуклістю вниз по схилу. Ліс на поверхні зсуву нахилений або повалений.

Опливини з'являються внаслідок соліфлюкції на схилах під впливом відтавання верхнього шару вічної мерзлоти. Опливини являють собою масу розрізженого делювію, зміщеного по схилу у вигляді потоку мулу, змішаного з уламками корінних порід.

У рельєфі ці маси часто мають вигляд валоподібних гребенів і горбів, які відображують умови й напрям течії. На АФЗ опливини зображуються світло-сірими язикоподібними плямами, позбавленими рослинності, які простягаються вздовж нижньої частини схилів.

Обвали, які пов'язані із швидким епізодичним зсувом делювіальних мас і корінних порід, на АФЗ фіксуються при їх значних розмірах. Дешифруються обвали за крапчастою або дрібноплямистою поверхнею зі світлою різкою верхньою межею, нижче якої розміщується обвальний конус, який простягається до підніжжя схилу. Великі обвали перегороджують ріки, створюють озера.

Осипи розвиваються на крутих схилах під скелястими виступами і звичайно вигнуті смугами вниз по схилу у вигляді кам'яних потоків. Поблизу підніжжя ці потоки набувають форму конуса. При значному розвитку осипів конуси біля підніжжя зливаються в суцільний колювіальний шлейф. Рослинність на осипах має вигляд окремих плям або відсутня повністю. Фототон осипів на АФЗ більш світлий у порівнянні з рештою схилів.

Алювіальні відклади. Основними ознаками безпосереднього дешифрування алювіальних відкладів є морфологічні елементи річкових долин, які свідчать про діяльність водного потоку (русла, тераси, підніжжя корінного схилу), та певна наявність рослинності (рис. 5.2).

Руслові та заплавні відклади пов'язані з руслами рік. Їх межі окреслюються діяльністю русла річки (меандри, стариці) і характерним розподілом вологолюбної рослинності (рис. 5.3). У населених пунктах заплави рік часто засаджені садами, створені луки. У ріках з несталим водотоком алювій дешифрується за темним забарвленням, що створюється завдяки густому трав'яному покриву, який зберігає зелений колір. Однак цю ознаку дешифрування слід співвідносити з елементами рельєфу. Алювій терас впевнено встановлюється за рівними смугами з монотонним сірим забарвленням і за крутими уступами у рельєфі. Для брівок річних терас характерна мінливість ярової мережі, внаслідок чого вона має нерівні зазублені межі.

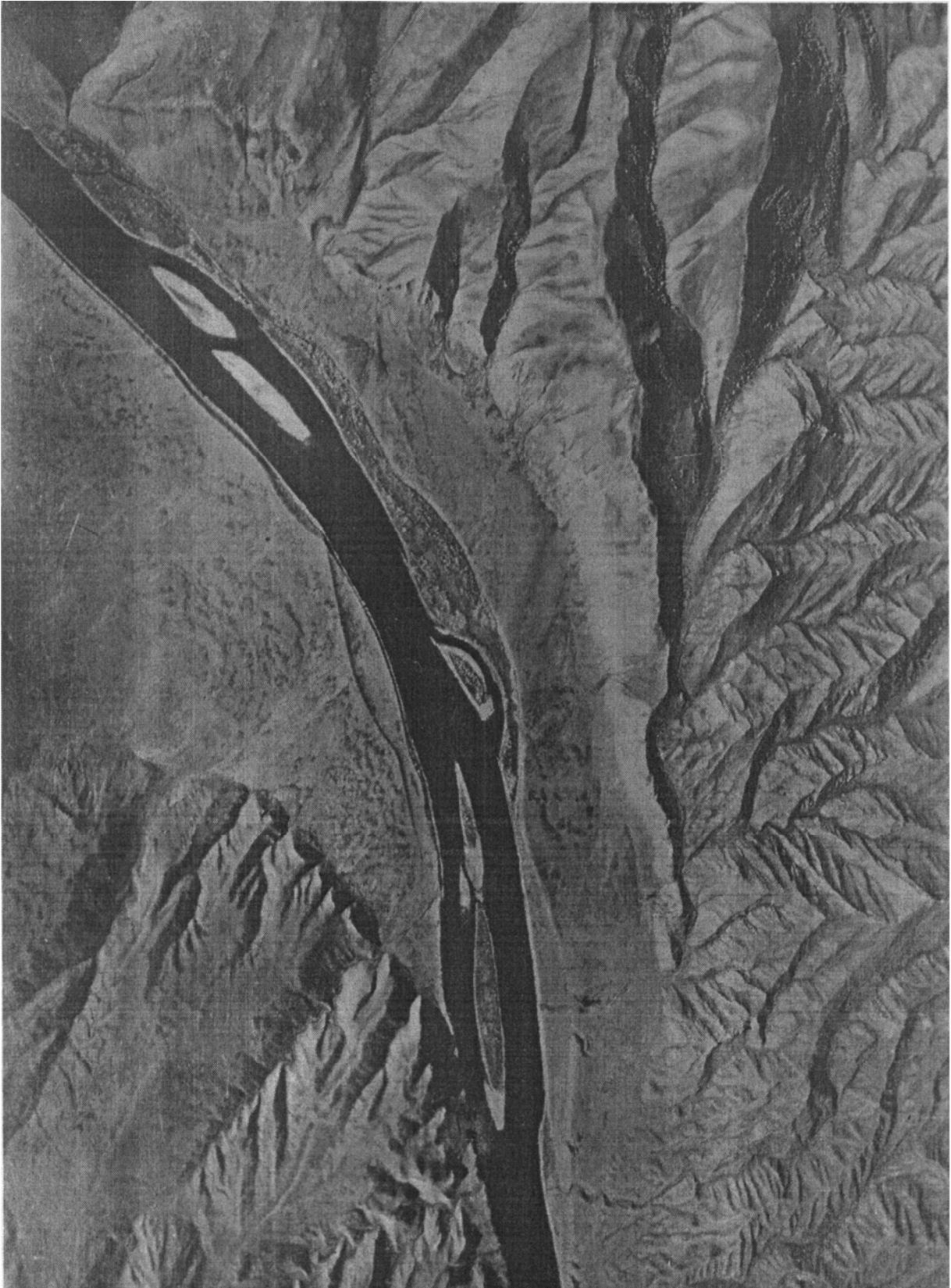
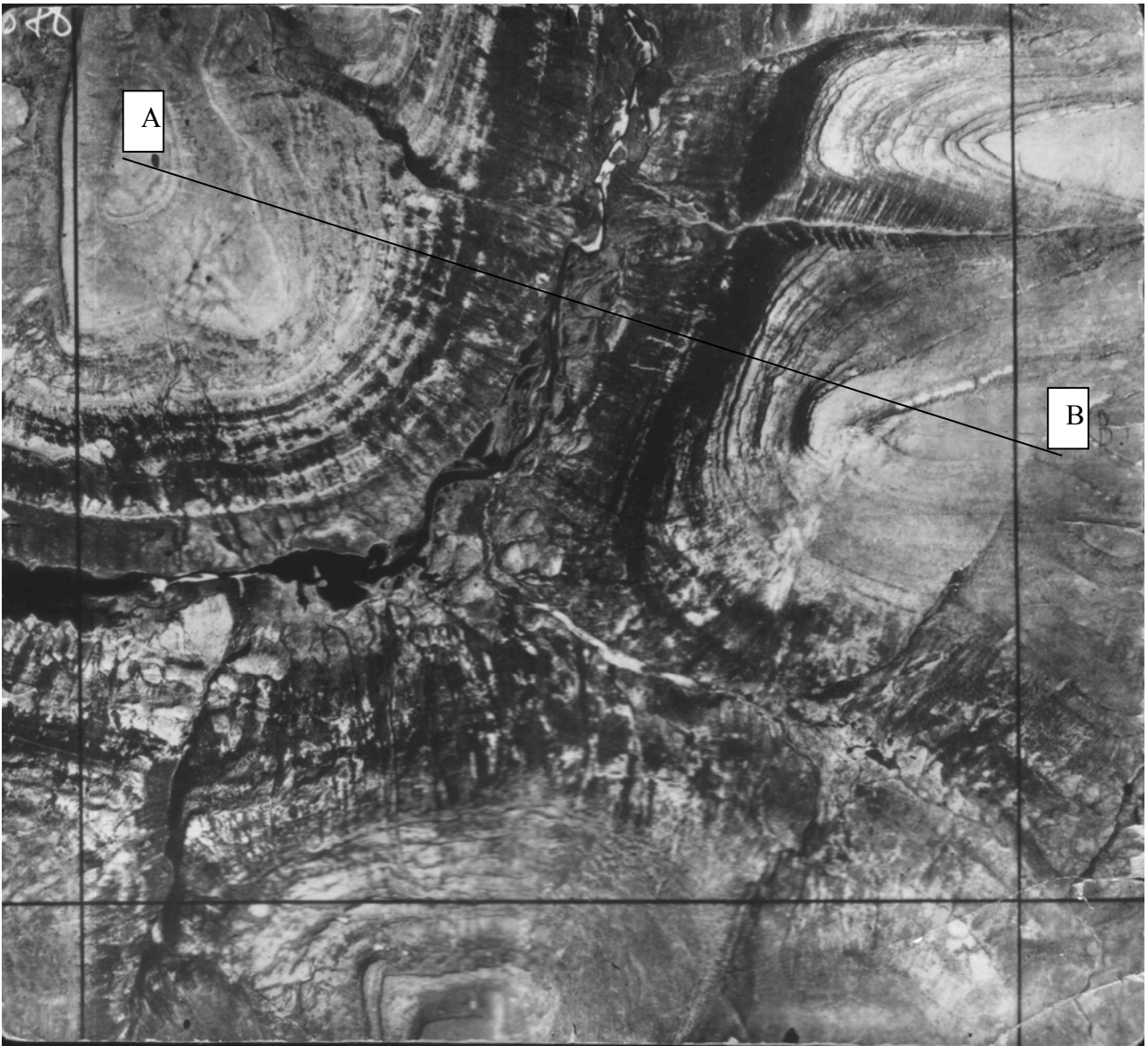


Рис. 5.2. Алювіальні відклади в долині гірської ріки



Схематичний розріз по лінії А-В

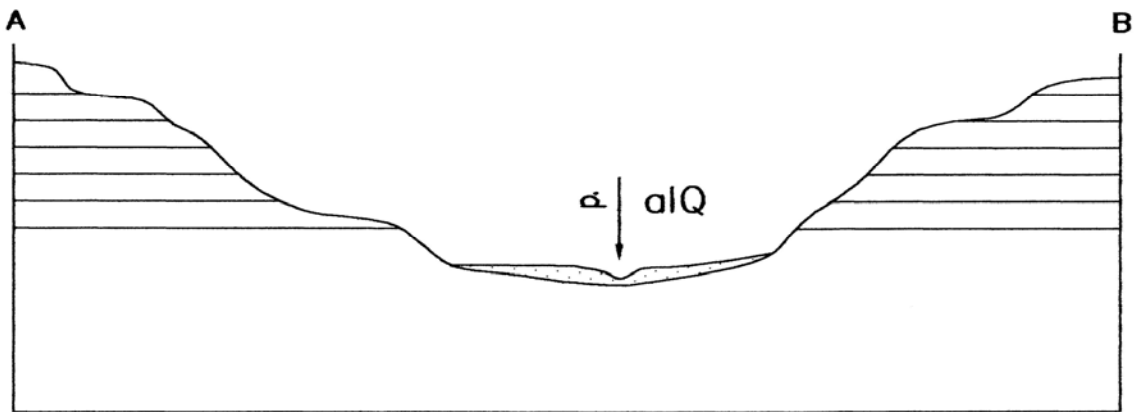


Рис. 5.3. Алювіальні відклади в долині ріки та їх відображення на геологічному розрізі

Подібні ознаки дешифрування мають сучасні озерні відклади і відклади озерних терас. Найбільш чітка ознака відкладів відбивається в їх просторовому зв'язку із сучасними озерними береговими лініями.

Льодовикові відклади тісно пов'язані з льодовиковими формами рельєфу. Льодовики дешифруються за білим забарвленням, смугастістю, що відображає рух льодовика і характерну тріщинуватість (рис. 5.4). У трогових долинах «кучеряві» скелі та баранячі лоби дешифруються за характерними формами корінних порід, що згладжені льодовиком. Добре помітна тріщинуватість порід, плавні форми підкреслюються зміною рослинного покриву. Друмлини спостерігаються як окремі підвищення і в цілому створюють своєрідний ландшафт з характерними витягнутими підвищеннями.

При вивченні трогових долин на АФЗ відокремлюються горбасті утворення основної морени і ланцюжки горбів серединної морени. Найбільш виразно дешифруються кінцеві морени. Вони витягнуті поперек долини валами дугоподібної форми.

Флювіогляціальні відклади дешифруються гірше морен. Розташовуються вони широким шлейфом на зовнішньому боці кінцевих морен. У складі цих утворень перебільшують піски і галечники, які легко розмиваються поверхневими водами з утворенням густої мережі ярів.

Еолові відклади створюють характерні еолові ландшафти, поверхня яких формується при перевітванні пісків. У результаті створюються горби, піскові пасма, дюни або бархани, орієнтовані за напрямом пануючих вітрів. У більшості районів еолові піски з'являються на поверхні алювіальних озерних відкладів, рідко – на флювіогляціальних і пролювіальних утвореннях. Еолові відклади, крім характерних форм, на АФЗ встановлюються за світлим монотонним, крапчастим або чашковим забарвленням, що зумовлено розташуванням рідкої рослинності (рис. 5.5).

Питання для самоконтролю

1. Де будуть знаходитись елювіальні утворення в умовах рівнинного рельєфу та одноманітного складу порід?
2. За якими ознаками на АФЗ оконтурюють делювіальні відклади?
3. Які форми рельєфу притаманні пролювіальним відкладам?
4. Дешифруванню яких гравітаційних утворень сприяє рослинність?
5. На яких утвореннях розташовані сади та інші сільгоспугіддя в межах населених пунктів у долинах річок?
6. За якими основними ознаками дешифрують кінцеві морени?

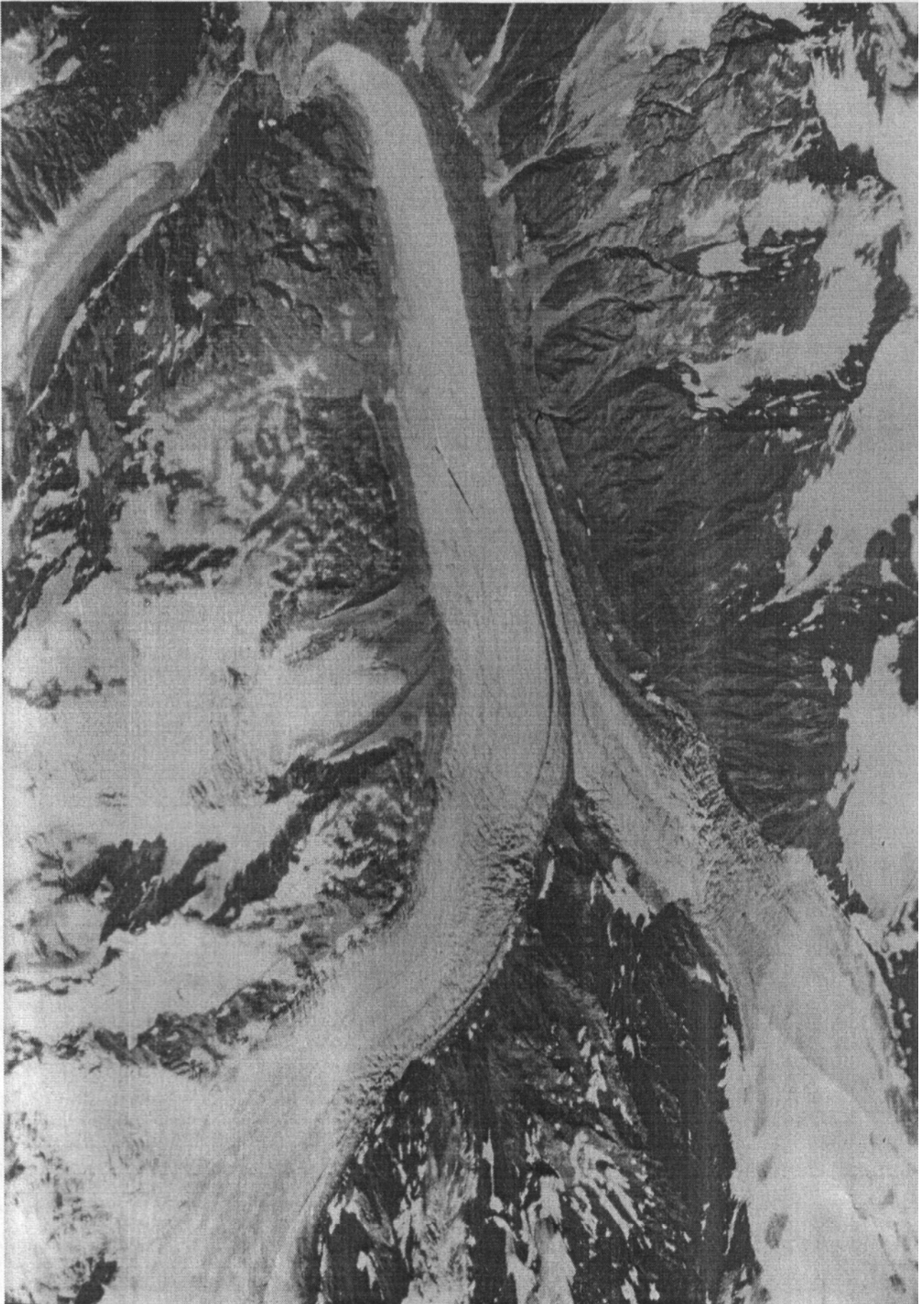


Рис. 5.4. Гірський льодовик



Рис. 5.5. Еолові відклади (ланцюжки барханів пустелі)

6. ДЕШИФРУВАННЯ ГОРИЗОНТАЛЬНО ЗАЛЕГЛИХ ТОВЩ

Горизонтальне залягання шарів гірських порід, як відомо, є первинним (непорушеним). Чітке усвідомлення підходів до технології дешифрування таких нескладних структур земної кори дозволить не тільки вирішувати завдання з аналізу горизонтально залеглих шарів, але й коректно, усвідомлено підходити до дешифрування більш складних структур (монокліналі, складки, розриви). У результаті опанування даної теми студенти повинні

знати:

- можливості отримання інформації про горизонтально залеглі товщі за допомогою КЗ;
- в умовах якого рельєфу місцевості існує можливість отримання найбільш повної інформації про шаруватість на АФЗ;
- як пов'язані форми рельєфу з фізико-механічними характеристиками порід, які виходять на земну поверхню;
- як за прямими ознаками й індикаторами може бути встановлений склад вулканічних та осадових порід;

уміти:

- діагностувати на АФЗ горизонтальне залягання товщ гірських порід;
- відокремлювати фотомаркувальні горизонти шаруватих товщ на АФЗ;
- встановлювати взаємовідношення корінних порід з пухкими породами новітнього покриву;
- визначати потужність усіх шарів гірських порід та деяких окремих;
- встановлювати кут нахилу земної поверхні при вивченні стереомоделі місцевості;
- оформлювати дані у вигляді таблиці для побудови топографічного профілю, та будувати його;
- побудувати геологічний розріз за характерною лінією;
 - визначати перевищення між точками на лінії розрізу та розраховувати вертикальний масштаб;
 - складати на АФЗ схематичну геологічну карту.

При дешифруванні КЗ первинне непорушене залягання притаманне структурним умовам пухких нелітифікованих відкладів, які утворюють акумулятивний рельєф. Для нього характерна відсутність тектонічних дислокацій на тлі первинного або слабопохилого залягання осадів. У цілому майже горизонтальне залягання являє собою найбільш слабку форму складчастих деформацій. Такі структури мають незначні (частки або перші градуси) кути нахилу крил складок. Ізольовано розташовані складки можуть бути розділені великими ділянками, де шари залягають практично горизонтально. На КЗ, якщо помітна ерозійна мережа, вдається встановити лише близьке до горизонтального залягання порід. Основну інформацію отримують за допомогою аерофотознімків.

Осадові та вулканогенно-осадові відклади можуть бути простежені на АФЗ у вигляді фотомаркувальних горизонтів, а потім перенесені на геологічні карти. Найбільший ефект досягається при розчленованому рельєфі. Шаруватість осадових порід передається на аерофотознімках чергуванням тонів різної щільнос-

ті. Фототон зображення залежить від природного забарвлення порід, їх фізичних властивостей, рельєфу і рослинності. Чим більша вибірковість цих ознак, тим більш різкі на АФЗ межі між окремими шарами. Форма меж між окремими маркуючими горизонтами залежить від рельєфу земної поверхні. Смугастих рисунок фотозображення шаруватих товщ на АФЗ подібний горизонталям на топографічних картах (рис. 6.1, 6.2). Ширина смуг залежить від потужності шарів і крутості схилів. При горизонтальному рельєфі на значному просторі може бути відслонений один і той же шар. На аерофотознімку в таких випадках спостерігаються поля з монотонним забарвленням, позбавлені смугастого рисунка. При розчленованому рельєфі межі між шарами будуть мати складний рисунок, який цілком залежить від форм земної поверхні (рис. 6.3).

Форми рельєфу і мікрорельєфу притаманні кожному з шарів, залежать від міцності порід, їх стійкості до процесів вивітрювання. При різких відмінностях відповідно з'являються уособлені форми, які використовуються як ознаки дешифрування і просторової кореляції.

Покриви ефузивів при виході їх на поверхню і значній потужності відокремлюються забарвленням і в формах рельєфу. Ефузивні породи створюють скелясті уступи і карнизи на схилах або плоскі площадки на вододілах, залягаючи у вигляді броньованого покриву (рис. 6.4).

Піски, які знаходяться між більш міцними зцементованими породами, створюють звичайно пологі й згладжені вододіли і схили долин. Вони виділяються світлим фототоном. Піскові схили легко обсипаються і на АФЗ часто простежуються у вигляді світлих смуг і плям. У зоні розповсюдження пісків яри на схилах широкі, верхів'я їх чашоподібні. На вододілах, складених пісками, іноді спостерігаються сліди еолового перевітання, на яких зростає сосна та відсутні сліди поверхового стоку.

Глини, на відміну від пісків, на схилах звичайно краще задерновані і дають більшу крутизну. На розчленованих вододілах, які складені глинами, утворюється складна мережа крутосхилих ярів та дрібних вимоїн, що дають у комплексі своєрідний струмистий рисунок поверхні, який добре дешифрується на АФЗ.

У північних районах плоскі згладжені вододіли, які складені глинами, часто заболочені або несуть ознаки залягання вічної мерзлоти. У покрівлі глин можуть виходити ґрунтові води, що відбиваються на АФЗ наявністю болотної рослинності, а також проявом зсувів у породах, які перекривають глини.

Конгломерати і пісковики мають широкі варіації складу а в кожному випадку – свої дешифрувальні ознаки. При яскравому забарвленні цих порід вони добре оконтурюються на АФЗ. На вододілах пісковики часто створюють столові поверхні або горбисті пасма, а на схилах – скелясті карнизи і виступи. Конгломерати в умовах розчленованого рельєфу формують скелясті утворення й останцеві ланцюжки.

Аргіліти і глинясті сланці – менш стійкі, ніж пісковики і конгломерати. На їх поверхні звичайно створюється глинистий елювій. У випадках перешарування з іншими породами глинястих сланців та аргіліти простежується зниження в рельєфі, до яких пристосовується річкова мережа.

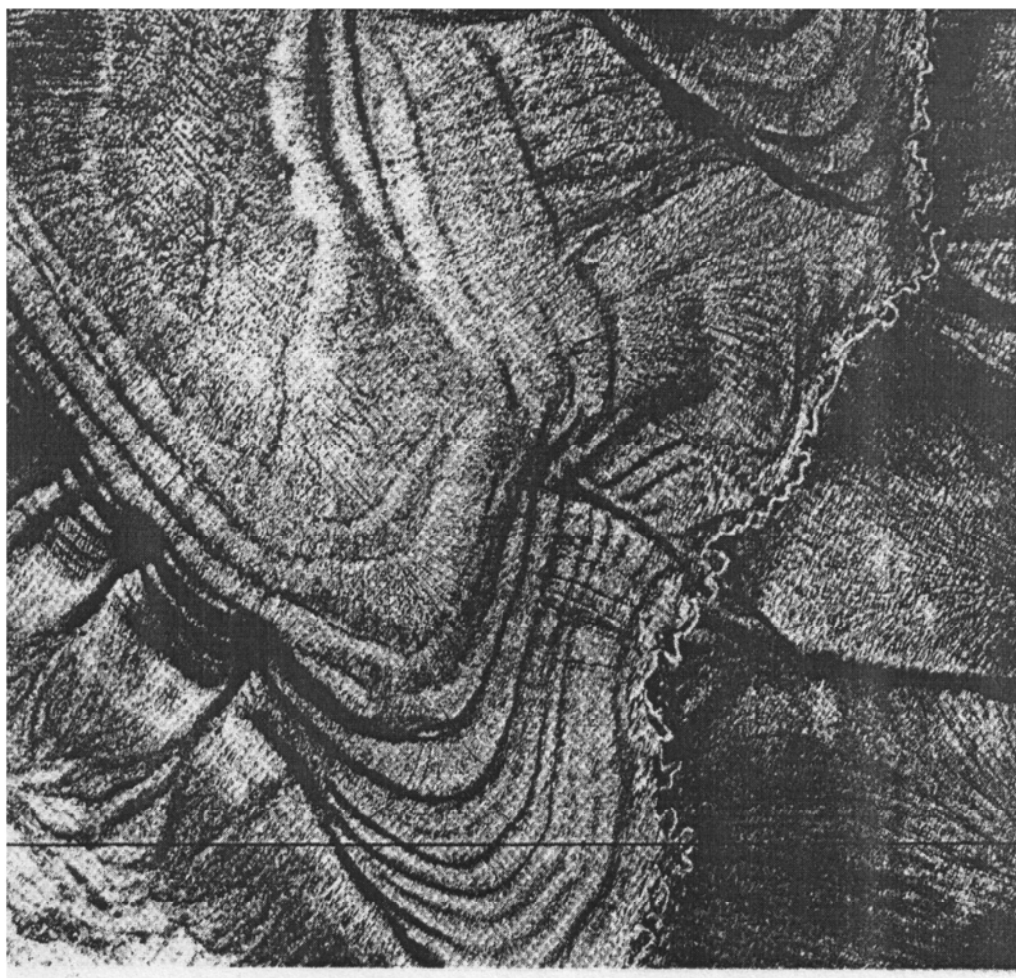


Рис. 6.1. Смуги шарів, які залягають горизонтально

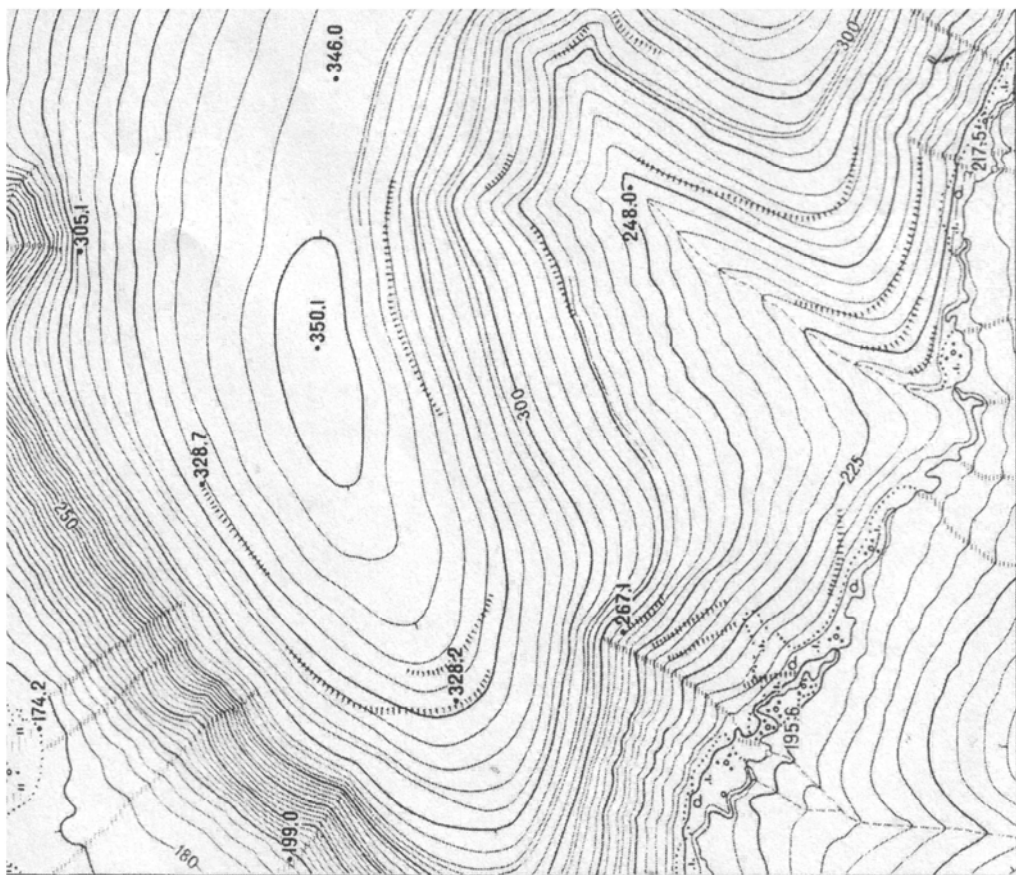
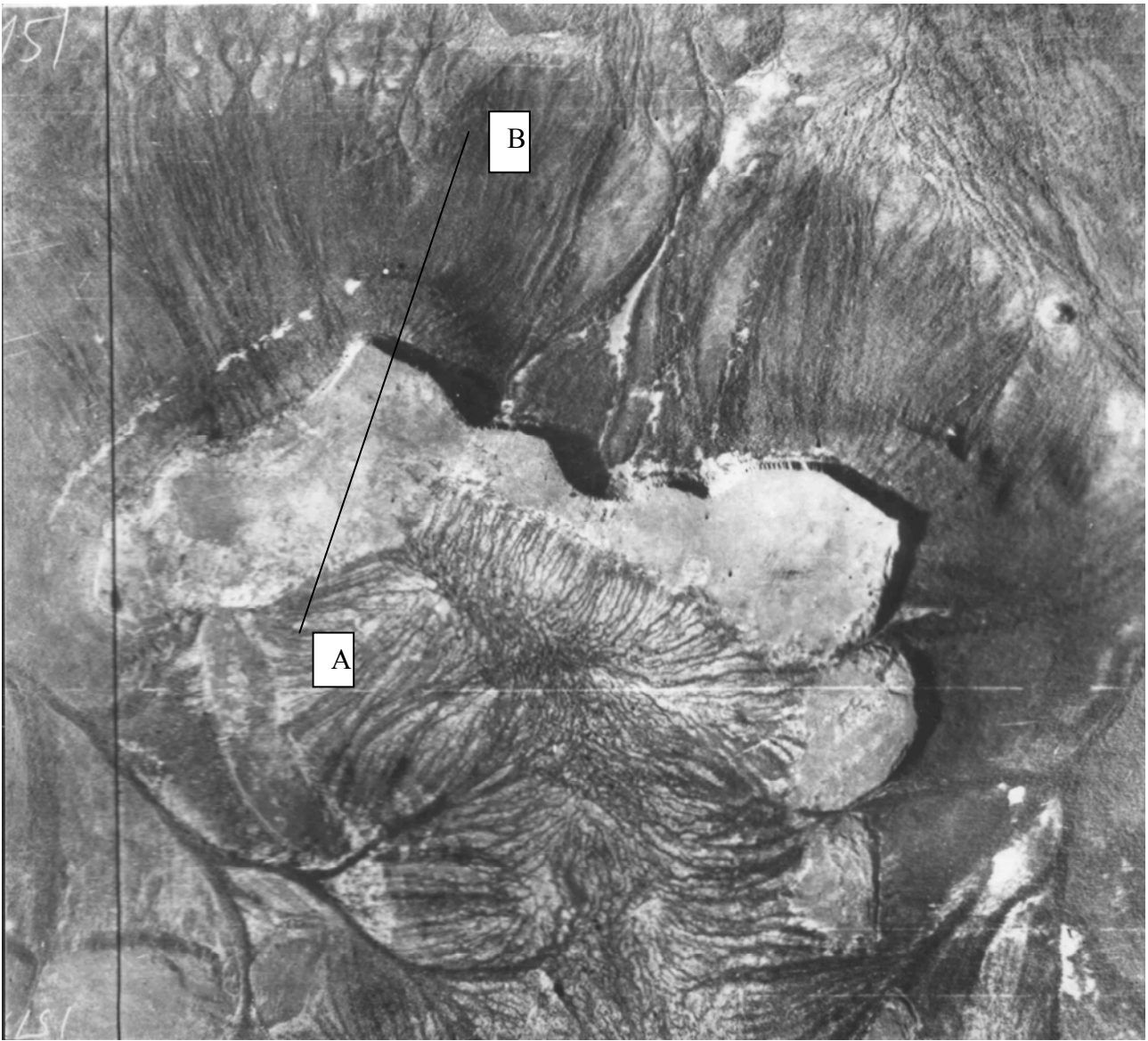


Рис. 6.2. Топографічна карта ділянки, зображеної на АФЗ (рис. 6.1)



Рис. 6.3. Конфігурація геологічних меж (фотомаркувальних горизонтів) при горизонтальному заляганні шарів гірських порід



Розріз по лінії А – В

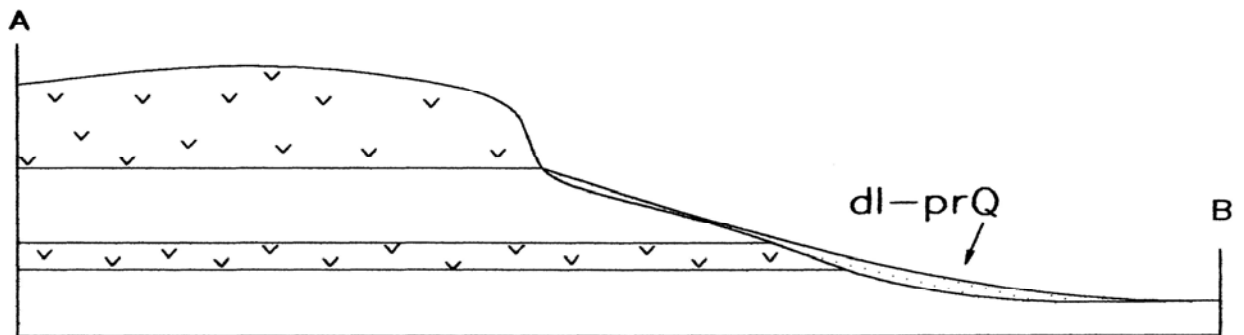


Рис. 6.4. Горизонтальне залягання броньованого покриву ефузивів на вододілі

Вапнякові та гіпсоносні породи. Вапняки, доломіти, мергелі виділяються на АФЗ світлим фототонном. У рельєфі характерні позитивні форми. Надійною ознакою дешифрування вапняків і гіпсоносних порід є карстові форми рельєфу (сухі, "сліпі" долини, карстові воронки та озера й, особливо, кари). Контакти вапняків з іншими менш водопроникними породами можуть фіксуватись за виходами ґрунтових вод. У таких місцях спостерігається зміна характеру рослинності і заболоченість. У цілому на поверхні вапняків і гіпсоносних порід відсутні поверхневі води, і тому характерно специфічний прояв рослинності (плями чагарників та ін.).

Дешифрування АФЗ горизонтально залеглих товщ виконується при одночасному використанні стереоскопічно вивчених АФЗ і топографічних карт.

Стратиграфічне розчленування слід проводити на спеціально підібраній і попередньо віддешифрованій ділянці з найбільш повним стратиграфічним розрізом. Такі ділянки повинні мати максимальні перевищення відміток рельєфу. Визначення потужностей виявлених стратиграфічних одиниць може бути виконано графічним шляхом на спеціально побудованому опорному розрізі. Для цього на лінії розрізу слід обчислити перевищення між найвищою і найнижчою точками (вододілом і долиною). Величину перевищення знаходять, знаючи висоту фотографування, за відомою формулою (розділ 4)

$$h = (H\Delta P)/(b+\Delta P).$$

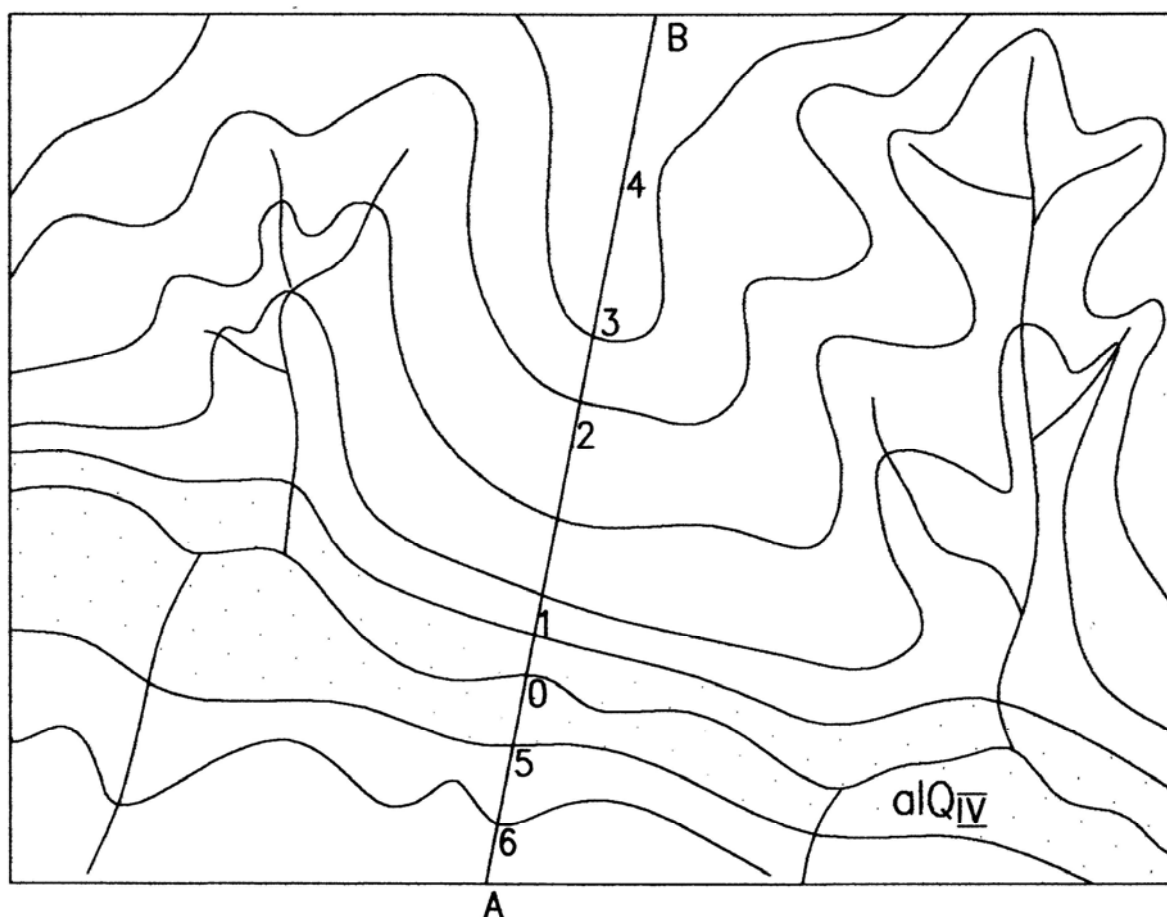
Відклавши перевищення на топографічному профілі, одержимо вертикальний масштаб розрізу (рис. 6.5). Для побудови топопрофілю на лінії розрізу слід відмітити пункти, між якими зберігається кут нахилу рельєфу місцевості. Ці кути вимірюють візуально при стереоскопічних спостереженнях. Дані вимірювань можна записати у вигляді таблиці (табл. 1), де поряд з графою видимого (під стереоскопом) кута помістити виправлений кут, одержаний за таблицею (додаток 1).

Таблиця 1

Вимірювання кутів нахилу рельєфу місцевості по лінії розрізу А-В

Пункти на лінії	На-прям	Видимий кут (°)	Істинний кут (°) $f_k = 100$ мм
0 – 1	↔	0	0
1 – 2	↗	60	35
2 – 3	↗	30	13
3 – 4	↗	25	10
4 – В	↘	10	4
0 – 5	↔	0	0
5 – 6	↗	15	6
6 – А	↗	40	19

Схематична геологічна карта (за результатами дешифрування АФЗ)



Розріз по лінії А-В

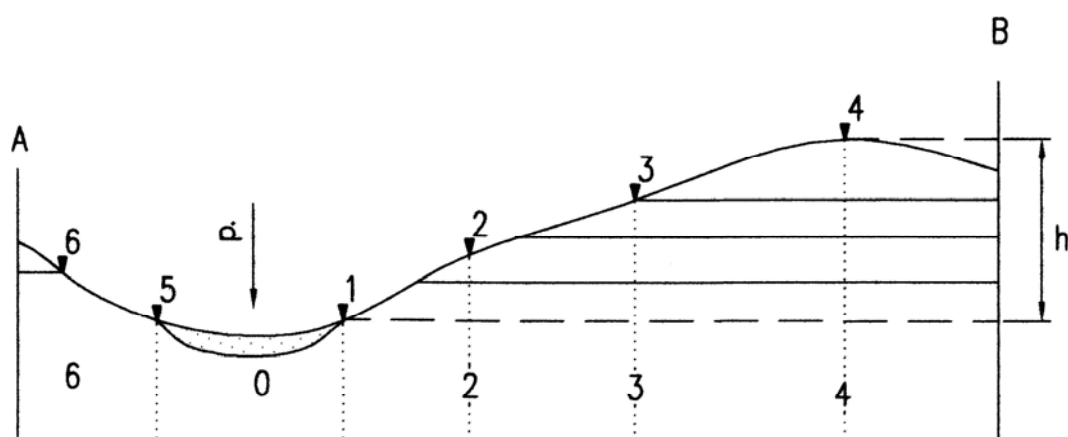


Рис. 6.5. Побудова розрізу за АФЗ

Приклад дешифрування АФЗ горизонтально залеглих товщ показаний на рис. 6.6 – 6.8.

Тут осадові відклади перекриті покривом ефузивів, які складають верхню частину вододілу у вигляді броньованої площини з крутими уступами по краях. Найбільш характерною дешифрувальною ознакою, що дозволяє виявити структуру району, є рослинність. Знаходячись на шарах певного літологічного складу, вона відокремлюється на загальному фоні товщі у вигляді смуг подібно горизонталіям, оперізуючим схили річних долин.

Завдання для набуття практичних навичок дешифрування

Маючи стереопару АФЗ ділянки, де шаруваті товщі залягають горизонтально (майже горизонтально), слід виконати таке:

- віддешифрувати ерозійну мережу позначивши основні негативні форми рельєфу та вододіли;
- провести межі відкладів четвертинної системи при можливості розподілити їх на генетичні типи;
- віддешифрувати фотомаркувальні горизонти та геологічні межі дочетвертинних відкладів;
- за результатами дешифрування скласти схематичну геологічну карту (на ксерокопії АФЗ або кальці) та супроводити її необхідними умовними позначками;
- скласти геологічний розріз та розрахувати його вертикальний масштаб (приклад рис. 6.5, табл. 1).

Питання для самоконтролю

1. Чим визначається смугаста структура зображення товщ на АФЗ?
2. Яке положення мають смуги фотомаркуючих горизонтів на стереомоделі місцевості?
3. Де на АФЗ може бути досягнуто максимальний ефект розчленування осадової товщі за умови її горизонтального залягання?
4. У якому випадку рослинність може сприяти дешифруванню горизонтальної товщі?
5. Яким чином на АФЗ може бути отримана потужність кожного із шарів?



Рис. 6.6. Вихід порід, які залягають майже горизонтально, в умовах розчленованого рельєфу

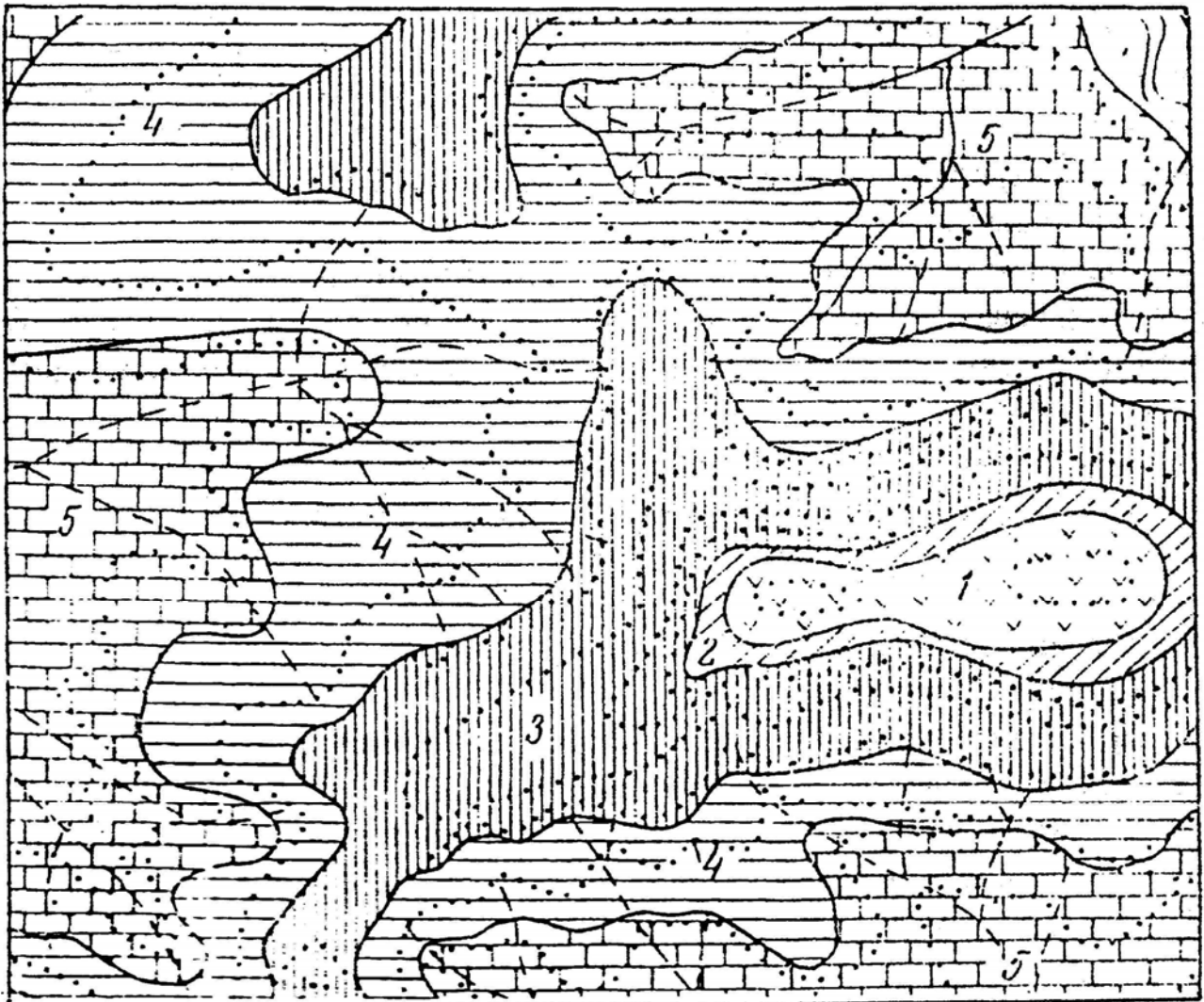


Рис. 6.7. Геологічна схема району, зображеного на рис. 6.6

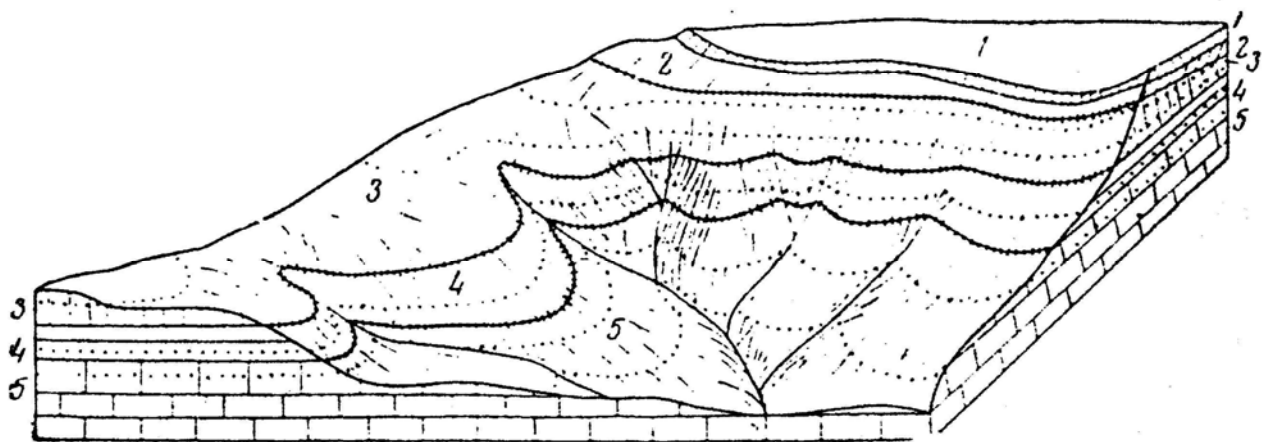


Рис. 6.8. Блок-діаграма до схеми рис. 6.7

7. ДЕШИФРУВАННЯ ПОХИЛО ЗАЛЕГЛИХ ТОВЩ

На відміну від горизонтального похиле залягання шаруватих товщ є тектонічно порушеним, а також таким, що зустрічається найбільш часто. Вивчення матеріалу даної теми допоможе студентам

знати:

- в яких умовах рельєфу найбільш впевнено дешифруються похило залеглі товщі порід;
- як встановлюється напрям падіння похилих товщ;
- як за конфігурацією фотомаркувальних горизонтів на АФЗ можна приблизно оцінити кут падіння;
- в якому випадку похило залеглі товщі порід не утворюють пластових трикутників;
- як за допомогою стереографічної проекції можна на АФЗ визначити елементи залягання шару гірських порід;
- яка залежність існує між фокусною відстанню фотокамери та перевертанням кута нахилу поверхні на АФЗ;

уміти:

- визначати на АФЗ похиле залягання товщ та елементи залягання;
- будувати геологічний розріз і визначати його вертикальний масштаб;
- складати схематичну карту за результатами дешифрування АФЗ.

На КЗ моноклінальне залягання встановлюється за витриманим простяганням та падінням товщ (вимірюється першими градусами) на великих площах. Найбільш впевнено такий тип залягання встановлюється в низько-гірських та середньогірських районах. В умовах рівнин похило залягаючі товщі важко визначити, але вони можуть бути відокремлені від ділянок лінійної складчастості при геологічній інтерпретації. Моноклінальне залягання характерне для орогенних структурних комплексів, крил крайових прогинів, орогенних міжгірних западин. Такий тип дислокованості притаманний також крайовим швам давніх платформ та повернутим до платформ крилам складчастих систем.

При дешифруванні похило залеглих товщ, крім вирішення питань стратиграфічного розчленування і встановлення літологічного складу, за АФЗ повинні бути визначені елементи залягання порід. Напрямок падіння шару на аерофотознімку встановлюється із співвідношення напрямку схилу та окреслення виходу, який проектується на цьому схилі.

Характер такого співвідношення при горизонтальному заляганні розглянуто вище (розділ 6). При вертикальному – виходи його на АФЗ будуть мати лінію згідно з його простяганням, що протягується незалежно від форм рельєфу, який пласт перетинає (рис. 7.1).

При похилому заляганні шару гірської породи вихід його на поверхню буде прямолінійним тільки на горизонтальній поверхні. При розчленованому рельєфі окреслення виходу на АФЗ визначиться напрямом падіння. Шар буде зігнутий таким чином, що кут, утворений згином у найнижчій точці рельєфу (долині), буде спрямований вершиною за падінням. Коли мислено з'єднати сторони кута, то одержимо пластовий трикутник.



Рис. 7.1. Вигляд на АФЗ шарів гірських порід, які залягають майже вертикально

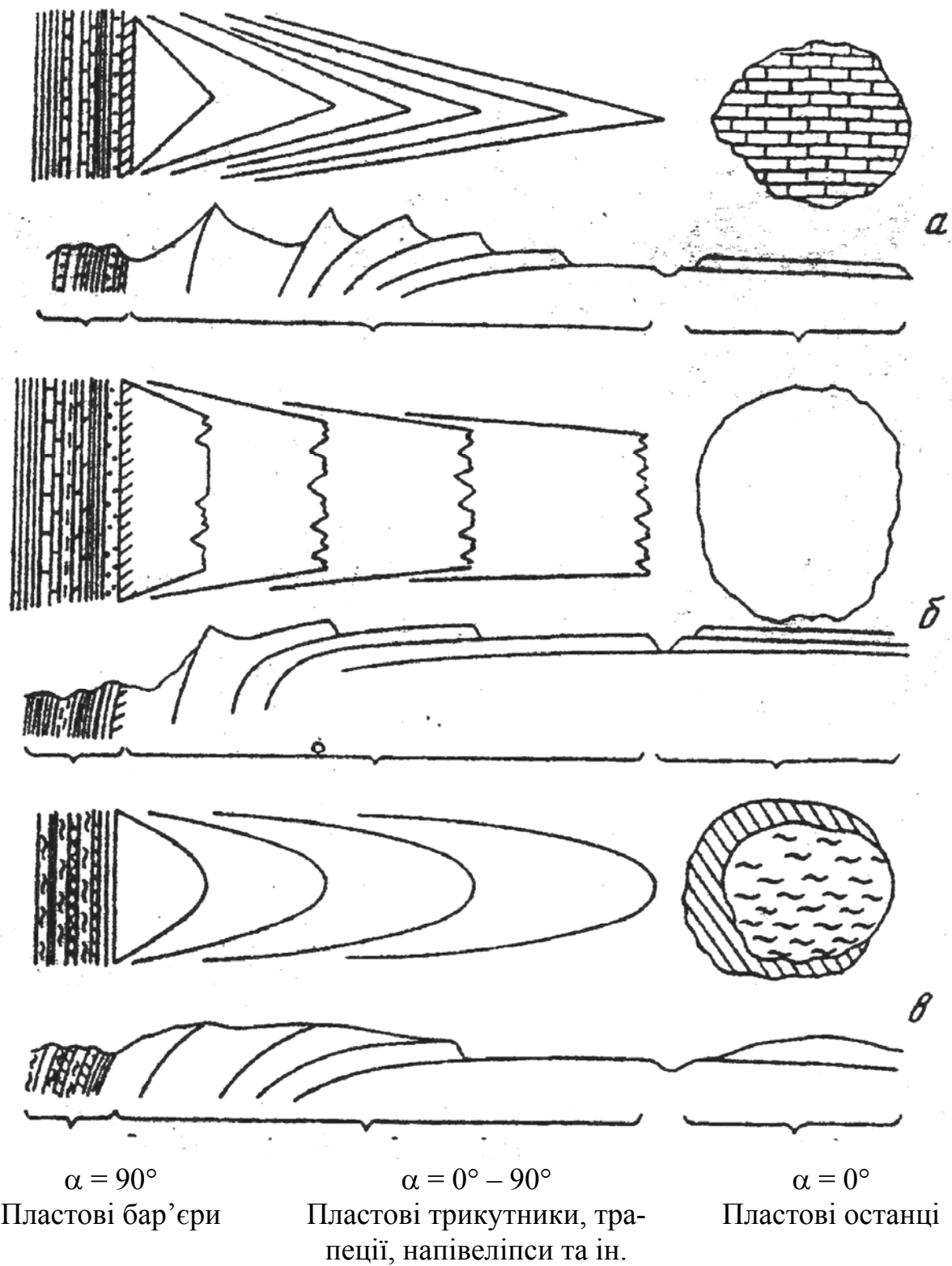


Рис. 7.2. Форми пластових трикутників залежно від кута падіння шарів і будови рельєфу: а – трикутники; б – трапеції; в – напіввали

При визначенні наряду падіння за пластовими трикутниками слід мати на увазі, що це правило має застосування тільки у випадках, коли кут падіння більше кута нахилу рельєфу місцевості. При пологому заляганні шарів і крутих схилах залежність обернена, тобто вершина кута, утворена згином, спрямована в бік падіння не в долині, а на вододілі.

Конфігурація пластових фігур на АФЗ визначається характером рельєфу місцевості і кутом падіння. При плавних вододілах, широких долинах і невеликих перевищеннях рельєфу пластові трикутники широкі (рис. 7.2). При розчленованому крутому рельєфі вони часто з різкими згинами. При пологому заляганні шарів трикутники витягнуті з гострим кутом біля вершини. Зі збільшенням нахилу шарів цей кут збільшується, стає тупим і при вертикальному заляганні – розгорнутим. При крутому заляганні – (до вертикального падіння шарів), лінії їх виходу на поверхню не залежать від форм рельєфу і визначаються тільки змінами їх простягання.

Елементи залягання похилих шарів на АФЗ можуть бути визначені з різною точністю залежно від використовуваних способу і устаткування. Найбільш простим і доступним є візуальне визначення елементів залягання під стереоскопом. Спосіб застосовується, коли визначення елементів залягання носить попередній характер і не потребує великої точності. Точність візуального визначення кута падіння шарів залежить від досліду дешифрування. Для візуального визначення кута падіння слід намагатись вибирати пластовий трикутник поряд з центром знімка, а точки виходу на сусідніх вододілах повинні знаходитися на однаковій висоті. Пряма лінія, що з'єднує ці точки, буде відповідати лінії простягання шару, а вектор, перпендикулярний їй, спрямований у долину – лінія падіння. Кут падіння оцінюється візуально при стереоскопічному спостереженні. Цей кут здається значно більшим, ніж у дійсності. Величина перетворення кута падіння зростає зі зменшенням фокусної відстані об'єктива аерофотокамери (f_k). Істинні кути падіння можна одержати, використовуючи таблицю (додаток 1).

Графічний метод визначення елементів залягання на АФЗ з використанням стереографічної проекції.

За допомогою стереографічної проекції (сітка Вульфа) можна визначити напрям і кути нахилу шарів за двома лініями виходу шару, які складають сторони пластового трикутника. На двох знімках шари створюють пластові трикутники. Вони спостерігаються з відстані під двома різними кутами зору, що відповідають різним положенням оптичної осі фотоапарата в момент зйомки (рис. 7.3).

Завдання за визначенням елементів залягання похилого шару зводяться до побудови лінії перетину площин, проведених крізь промінь зору і сторони пластового трикутника, і таким чином до створення положення істинної площини пластового трикутника АВС. Для цього слід виконати такі операції:

– на лівому і правому АФЗ з'єднати головну точку з вершиною пластового трикутника – одержимо промінь зору (рис. 7.4);

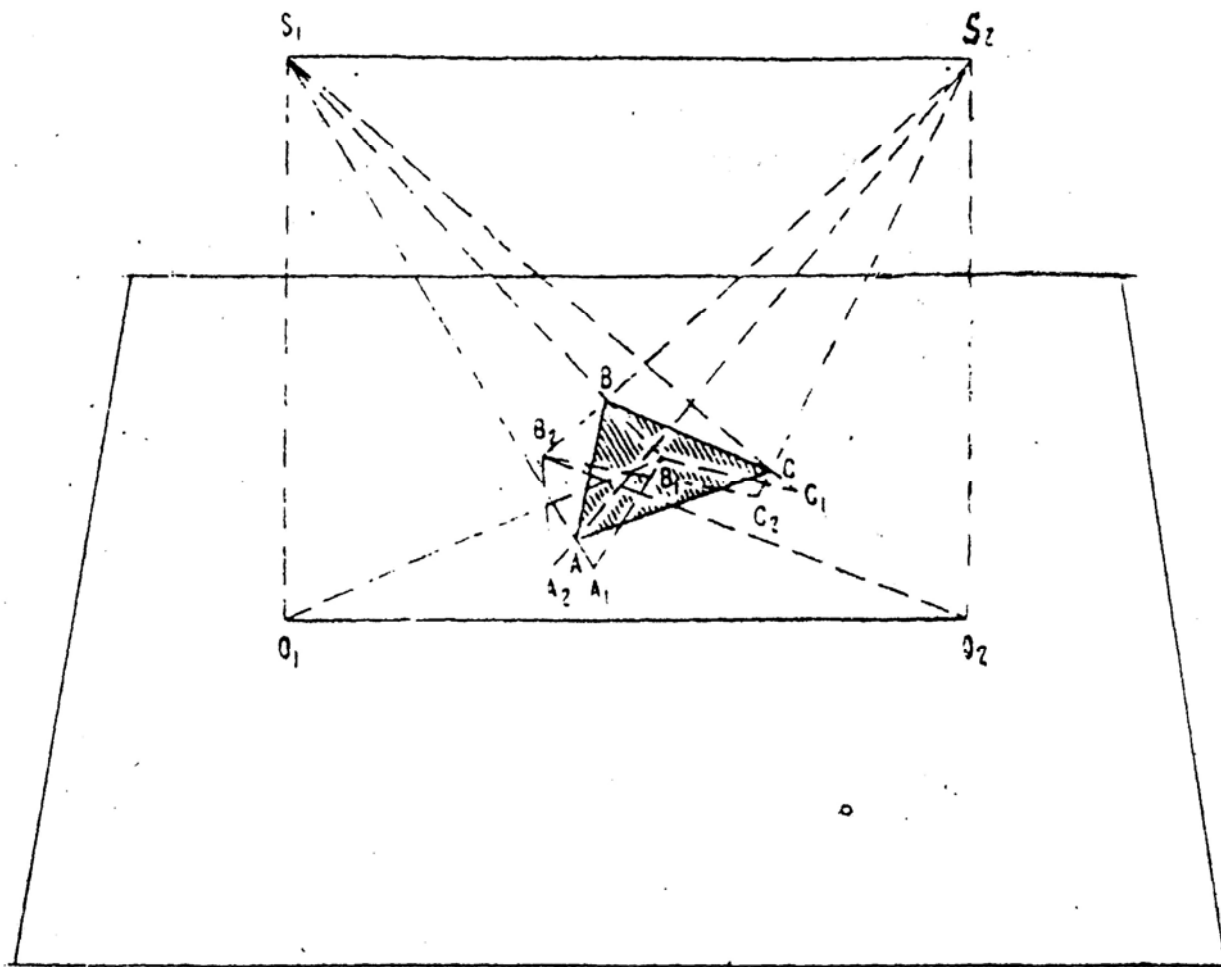


Рис. 7.3. Зображення пластового трикутника ABC на стереопарі аерофотознімків:

A_1, B_1, C_1 – від трикутника на лівому аерофотознімку;
 A_2, B_2, C_2 – від трикутника на правому аерофотознімку

– виміряти азимут променя і визначити кут його нахилу за номограмою (додаток 2), дані записати на кальці, накладеній на АФЗ;

– крізь вершину трикутника провести лінію ПН-ПД і виміряти азимут ліній B_1A_1, B_1C_1 , а також B_2A_2 і B_2C_2 (рис. 7.4).

Підготовлені дані (рис. 7.5) є вихідними для наступної побудови на стереографічній сітці Вульфа. Стереограму будують на прозорій восківці, покладеній на сітку, яка вільно повертається на тонкій голці навколо центра сітки.

Послідовність побудови (рис. 7.5).

1. Нанести проміні зору O_1B_1 і O_2B_2 , тобто нанести на сітку проєкції прямих, що занурюються за азимутом 60° під кутами 86° (промінь O_1B_1) і 276° , кут 81° (промінь O_2B_2). Для цього поворотом кальки вивести рису на поділку зовнішнього круга, який відповідає заданому азимуту, а на нижньому радіусі (від південного полюса) відмітити точку B_1 відповідно до кута занурювання прямої O_1B_1 . Таким чином одержуємо точки O_1B_1 і O_2B_2 .



а



б

Рис.7.4. Лівий (а) і правий (б) АФЗ:
 А, В, С – точки на виході пласта; О – головна точка аерофотознімку

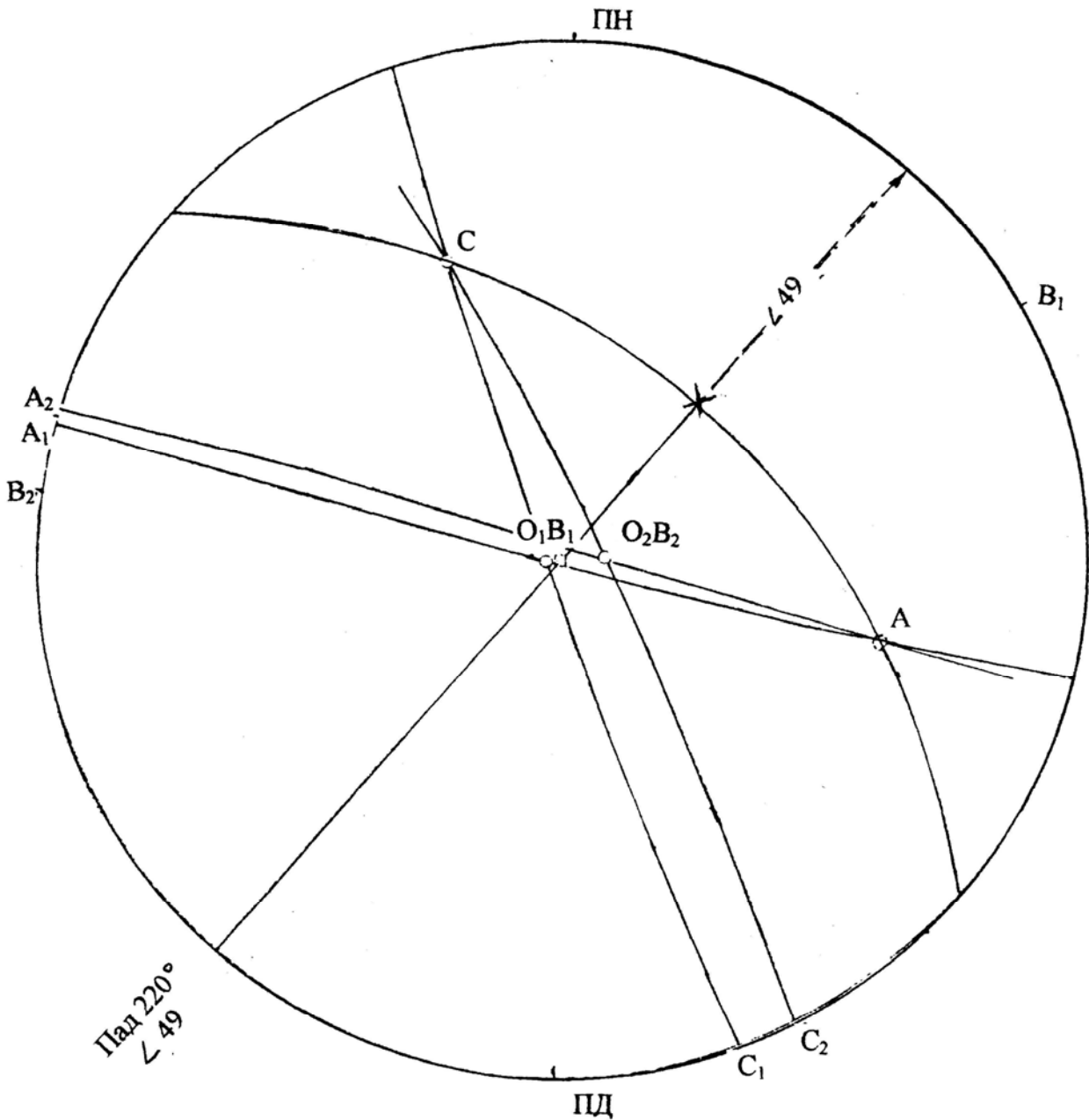


Рис. 7.5. Стереограма, яка побудована за даними стереопари планових аерофотознімків рис. 7.4, а, б. Розв'язування задачі визначення елементів залягання пласта за двома лініями його виходу (A_1V_1 , V_1C_1 та A_2V_2 , V_2C_2)

2. Нанести лінії A_1V_1 і V_1C_1 , а також A_2V_2 і V_2C_2 . Це будуть точки $A_1A_2C_1C_2$, які розташовані на зовнішньому колі.

3. Побудувати площини, з'єднавши точки A_1V_1 та ін. за меридіаном. На перетині площин (дуг) отримаємо точки, відповідні істинному положенню точки А. Таким же чином знайти положення точки С.

4. Через точки А і С провести площину (це буде дуга за меридіаном).

5. Відмітити точку перетину цієї дуги з горизонтальним радіусом (точка Х). Перевести точку Х на південний радіус і взяти відлік за міткою (азимут лінії падіння). Кут падіння визначити за положенням точки Х на південному радіусі.

Елементи залягання похило залеглих товщ можуть відрізнятися в межах дешифрувальної частини АФЗ, тому необхідне їх визначення в декількох пунктах. Кількість таких визначень повинна бути достатньою для характеристики дешифрувальної структури. Приклад дешифрування показаний на рис. 7.6. В умовах відмінної відслоненості тут видно моноклінально залягли відклади, які складаються з шарів глин, пісковиків, алевролітів, мергелів і вапняків, що чергуються. Кожен шар дешифрується на АФЗ характерними формами мезомікрорельєфу і фототоном. Чітко видно зміни форми пластових трикутників, що свідчить про зростання кутів нахилу порід від 20° до 40° у напрямку з півдня на північ. Форми рельєфу, їх взаємозв'язок зі складом порід ілюструється схематичним розрізом (рис. 7.6, а). На основі такого розрізу може бути складена також стратиграфічна колонка відкладів порід.

Завдання до набуття практичних навичок дешифрування

Дешифрування двох знімків середнього масштабу з переважно відкритими структурами в умовах структурного, структурно-зумовленого та ерозійно-аккумулятивного рельєфів слід виконувати так:

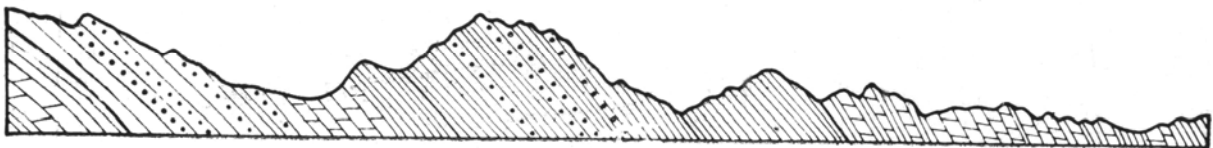
- віддешифровують ерозійну мережу, позначивши основні негативні форми, вододіли і такі характерні форми, як моноклінальні гребені, улоговини, куести;
- віддешифровують новітній континентальний покрив, відокремивши алювіальні, пролювіальні та, якщо можна, інші генетичні типи;
- позначають геологічні межі та фотомаркуючі горизонти (такими є шари гірських порід, характерні форми рельєфу або смуги рослинності);
- у декількох пунктах визначають елементи залягання шарів гірських порід (трикутники, за якими це зроблено, слід позначити окремо);
- за підсумками дешифрування складають (на кальці або ксерокопії АФЗ) схематичну геологічну карту;
- будують розріз, який орієнтований ухрест простягання шаруватих товщ порід.

Питання для самоконтролю

1. Які фактори зумовлюють конфігурацію фотомаркуючих горизонтів на АФЗ при похилому заляганні?
2. Де та чому слід вибирати пластовий трикутник для візуального визначення елементів залягання?
3. За яким правилом визначають нахил товщі гірських порід в умовах розчленованого рельєфу місцевості?
4. Яка залежність існує між формою пластового трикутника на АФЗ та кутом падіння порід?
5. Яким чином за АФЗ можна отримати стратиграфічну колонку відкладів, які залягають похило?



а



б

Рис. 7.6. Похиле залягання товщ гірських порід (а) та його схематичний розріз (б)

8. ДЕШИФРУВАННЯ СКЛАДЧАСТИХ СТРУКТУР

Дешифрування складчастих форм краще розпочинати після опанування попереднього розділу, де розглядається похиле залягання товщ. Це пов'язано з тим, що в багатьох випадках похиле положення товщ гірських порід є фрагментом складчастої структури. У результаті вивчення матеріалів даної теми студенти повинні

знати:

- які можливості КЗ у дешифруванні складчастих форм залягання;
- чому в технології дешифрування складок за АФЗ слід застосовувати також фотосхеми;
- за якими ознаками на АФЗ встановлюють наявність складок та їх тип (антиклінальні, синклінальні);
- яку інформацію про складчасті форми на АФЗ можна отримати за допомогою непрямих дешифрувальних ознак;

уміти:

- встановлювати на АФЗ наявність синклінальних та антиклінальних складок за комплексом ознак;
- класифікувати складки за положенням осьової поверхні та шарніра;
- визначати елементи залягання крил складчастих форм;
- складати схематичні геологічні та структурні карти складок за результатами дешифрування АФЗ;
- будувати схематичні розрізи складок.

При дешифруванні КЗ складчасті форми як сукупність структурних перетворень шаруватих товщ земної кори розподіляють на два основних класи: ідіоморфна (переривчаста, платформна) та голоморфна (повна) складчастість.

Ідіоморфна (платформна) встановлюється відповідно до непрямих ознак за допомогою ізометричних аномалій окремих елементів ландшафту, які дешифруються як кільцеві космогеологічні об'єкти. За наявністю кращих умов складчасті форми виявляються безпосередньо на КЗ. Плікативні форми розпізнаються за посиленою відслоненістю відповідно до фотомаркуючих горизонтів. Діапірова складчастість на КЗ розпізнається за брахіантикліналями, які відповідають похованим соляним структурам та соляним діапірам. Інші види складчастості – сублінійна, гребенеподібна, коробчата – можуть бути дешифровані на КЗ, але здебільшого встановлюється лише загальна лінійність структурного плану, проте характер дислокованості визначається лише за аналізом геологічних матеріалів.

Голоморфна (повна) складчастість має безперервне розповсюдження на площі, для неї характерний однаковий розвиток синкліналей та антикліналей, паралельне розташування осей. Суттєву роль у загальній структурі зон повної складчастості відіграють повздовжні розриви. На КЗ товщі, де є повна складчастість, мають переривчасто-смугастих рисунок, який відображає простягання осей складок. Окремі складки на знімках регіонального рівня генералізації зазвичай не дешифруються. Вони встановлюються на АФЗ.

При дешифруванні складок рекомендується поряд з аерофотознімками використовувати фотосхеми, що дозволяють побачити крила структури. Основними ознаками дешифрування є пластові трикутники і замикання складок. Суттєва інформація може бути отримана також при врахуванні геоморфологічних особливостей рельєфу. Будова складок із падінням порід у протилежних напрямках відносно осі встановлюється за пластовими трикутниками (рис. 8.1, 8.2). В антикліналях вершини трикутників спрямовані в протилежні сторони, а в синкліналях – назустріч одна одній. Форма пластових трикутників у симетричних складках при однаковому рельєфі доволі близька. В асиметричних складках вона різна, причому на пологому крилі пластові трикутники більш гострі, ніж на крутому. При вертикальному заляганні порід пластові трикутники не витримані взагалі. В ядрах як синкліналей, так і антикліналей часто можна бачити горизонтальне залягання порід. Площа, де проявлено таке залягання порід, залежить від форми замка складки. Вона мінімальна для гострих замків складок і максимальна для широких.

У перевернутих складках вершини пластових трикутників на обох крилах повернені в один бік. Для виявлення таких складок слід установити характер їх замикання (центриклінальне або периклінальне). Це дозволить виявити не тільки складчасте залягання, але й встановити положення осі складки і напрям занурення шарніра. При рівнинному рельєфі, одноманітному складі порід та ізоклінальних складках їх замикання може бути єдиною надійною ознакою дешифрування складок.

За відсутності замикання складок слід ретельно дешифрувати склад порід. Симетричне розташування одних і тих самих порід відносно осьової лінії на ерозійних зрізах може вказувати на складчасту структуру. Ця симетричність виражається чергуванням шарів та пачок порід з різним забарвленням, неоднаковою потужністю або відмінним виразом мікрорельєфу.

Дешифруванню складчастих форм у ряді випадків сприяє аналіз форм рельєфу і характер річкової мережі.

На наявність великих складок у рельєфі вказують закономірності в розташуванні й формі гірських хребтів та різного типу підвищень, складених більш стійкими до вивітрювання породами. Будова складок підкреслюється куестами, особливо характерними для пологих крил складок, наявністю позитивних форм або, навпаки, понижень у ядрах синкліналей і антикліналей. Радіальне розташування долин, які сходяться вершинами до загального центру або вододілу в районах розвитку осадових відкладів, часто притаманне антикліналям, ядра яких складені більш міцними породами.

За результатами дешифрування АФЗ складчастих структур складають структурні схеми, схематичні геологічні карти з відображенням складу й елементів залягання порід та положенням осей складок. Такі карти можуть супроводжуватися геологічними розрізами. Розрізи звичайно орієнтуються вхрест простягання основних структур. Методи їх побудови описані у розділах 6, 7.



Рис. 8.1. Велика синклінальна складка.

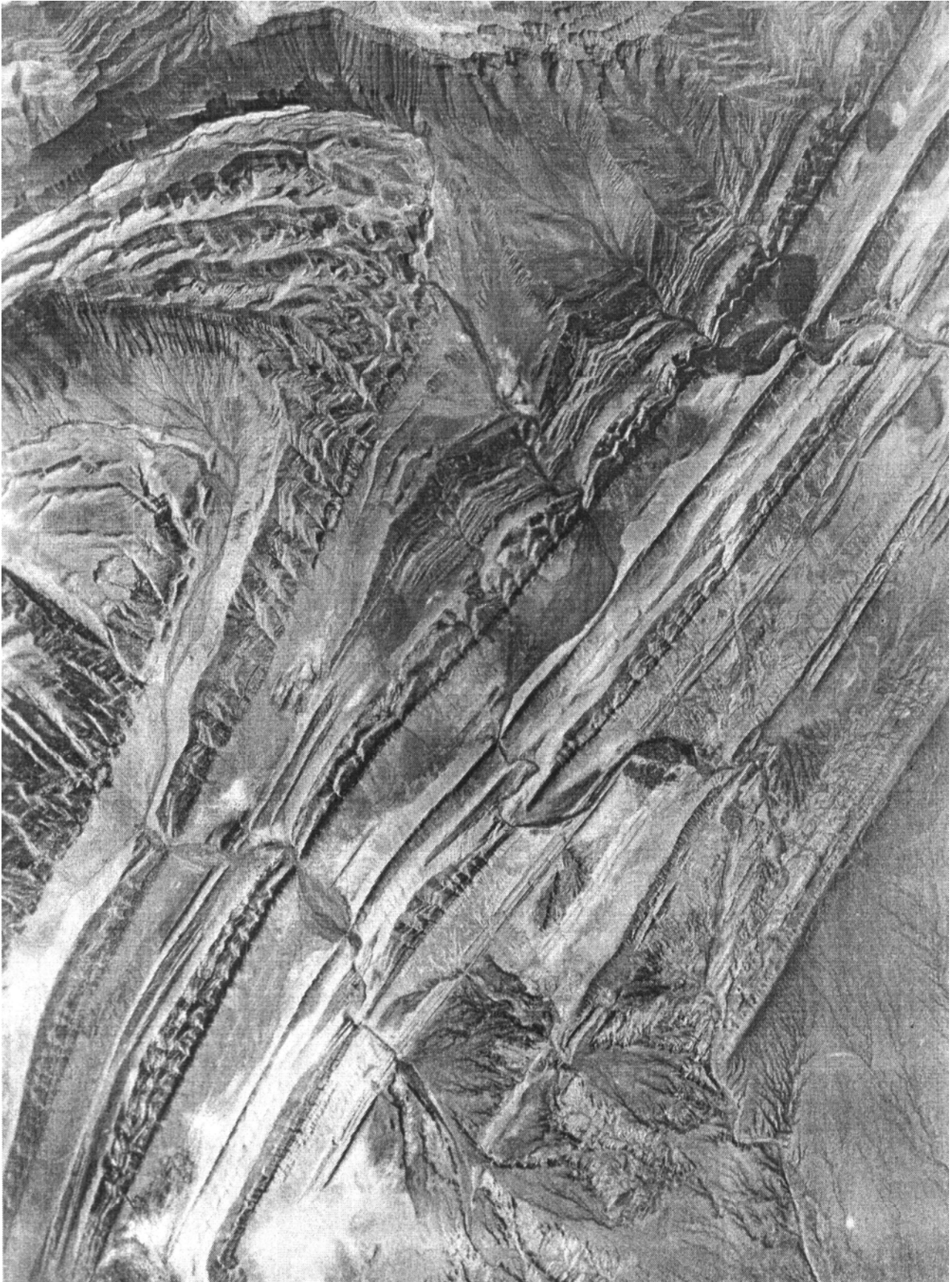


Рис. 8.2. Антиклінальна складка, яка занурюється до північного сходу (переклінальне замикання складки)

Завдання до набуття практичних навичок дешифрування

Дешифрується пара знімків середнього масштабу з нескладними складчастими формами. Район відкритий з ділянками структурного та структурно-зумовленого рельєфу.

Необхідно виконати таке:

- віддешифрувати ерозійну мережу, позначивши долини постійних і тимчасових водотоків, яри, балки, а також відповідні позитивні форми;
- віддешифрувати новітній покрив, якщо можливо, відокремити їх генетичні типи;
- провести межі дочетвертинних відкладів та позначити фотомаркуючі горизонти;
- визначити напрям падіння і кути нахилу крил складок, тип складки, форму склепіння та напрям занурення шарніра;
- скласти за результатами дешифрування схематичну геологічну карту (на ксерокопії АФЗ або на кальці);
- побудувати розріз, орієнтований вхрест простягання структури.

Питання для самоконтролю

1. Для чого використовують фотосхеми при дешифруванні складок?
2. Як за пластовими трикутниками можна відрізнити симетричні та асиметричні складки?
3. Де та чому в складчастих структурах можуть знаходитися шари, які залягають горизонтально?
4. Як орієнтовані пластові трикутники у синклінальної складки?
5. Як розташовані долини річок на ділянці, де знаходиться антиклінальна структура з міцними породами ядра?

9. ДЕШИФРУВАННЯ РОЗРИВНИХ ПОРУШЕНЬ

Визначення характеру взаємовідношення різних геологічних тіл, що відокремлюються на карті (фотосхемі), неможливо без урахування розривних порушень, якщо вони присутні. З цього випливає важність та обов'язковість виділення їх на КЗ й АФЗ. У результаті вивчення матеріалу даної теми студенти повинні

знати:

- яка інформація о розривах може бути отримана після дешифрування КЗ;
- які окремі дешифрувальні ознаки свідчать про наявність розривних порушень;
- який зв'язок існує між розривами та формами рельєфу;
- як на АФЗ виявляються новітні розриви;
- яким чином можна визначити відносний вік двох інтрузивних тіл за характером їх тріщинуватості;

уміти:

- відрізнити на АФЗ круті (вертикальні) та пологі розриви;
- визначити елементи залягання нахилених зміщувачів розривних порушень;
- відрізнити порушення скидового типу від зсувів;
- встановлювати на АФЗ наявність розривів за характером гідромережі;
- дешифрувати розриви, що не виходять на денну поверхню.

На КЗ лінійні структури (розломи та системи розломів) встановлюються за комплексом сталих дешифрувальних ознак. На знімках континентального рівня генералізації лінійні об'єкти відокремлюються як єдині та безперервні протягнені структури, на регіональних та локальних – розподіляються на смуги ущільнення дрібних лінійних об'єктів, які простежуються безперервно або фрагментарно. Значна їх частина об'єднується в протягнені та складно побудовані зони, але існують прості поодинокі структури. Для низки віддешифрувальних розломів визначаються їх збіг з розривами, які встановлені геологічними або геофізичними методами. В той же час багато структур визначається вперше.

При дешифруванні АФЗ встановлюють регіональні, локальні розриви, а також тріщини. Їх виділення – надзвичайно важливий елемент у геокартуванні та геологічних дослідженнях, пов'язаних з вивченням родовищ, гідрогеологічних та інженерно-геологічних пошуках. Вивчення тріщинуватості дозволяє отримувати характеристику водоносних горизонтів і визначити механічну міцність гірських порід, які враховуються при будівництві інженерних споруд.

При дешифруванні розривів застосовується комплекс прямих та непрямих дешифрувальних ознак. Вертикальні й крутоспадні розриви встановлюють за їх прямолінійністю та обмеженням шаруватості в крилах розлому (рис. 9.1, 9.2). Лінії розривів можуть також розмежовувати ділянки з різним забарвленням порід та характером рельєфу. Розриви, простягання яких збігається з простяганням порід, установити на АФЗ складно. Важко також дешифруються розриви, що не виходять на денну поверхню. У цьому випадку допомагає аналіз форм рельєфу земної поверхні. У зонах розривів часто знаходяться легкоруйнівні крихкі породи, за якими з'являються лощинки, ярові та річкові долини та інші негативні форми, що перекриті новітніми континентальними утвореннями. Причиною появи нега-

тивних форм рельєфу в місцях проявлення розривів може бути контакт порід з різними фізико-механічними властивостями. При цьому більш міцні породи створюють перепони або броньовані поверхні з власним рисунком ерозійної мережі. Скиди в рельєфі часто супроводжуються різкими уступами, які викликають зміну повздовжнього профілю річкових долин. Уздовж уступу виникають нові річкові долини, з'являються озера. Новітні розриви проявляються на поверхні у вигляді уступів або глибоких борозен у рельєфі, які перетинають окремі форми рельєфу, зміщують їх і гідрографічну мережу. Зсуви у розривах розпізнаються за характерними згинами шарів поблизу зміщувача (рис. 9.1).

У пустельних і напівпустельних зонах розриви можуть бути дешифровані за виходами джерел, які встановлюються за плямами трав'янистої та чагарникової рослинності, що їх оточує.

Дешифрування тріщин проводиться в умовах доброї відслоненості корінних порід. Ознаками дешифрування тріщин у породах є їх лінійний рисунок на АФЗ, що підкреслюється формами рельєфу, рослинністю, жилами, які заповнюють порожнини тріщин. Звичайно, краще дешифруються відкриті, крутоспадні тріщини, які створюють певні системи. Такі системи можуть маскувати шаруватість, створювати помилкове уявлення про простягання порід, а різновікові комплекси порід – мати різний план розташування тріщин. У такому випадку давні комплекси порід, як правило, більш тріщинуваті, ніж молоді. На основі дешифрування тріщинуватості відкритих районів можуть бути складені карти тріщинуватості при комплексуванні передпольового дешифрування АФЗ з польовими дослідженнями, які проведені на контрольних ділянках.

Завдання до набуття практичних навичок дешифрування

Щоб віддешифрувати АФЗ середнього масштабу переважно відкритої території, де проявлені тектонічні розриви, необхідно виконати таке:

- віддешифрувати ерозійну мережу, позначивши постійні та тимчасові водотоки та вододіли;
- відокремити алювіальні відклади;
- за комплексом прямих ознак та індикаторів віддешифрувати розривні порушення, розподіливши їх на регіональні, локальні й такі, що визначають за прямими та непрямыми ознаками;
- скласти схематичну карту розривних порушень з відповідними умовними позначками;
- скласти таблицю дешифрувальних ознак розривних порушень ділянки.

Питання для самоконтролю

1. Які типи тектонічних порушень можуть бути дешифровані на АФЗ?
2. Яка пряма дешифрувальна ознака вказує на наявність розриву?
3. Яке значення геоморфологічної ознаки при дешифруванні розривів, що не виходять на денну поверхню?
4. Яким чином на АФЗ можуть бути встановлені новітні розриви?
5. Як може бути використана тріщинуватість на АФЗ для розчленування товщ порід за віком?



Рис. 9.1. Зсув серед дислокованих порід. Згини шарів біля лінії порушення вказують на напрям переміщення



Рис. 9.2. Регіональний скид у товщі осадових порід, які залягають горизонтально

10. ДЕШИФРУВАННЯ МАГМАТИЧНИХ ІНТРУЗИВНИХ ПОРІД

Прояви магматичних гірських порід є дуже важливим елементом геологічної будови району. В багатьох випадках з геологічними тілами магматичних порід генетично (парагенетично) або просторово пов'язані прояви ендегенних родовищ. Тому особа ретельно повинно бути здійснено дешифрування ділянок їх прояву.

У результаті вивчення матеріалу даної теми студенти повинні знати:

- які ознаки притаманні зображенню на КЗ тіл інтрузивних порід;
- які можливості розчленування інтрузій різного речовинного складу на КЗ;
- за якими ознаками на АФЗ можуть бути відокремлені інтрузивні масиви від інших генетичних типів порід;
- як на АФЗ можуть бути віддешифровані контактіві зміни;
- які можливості вивчення внутрішньої будови інтрузії існують при дешифруванні АФЗ великого масштабу;

уміти:

- встановлювати на АФЗ присутність тіл інтрузивних порід;
- визначати склад інтрузивних порід;
- оконтурювати зони екзо- та ендоконтакту інтрузивних тіл;
- за характерними ознаками контакту інтрузивного тіла встановлювати положення покрівлі та бокових поверхонь;
- за прямими ознаками та індикаторами виявляти внутрішню будову інтрузії на АФЗ великого масштабу.

При дешифруванні КЗ інтрузивні та субвулканічні породи відокремлюються як нестратифіковані речовинно-структурні комплекси. Вони об'єднуються загальною рисою їх внутрішньої будови – відсутністю шаруватості. Склад інтрузивних порід є першим фактором, який визначає відмінність нестратифікованих речовинно-структурних комплексів. Другим фактором, який впливає на характер їх зображення, є відношення інтрузивних порід до вмисних або тих, що перекривають.

За даними дешифрування КЗ можуть бути відокремлені такі нестратифіковані утворення: плутонічні (ультраосновні, основні, гранітоїдні та лужні) породи; субвулканічні кисло-середнього та основного складу; плутонічні та субвулканічні нерозчленовані (основного складу).

Ультраосновні породи чітко відокремлюються на КЗ за темним контрастним фототоном та формою (лінзо- та плаstopодібні тіла). Лужні ультраосновні породи (олівініти, піроксеніти, нефелінові сієніти, карбонатити та ін.) утворюють інтрузиви центрального типу, які супроводжуються кільцевими структурами та легко упізнаються на КЗ. Гранітоїди найбільш різноманітні за формами проявлення на поверхні (від батолітів до дрібних штоків) і відносно легко упізнаються на КЗ за характерним рельєфом та рисунком зображення. Дрібні поодинокі виходи гранітоїдів при генералізації зображення отримують один більш великий інтегрований контур. Таким чином, на КЗ знаходять відображення й ділянки нееродованих плутонів. Лужні породи (сієніти, нефелінові сієніти, лужні габроїди та ін.), як правило, впевнено можна впізнати на КЗ. Здебільше во-

ни мають невеликі ізометричні форми та супроводжуються кільцевими структурами, та поєднуються розривами.

Субвулканічні тіла дешифруються на КЗ за специфічною формою виходів і фототонном. Нерозчленовані інтрузивні та субвулканічні тіла, які являють собою сили, добре упізнаються, особливо на ділянках, де вони залягають серед осадових порід. Сили утворюють позитивні форми рельєфу, тому що відрізняються стійкістю до процесів денудації.

На АФЗ інтрузивні породи дешифруються за відсутності шаруватості, за однотонним забарвленням та характерним мережчастим рисунком, який відображує систему тріщин окремоті. Для кислих порід (гранітоїди) характерне світле забарвлення, а для основних та ультраосновних – темне. У межах великих інтрузивних масивів річкова мережа має гілчастий рисунок (рис. 10.1). Часто з великими гранітними інтрузіями пов'язані гірські масиви з найбільшими для території абсолютними відмітками. Для інтрузій основного складу не характерні позитивні виступи форм рельєфу, нерідко вони, навпаки, займають понижені ділянки.

Деякі інтрузивні тіла, які мають лаколітову форму і підвищену стійкість до екзогенних процесів, відокремлюються на АФЗ серед вмисних порід масивними округлими формами. Контакти інтрузій з вмисними породами часто доволі контрастні і можуть бути дешифрувальною ознакою для відокремлення й оконтурювання інтрузивних тіл на аерофотознімках. Поверхня гранітних масивів нерідко покрита мережею тріщин. Серед них найбільш чітко відокремлюються крутоспадні тріщини, які простягаються паралельно контурам масивів.

На АФЗ помітні також ортогональні системи тріщин, які мають чітку прямолінійність. Часто контракційні тріщини виходять за контури інтрузій і розповсюджуються в екзоконтактові зони. Інші прототектонічні тріщини в інтрузіях дешифруються менш виразно. Пологі й горизонтальні тріщини мають вигляд темних смуг, які проглядаються на гірських схилах, складених гранітоїдами. Нерідко пологі тріщини складають овальні куполоподібні структури різних розмірів. В ендоконтактових зонах тріщинуватість у верхніх і бокових частинах масивів звичайно збігається із зовнішніми контактами масивів. У цих зонах часто з'являється смугастість, яка зумовлена чергуванням світлих і темних різновидів інтрузивних порід.

Зони контактних змін порід мають більш темний (рідко світлий) тон і оконтурюються достатньо виразно. У рельєфі контактні роги часто створюють позитивні форми рельєфу, які оточують гранітні масиви у вигляді валу. Контури масивів, що мають інтрузивні контакти, встановлюються за комплексом описаних вище ознак, а також за різким обмеженням шаруватості (смугастості) вмисних товщ. Детальне дешифрування АФЗ дозволяє в контактах інтрузивних тіл бачити апофізи та інші дрібні тіла. За формою контакту інтрузії можна скласти уявлення про характер їх еродованої поверхні і положення бокових контактів. Хвиляста межа з останцями порід покрівлі вказує на полого положення контактів, а прямолінійність меж – на круте або їх тектонічну природу. При трансгресивному взаєморозташуванні осадових порід контакти мають більш плавні і рівні форми порівняно з інтрузіями, а шаруватість у товщах, що

налягають на інтрузивний масив, оточує контакти.



Рис. 10.1. Гілчастий рисунок гідромережі на інтрузивному масиві

Дешифрування різновидів порід, які складають великі гранітоїдні масиви, засновано на відмінах у фототоні, характері рельєфу і рисунку прототектонічних тріщин. Суттєве значення може мати характер рослинності.

Масиви основного та ультраосновного складу дешифруються важко. Маючи темне забарвлення, вони відокремлюються нечітко на фоні вмісних порід. Присутність на їх поверхні кори вивітрювання ускладнює їх виділення. Для цих масивів характерний слабкий розвиток або повна відсутність рослинності, а також наявність горбистого рельєфу, зумовленого різним ступенем серпентинізації порід і системи пересічних тріщин.

Інрузивні дайки і жили дешифруються на АФЗ великого масштабу і в умовах відмінної відслоненості. У деяких випадках малопотужні вертикальні дайки інрузивних порід можуть виразно відокремлюватися на АФЗ позитивними формами рельєфу (гряди, ланцюжки горби). Інші дешифрувальні ознаки дайок і жил відбиваються в їх прямолінійності, значно темному (або світлому) забарвленні порівняно із забарвленням вмісних порід. Більш стійкі до процесів вивітрювання дайки і жили добре видно на скелястих грядах або ланцюжках скелястих останців. Рідко зустрічаються жили, на місці порушення яких створюються зниження в рельєфі, які дешифруються на АФЗ у вигляді вузьких лінійно витягнутих борозен. Про склад порід жильних тіл можна судити за тоном зображення. Діабази, порфірити звичайно мають темне забарвлення, аплітові і кварцові жили – світле. Дешифрування малих магматичних тіл дуже складне, тому що вони мають незначні відміни від інрузивних утворень, що їх вміщують.

Завдання до набуття практичних навичок дешифрування

Необхідно віддешифрувати АФЗ середнього масштабу, на значній площі якого присутні тіла інрузивних порід. Район відкритий, тип рельєфу – ерозійний. Треба виконати таке:

- віддешифрувати ерозійну мережу;
- визначити ділянки прояву четвертинних відкладів (альювіальні і можливо інші);
- провести контури інрузивних тіл (достовірні та передбачувані);
- віддешифрувати тріщинуватість інрузій;
- відокремити в полях інрузивних порід жили та дайки, розподіливши їх за віком;
- відокремити зони екзо- та ендоконтактів;
- віднести інрузії до категорії конкордантних або дискордантних та визначити назву форми.

Питання для самоконтролю

1. За якими ознаками на АФЗ встановлюють тіла інрузивних порід?
2. Як на АФЗ відображаються контактні ореоли інрузій (зони ендо- та екзо-контакта)?
3. Як склад інрузій пов'язаний з фототонном їх зображення на АФЗ?
4. Як може бути використана інформація про наявність тріщинуватості інрузивних тіл?
5. Як за геоморфологічними ознаками на АФЗ може бути віддешифрована дайка?
6. Як на АФЗ можуть бути встановлені вікові взаємовідношення інрузивних тіл?

11. ДЕШИФРУВАННЯ ТИПІВ ПОРІД І ЛІТОЛОГІЧНИХ КОМПЛЕКСІВ

Методичний підхід до дешифрування АФЗ, при якому використовують такі узагальнені поняття, як літологічні комплекси, не є типовим і має обмежене застосування, але володіти таким підходом доволі корисно і в багатьох випадках не існує альтернативи. У результаті вивчення матеріалу даної теми студенти повинні

знати:

– у яких випадках та на якому етапі досліджень доцільне дешифрування з виділенням літологічних комплексів;

– у якій послідовності на АФЗ відокремлюють породні комплекси;

– що складає коректну основу в видаленні генетичних груп порід (ГГП);

уміти:

– відокремлювати на АФЗ за повними ознаками кількість та склад структурно-літологічних комплексів (СЛК);

– встановлювати приналежність порід до певних генетичних груп;

– пояснювати комплекс ознак, за якими на АФЗ можуть бути визначені поля переважного розвитку типів порід (ПРП).

На підготовчому етапі дешифрування, який проводиться до початку польових робіт, складається попередня геологічна карта. У маловивчених районах, де виділення традиційних стратиграфічних підрозділів (серій, світ, товщ) викликає утруднення, рекомендується використовувати такі поняття:

– структурно-літологічні комплекси;

– генетичні групи порід;

– поля переважного розвитку типів порід.

СЛК – природна асоціація гірських порід, яка характеризується певним набором типів порід, однорідними умовами залягання та однаковим метаморфізмом. Для кожного СЛК характерний певний облік фотозображення.

ГГП – конкретна сукупність близьких за походженням гірських порід (наприклад, ГГП інтрузивних, ефузивних, річкових, схилових та ін.). Фотозображення у ГГП не таке стабільне, як у СЛК, і може варіювати, тому що на проявлення елементів ландшафту, що його формує, значною мірою впливають географічні фактори.

ПРП – різні ділянки СЛК, складені переважно однотипними породами (наприклад, ПРП пісковиків, базальтів, суглинків, гранітів та ін.). Фотографічний вигляд таких об'єктів дешифрування найменш стабільний і залежить від конкретного прояву форм рельєфу, рослинності, ґрунтового шару, клімату та інших факторів географічного середовища. Дешифрування ПРП пов'язано з найбільшими труднощами.

Крім площинних об'єктів, дешифруються лінійні та об'єкти дрібних розмірів, позначених на карті умовними знаками: розривні порушення, шаруватість, дайки, кварцові жили та ін. На макеті геологічної схеми СЛК позначається кольором та індексом (I, II і т.д. за кількістю виділених СЛК), ГГП – відтінками кольору, відповідного СЛК, та індексами I_1, I_2, I_3 за кількістю виділених ГГП у

СЛК. ПРП позначається крапом та індексами I_1^1 , I_2^1 і т.д. за кількістю виділених ПРП у кожній ГПП.

Макет геологічної схеми є основним документом передпольової підготовки, тому що на його основі розробляється план робіт майбутнього сезону. Макет звичайно супроводжується таблицею дешифрувальних ознак, суміщених з умовними знаками (табл. 2).

Таблиця 2

Таблиця дешифрувальних ознак, суміщених з умовними знаками

Індекс віку	Індекс на схемі	СЛК	ГПП	ПРП	Стисла характеристика компонентів ландшафту і фотозображення геологічних об'єктів				
					Форми макрорельєфу, мікроерозійне розчленування	Рослинність, вологість місцевості	Рисунок фотозображення (структура)	Фототон, його відтінки і сполучення	Додаткова характеристика
Q	I_1^1	Пухкі утворення	Еолові	Піски					
	I_1^2		Алювій	Галечники					
	I_1^3			Мули					
C	II_1^1	Складчастий комплекс	Осадкові	Аргіліти					
	II_1^2			Вапняки					
P	III_1^1	Інтрузивний комплекс	Середні	Діорити					
	III_1^2		Основні	Габро					

При дешифруванні типів порід і літологічних комплексів слід починати з новітнього пухкого покриву, при цьому використовується повний комплекс дешифрувальних ознак (розділ 5). Дешифрування корінних порід передбачає відбиття максимально можливої інформації про них на фотосхемі. Так, якщо мога необхідно показати їх вік, елементи залягання, склад, тріщинуватість, прояви розривних порушень (розділи 6, 7, 9, 10).

Дешифрування метаморфічних комплексів порід також може супроводжуватись установленням їх складу. При цьому коректне використання описаних далі дешифрувальних ознак. Кристалічні сланці і кварцити, які є породами доволі стійкими до процесів денудації, в умовах сильно розчленованого рельєфу створюють різні форми, чітко відображуючи їх умови залягання. Мережчастий рисунок ерозійних форм на АФЗ відбиває лінії простягання окремих шарів у сполученні з їх тріщинуватістю. Дрібна гідрографічна мережа, яка розвинута серед метаморфічних сланців, звичайно має різко кутастий рисунок, що підкреслює закономірну приналежність дрібних долин до тектонічних елементів, які проявля-

ються в метаморфічній товщі (тріщинуватість, кліваж). Кварцити і мармури, що формують шари серед метаморфічних сланців, відокремлюються в рельєфі за масивністю створюваних ними форм, крім того, виділяються на АФЗ за фототонном. Гнейси за умовами дешифрування займають проміжне положення між метаморфічними сланцями та інтрузивними породами, що часто виключає однозначність їх дешифрування. Так, розсланцьовані гнейси, які чергуються з іншими породами, в рельєфі нічим не відрізняються від дуже метаморфізованих сланців. Масивні однорідні типи гнейсів за недостатньою відслоненістю ні за рельєфом, ні за іншими ознаками також не відрізняються на АФЗ від інтрузивних порід. У гірських районах гнейси, як і граніти, часто створюють різкі скелясті форми або м'які масивні, що супроводжуються великими бриловими розсипами, як і граніти. У таких випадках єдиним критерієм дешифрування гнейсів є встановлення їх структури. Певна смугастість, що відображає простягання і наявність складчастості, інколи підкреслена розподілом рослинності або мікрорельєфом, дозволяє встановити присутність гнейсів.

Завдання до набуття навичок практичного дешифрування АФЗ

Необхідно віддешифрувати АФЗ середнього масштабу з неоднаковим рельєфом та складною будовою. У районі присутні породні комплекси різноманітного складу та генезису. Для цього треба виконати таке:

- віддешифрувати основні форми рельєфу;
- відокремити новітні пухкі утворення як самостійний СЛК;
- оконтурити на АФЗ поля розвитку попередньо встановлених СЛК серед дочетвертинних порід;
- скласти карту розповсюдження СЛК, ГГП, ПРП з необхідними умовними позначеннями до неї;
- скласти таблицю дешифрувальних ознак, суміщених з умовними позначеннями (приклад оформлення – табл. 2).

Питання для самоконтролю

1. У яких умовах і на якому етапі дешифрування на АФЗ можуть виділятися типи порід та літологічні комплекси?
2. Які рекомендації існують щодо оформлення макетів геологічної схеми (колір, індекси, крап)?
3. За якими ознаками відокремлюють СЛК метаморфічних та інтрузивних порід?
4. Які лінійні об'єкти дешифруються та вказуються при складанні геологічної схеми?
5. Який перелік дешифрувальних ознак має вміщувати дешифрувальна таблиця?

12. ДЕШИФРУВАННЯ КОСМІЧНИХ ЗНІМКІВ. КОСМОГЕОЛОГІЧНІ КАРТИ

Космічні знімки, які отримують за допомогою фотографічних, телевізійних та сканувальних систем, мають суттєві відмінності від АФЗ і потребують спеціального підходу до їх дешифрування. Майбутні геологи повинні володіти певною інформацією, а саме

знати:

- як поділяються космічні знімки за рівнем генералізації та які типи відповідних геологічних карт можуть бути отримані за результатами їх дешифрування;
- як групується геологічна інформація, отримана після дешифрування;
- який комплекс методів зазвичай використовують при космогеологічному картуванні;
- які карти відносять до розряду космогенетичних;

уміти:

- розрізняти тектонічні, літолого-петрографічні та історико-геологічні види інформації на космознімку;
- мотивувати особливість загальноприйнятої методики дешифрування космознімків;
- пояснювати місце та роль польових досліджень при космофотогеологічному картуванні;
- «читати» космогеологічні та космогенетичні карти.

12.1. Космічні знімки та їх інформативність

Космічні знімки відрізняються високою оглядовістю та генералізацією зображення. Можливості їх геологічного дешифрування залежать від масштабу та просторової роздільної здатності (розміри мінімального об'єкта, який відрізняється на КЗ). Космічні знімки та складені за їх допомогою карти [5] ранжують за рівнем генералізації (табл. 3).

Широкий діапазон масштабів КЗ надає можливість вивчати геологічні об'єкти різних рівнів генералізації. Тому інформативність КЗ повинна розглядатись з урахуванням масштабу та цілей дослідів.

КЗ глобального рівня генералізації дозволяють виявляти великі лінеаменти, встановлювати особливості взаєморозташування геоструктурних областей та структурних форм другого порядку в їх межах. За даними дешифрування цих знімків виділені кільцеві структури, діаметр яких складає багато сотень кілометрів. На КЗ глобального рівня генералізації виявляють зв'язки геологічної будови поверхні з глибинною будовою літосфери.

КЗ континентального рівня генералізації дозволяють відокремлювати речовинно-структурні комплекси, розриви та зони розломів, а також великі кільцеві структури різного генезису. Найбільш цінною є інформація про розломну тектоніку.

Класифікація геологічних карт та матеріалів дистанційних зйомок за рівнем масштабної генералізації

Типи геологічних карт	Масштабний ряд	Рівень генералізації МДЗ	Масштабний ряд
Зведені	1:5000000	Глобальний	1:15000000 – розділення більше 1000 м
	1:2500000	Континентальний	1:2500000 – розділення сотень метрів
Регіональні дрібномасштабні	1:1000000 (1:500000)	Регіональний	1:1000000-1:500000 – розділення декілька десятків метрів
Середньомасштабні	1:200000 (1:100000)	Локальний	1:200000-1:100000 – розділення перших десятків метрів
Великомасштабні	1:50000 (1:25000)	Детальний	Більше 1:100000 – розділення близько десятків метрів та менше

Регіональний рівень генералізації суттєво додає інформації при виділенні речовинно-структурних та речовинних комплексів, дешифруванні внутрішньої структури геологічних формацій, картуванні вікових і генетичних комплексів новітніх утворень, виявлення невеликих за розмірами порушень та кільцевих структур. На КЗ цього масштабного ряду чітко встановлюється просторовий зв'язок геологічних утворень, кільцевих структур і розривних порушень.

КЗ локального рівня генералізації за своєю інформативністю наближуються до висотних дрібномасштабних АФЗ. На знімках можуть бути дешифровані елементи структури та геологічні межі, а також різноманітні геологічні тіла невеликого розміру.

Основні види геологічної інформації, які можуть бути отримані з КЗ, групуються таким чином [5]:

А. Тектонічна: – розривні порушення;
– складчасті структури;
– блокові структури.

Б. Літолого-петрографічна:

– літолого-генетичні комплекси новітніх утворень;
– речовинні та структурно-речовинні комплекси стратифікованих утворень;
– метаморфічні утворення;
– інтрузивні утворення.

В. Історико-геологічна:

– структурні поверхи;
– проявлення неотектонічних рухів.

Основним видом геологічної інформації, яку отримують за дешифруванням КЗ, є відомості про розривну тектоніку. Розривні порушення дешифруються достатньо чітко на знімках будь-якого рівня генералізації та в районах усіх типів. Виключення складають розриви, які орієнтовані вдовж складчастості, визначення яких є найбільш важким. На знімках різних масштабів установлюються розриви різних таксонометричних рангів, у тому числі приховані під новітніми утвореннями. Інформативність КЗ в аспекті розривної тектоніки перевищує інформативність у цьому геологічних карт близького масштабу.

Космічні методи, спрямовані на картування складчастих структур, суттєво менш інформативні. Більш результативно ці структури дешифруються в умовах ерозійних плато, низько- та середньогірського рельєфу для шаруватих осадових та метаморфічних товщ. На високогір'ї, а також в областях розвитку глибоко-метаморфізованих товщ, при дешифруванні КЗ здебільшого встановлюються лише фрагменти складчастих структур. Визначення блокових структур різного рангу є вагомим досягненням космології. За допомогою КЗ доведена мозаїчно-блокова структура земної кори. Особливо суттєва інформація про блокову будову платформ, у тому числі тих, що повністю перекриті молодими геологічними утвореннями. У багатьох випадках КЗ дозволяють установити наявність старих рифтів, до того ж завжди можна визначити існування молодих. Відносно до роздільною здатності та враховуючи вихід проєкцій блоків на денну поверхню, космічні методи перевищують усі інші методи геологічних досліджень.

Літолого-генетичні комплекси новітніх утворень виявляються на КЗ всюди з детальністю, яка необхідна для карт відповідного масштабу. Облік зображень їх генетичних типів практично ідентичний для різних районів. Дешифрування цих комплексів здійснюється за геоморфологічними ознаками. При виділенні контурів четвертинних відкладів різного генезису КЗ перевищують розділення інших методів у всіх випадках за винятком районів з великою кількістю лісів.

Інформація про речовинні та структурно-речовинні комплекси стратифікованих утворень багато в чому залежить від природних умов досліджуваних територій. Найбільш ефективно вивчення "відкритих" територій, які мали довгу денудацію в умовах незначного проявлення тектонічних рухів. Можливості отримання речовинних характеристик підвищуються при використанні багато-зональних або синтезованих знімків. За допомогою ІЧ-знімків для окремих груп порід удається встановлювати їх склад безпосередньо шляхом інтерпретації оптичних характеристик. Роздільна здатність картування літологічних границь для району не поступається методу їх простеження на місцевості.

У районах з гумідним кліматом виділення та картування літологічних комплексів менш надійно, тому що доводиться використовувати індикатор – рослинність, на яку впливають, крім літогенного, інші фактори.

В умовах високогір'я літологічне дешифрування можливо здійснювати фрагментарно, що пов'язано з широким розповсюдженням схилових утворень, а також з обмеженням огляду крутих схилів на планових знімках.

Глибоко метаморфізовані комплекси досить чітко відокремлюються від стратифікованих, але розділення їх за складом шляхом дешифрування недостатньо надійно.

Інрузивні утворення дешифруються неоднаково в залежності від багатьох факторів. Найбільш ефективно встановлюються постскладчасті інрузивні масиви, які проривають стратифіковані комплекси порід. Можуть бути визначені й оконтурені тіла не вскритих або частково вскритих інрузивів сумісно із зонами їх впливу на оточуючі породи. Менш надійно та не завжди можливо виділення співскладчастих та передскладчастих утворень.

Відзнаки умов залягання комплексів порід, зміна простягань структурних елементів, ступінь дислокованості, метаморфізму та ін. дозволяє встановлювати межі структурних поверхів (рівень генералізації від регіонального не менш надійний, ніж межі літологічних або структурно-речовинних комплексів).

Ще один з важливих елементів дешифрування космознімків – виявлення кільцевих структур різного розміру та генезису. Виявлення великих (150 км і більше) полігенних кільцевих структур практично неможливо без використання космознімків. Деякі з цих структур відповідають ядрам консолідації літосфери, інші мають тектономагматогенну природу, але всі впливають на особливості геологічної будови та на геологічну історію регіонів.

12.2. Методика дешифрування космознімків

Космофотогеологічне картування (КФГК) потребує використання геологічних, геофізичних, а також геохімічних матеріалів. Лише комплексний підхід до інтерпретації даних дешифрування дозволяє побудувати достатньо обґрунтовану геологічну модель території, яка вивчається.

Роботам з інтерпретації та картоскладанню передують етап попереднього аналізу геолого-геофізичних матеріалів, на базі яких складається фізико-геологічна модель середовища. Подальші роботи із складання КФГ-карти виконуються в декілька етапів: дешифрування КЗ та інтерпретація геофізичних матеріалів, сумісний аналіз дешифрування і геофізики; перевірки й деталізовані польові дослідження; повторне дешифрування КЗ та додаткова інтерпретація геофізичних даних; розробка легенди і складання КФГ-карти.

Дешифрування КЗ проводиться за загальноприйнятою методикою з виділенням площадкових об'єктів, лінійних та кільцевих структур. На стадії дешифрування площадкових об'єктів треба розглядати дві послідовні операції: 1) аналіз зображення знімку з виділенням об'єктів; 2) визначення геологічного змісту об'єктів. Визначення геологічної природи об'єктів потребує обов'язкового використання геологічних матеріалів (карт), а також аналізу відображення на фотознімках зовнішніх компонентів ландшафту.

Дешифрування слід починати з ділянок, на які є найбільш повні та детальні карти. Ці ділянки використовують як еталони. Дані геологічних карт можуть не збігатися з результатами дешифрування, що потребує їх переосмислення у зв'язку з новою інформацією, особливо при ідентифікації геологічних тіл, які зображені на картах різних авторів. Як свідчить практика дешифрування КЗ, доцільно неодноразово повертатися до одного й того ж знімка з перервою в декілька днів (принцип "повернення").

Після завершення робіт з геологічного дешифрування та інтерпретації зо-

браження на КЗ отримані дані переносяться на фотокарту (фотоплан). В процесі перенесення здійснюється графічне об'єднання віддешифрованих контурів, уточнюється ідентифікація геологічних об'єктів, проводиться ранжування розривних порушень за їх структурною роллю та кінематичними характеристиками і таким чином складається попередній варіант КФГ-карти. На цій стадії інтерпретація відокремлених об'єктів може бути не повною, але якщо вони мають геологічну природу, обов'язково повинні бути відображеними на карті.

Паралельно з дешифруванням КЗ проводиться інтерпретація геофізичних матеріалів (гравітаційні, магнітні, сейсмічні). Далі сумісно аналізуються результати дешифрування КЗ і дані інтерпретації геофізики. На цьому етапі користуються картами, які складені раніше. У роботі також застосовуються комп'ютерні технології, але превалює візуальний метод. У процесі комплексного аналізу вивчаються геохімічні характеристики космогеологічних об'єктів та встановлюються в загальному вигляді закономірності розподілення геохімічних аномалій, пов'язаних у першу чергу з корисними копалинами.

За результатами сумісного аналізу всієї інформації виявляють перелік питань, які потребують вирішення в польових умовах, та складається програма польових робіт. При КФГК польові роботи проводяться в невеликих обсягах, а саме: маршрутні пересічення, обробка еталонних найбільш складних або незрозумілих ділянок, відбір проб на різноманітні види аналізів, організація неважких геофізичних та геохімічних робіт, аеровізуальні спостереження.

Заключний етап КФГК – створення кінцевого варіанта карти в легенді, яка забезпечує найбільшу її інформативність відповідно до завдання.

12.3. Картографічне відображення космогеологічних досліджень

КФГ-карти на відміну від традиційних геологічних містять інформацію про більш глибокі горизонти літосфери. Залежно від геологічної будови району КФГ-карти можуть бути складені в двох видах. Перший вид прийнятний для регіонів розвитку плитних комплексів, другий – для всіх інших. У першому виді застосовується легенда, яка близька до геологічної карти, де площадкові геологічні об'єкти відокремлені за літолого-стратиграфічним принципом. У другому – спеціалізована легенда, де як площадкові об'єкти відокремлюються речовинно-структурні комплекси. Особливе положення мають КФГ-карти територій, які майже повністю перекриті новітніми утвореннями. Такі карти несуть в основному структурне навантаження і тому їх називають космотектонічними.

Незалежно від принципів відокремлення геологічних тіл суттєве значення в змісті карт мають віддешифровані та геологічно проінтерпретовані лінійні й кільцеві об'єкти. Вони відображають розломи та геологічні тіла або структури центрального типу, які виходять на поверхню чи розташовані на деякій глибині. На КФГ-картах, крім того, показують об'єкти, які не одержали впевненої геологічної інтерпретації.

При складанні КФГ-карт застосовується принцип домінантності космічної інформації, за яким на карту виносяться тільки ті геологічні об'єкти, що деши-

фруються на КЗ. Геологічні, геофізичні та інші матеріали використовуються тільки для визначення космофотогеологічних об'єктів. Ті об'єкти, які відображені на геологічних картах, але не встановлені на КЗ, на КФГ-карту не виносять. Виключення складають розломи і зони розломів, установлені за геофізичними даними, жильні та дайкові серії.

При складанні легенди до КФГ-карти та виборі умовних позначень застосовують низку засобів, які відмінні від традиційного геологічного картування. Зокрема, легенда площадкових об'єктів може бути побудована за двовимірним принципом, де враховується як склад порід, так і превалюючий характер дислокацій. Для інтрузивних утворень порід з традиційно прийнятим розділенням за петрографічним складом та віком відокремлюються також ділянки переважного розвитку у дешифрувальному контурі тіл інтрузивних гірських порід, які знаходяться на глибині, але не вскриті ерозією. Границі геологічних тіл підрозділяють на надійно та передбачувано дешифрувальні, а також встановлені за геологічними даними.

Лінійні структури (розломи і зони розломів) розділяють за рангом, структурним значенням, глибинністю, а також за часом утворення (якщо це можливо). Градація їх підкреслюється товщиною лінії або кольором у помаранчово-червоній гамі. Розломи, які виходять на поверхню, позначають суцільної лінією, а ті, що перекриті новітніми утвореннями, але встановлені при дешифруванні за їх проявом у ландшафті – штриховою або штрих пунктирною. Застосовані умовні позначки повинні легко читатися та одночасно не заважати сприйняттю інших об'єктів, відображених на КФГ-карті.

Кільцеві геологічні структури або їх фрагменти наносять відмінним від інших контурів кольором. Навісним знаком того ж кольору позначають їх генетичні типи: тектонічні, метаморфогенні, вулканогенні, плутогенні, змішаного та складного генезису (рис. 12.1). Відсутність навісного знаку означає, що генезис кільцевої структури не встановлено, але передбачається її геологічна природа.

Поряд з тими трьома типами геологічних об'єктів відображують дешифрувальні елементи шаруватості та сланцюватості гірських порід або тріщинуватості, концентричні елементи внутрішньої будови кільцевих структур та інші, які мають значення для більш всебічного і глибокого пізнання геологічної будови регіону.

При побудові наступних інтерпретаційних схем або карт на основі КФГ-карти інформація з неї береться вибірково відповідно до існуючих завдань.

Питання для самоконтролю

1. Який рівень генералізації на КЗ масштабом 1:200000?
2. Яку інформацію дозволяють отримувати КЗ континентального рівня генералізації?
3. До якої групи належить інформація на КЗ про структурні поверхні?
4. Як розташувати за рівнем надійності дешифрування такі інтрузії: соскладчасті, передкладчасті та посткладчасті?
5. За якими ознаками визначають еталонні ділянки при дешифруванні КЗ?
6. На які категорії розподіляють межі геологічних тіл на космофотогеологічних картах?

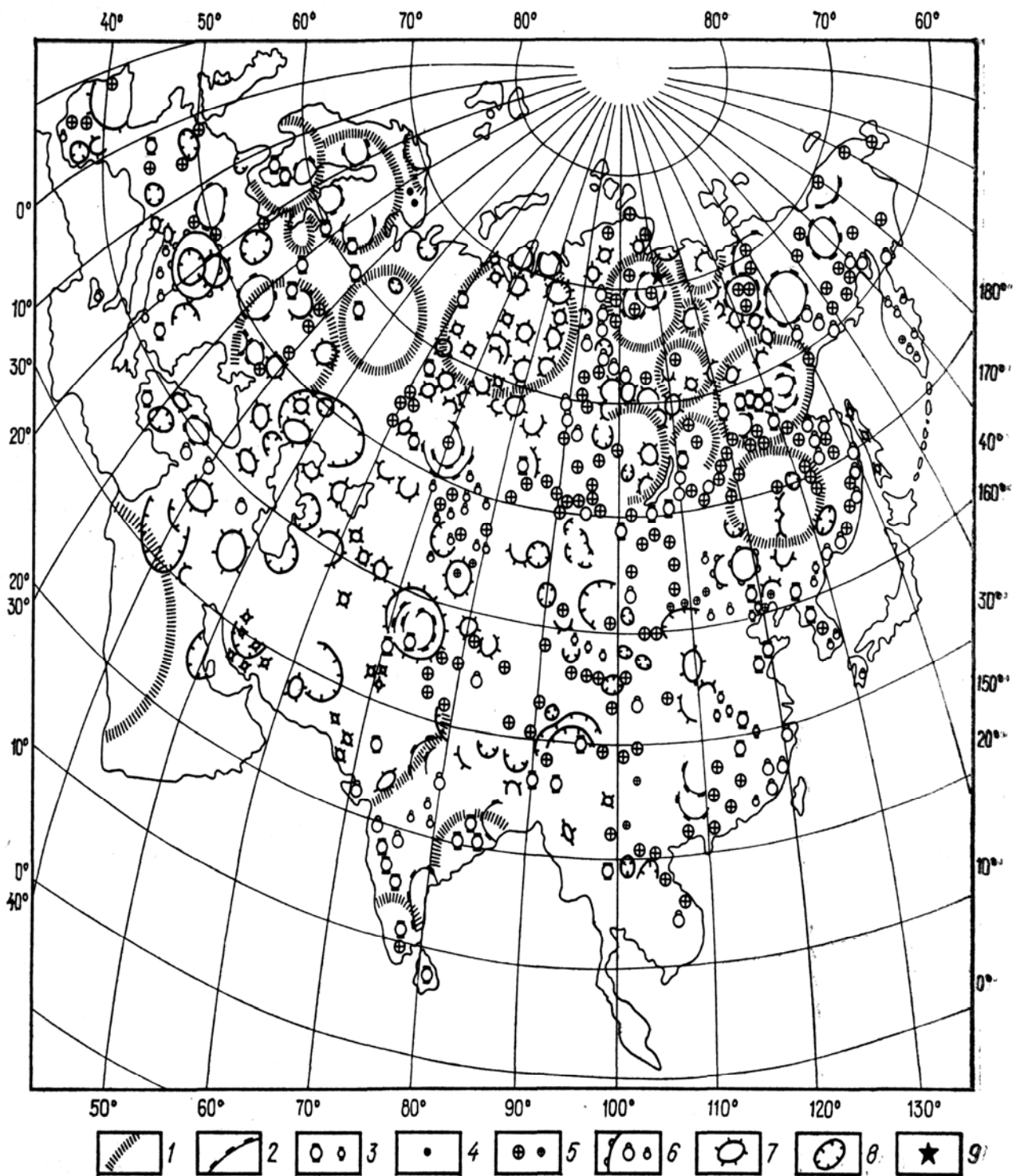


Рис. 12.1. Схема розташування найбільших кільцевих структур Євразійського материка: 1 – нуклеари; 2 – гнейсові складчасті овали; 3 – граніто-гнейсові куполи; 4 – плутонічні підкорові структури; 5 – плутонічні корові структури; 6 – вулканічні структури; 7 – тектонічні позитивні структури; 8 – тектонічні негативні структури; 9 – імпактні структури

Предметний покажчик

- Аерокосмовізуальні методи 8
Аерокосмофотографічні методи 8
Алювіальні відклади 35, 37
Атмосферне вікно 9
Базальт 11, 73
Базис фотографування 30
Брахіантикліналь 60
Броньовані поверхні 42, 45
- Відіокон 9
Візуальний метод 80
Висота фотографування 28
- Галеніт 10
Генетична група порід 73
Геологічна фотогенічність 20
Геологічне дешифрування 16
Геотермічне поле 11
Гнейси 75
Головна точка 25
Гравітаційні утворення 35
Гранат 11
Гранітоїди 69, 70
- Дайки 11, 72, 73
Джерела 66
Дешифрувальні ознаки 17, 21
– прями 21
– непрями 22
Дистанційні методи 8
– аерокосмовізуальні 8
– аерокосмофотографічні 8
– фотоелектронні 9
Етапи дешифрування 73
– попередній 73
- Зміщувач 66
Зсуви 35, 66, 67
Зйомка
– дистанційна теплова (ІЧ) 9
– радіолокаційна 11
– спектрометрична 12
- Кварц 11
Кільцеві структури 7, 69, 70, 77
Кліваж 75
Контакткові роговики 70
Космічні знімки 14
Космотектонічні карти 80
Космофотогеологічне картування 79
Куести 58
Кут падіння 53
- Лазер 13
Легенда 79, 80, 81
Лідар 13
Лідарна зйомка 12
Лініаменти 7, 76
Лінійні структури 81
Літосфера 76
Лужні породи 69
- Метаморфічні сланці 73, 74
Метан 10
Мікрохвильова зйомка 11
Моноклінальне залягання 51
- Нафта 10
Новітні відклади 32
– алювіальні 35, 37
– гравітаційні 35
– делювіальні 33
– елювіальні 32
– еолові 38, 40
– льодовикові 38
– пролювіальні 33
– флювіогляціальні 38
Нуклеари 82
- Обвали 35
Олівін 11
Опливини 35
Орбітальні висоти 8
Осипи 35

- фототеодолітна 7
- лідарна спектрометрична 12
- Імпактні структури 82
- Інтрузивні утворення 77
- Інфрачервона зйомка 9
- Паралакс повздовжній 29
- Планові знімки 13
- Пластові бар'єри 53
- Пластові останці 53
- Поліметалеві руди 10
- Покриви ефузивів 42
- Промінь зору 54
- Радіометр 9
- Радіус-вектор 30
- Речовинно-структурні комплекси 69, 77
- Розриви 65
 - регіональні 65
 - локальні 65
- Рівень генералізації 76
- Роздільна здатність 7
- Рифти 78
- Скид 66, 68
- Складчастість 60
 - голоморфна 60
 - гребеневідна 60
 - діапірова 60
 - ідіоморфна 60
 - коробчаста 60
 - сублінійна 60
- Сітка Вульфа 55
- Спектровізор 12
- Ступінь серпентинізації 70
- Стереографічна проекція 54
- Стереоскопічна пара 14
- Структурні поверхи 77
- Структурно-літологічний комплекс 73
- Субвулканічні породи 70
- Сили 70
- Сфалерит 10
- Телефотометр 12
- Телевізійна зйомка 9
- Тріщини 66
 - контракційні 70
 - крутоспадні 70
 - ортогональні 70
 - прототектонічні 70, 72
- Ультраосновні породи 69, 70
- Уранові родовища 10
- Фотогенічність 20
- Фотограмметричні методи 24
- Фотомаркуючі горизонти 44
- Фотоплан 80
- Фотосхема 74
- Фототон 42
- Центральна проекція 24

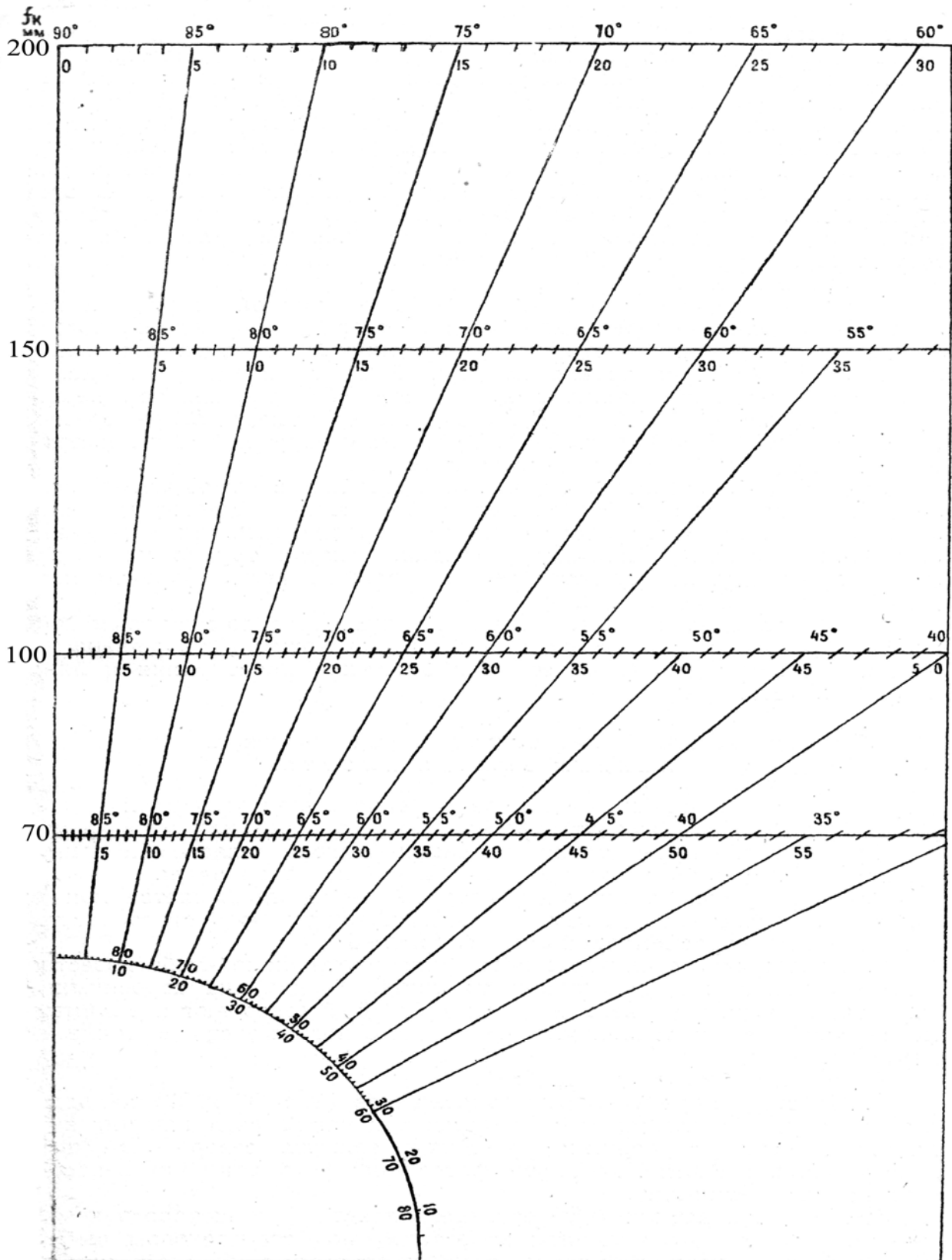
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Космическая информация в геологии [Текст] / Г.И.Волочкова, Н.В.Лукина, В.И.Макаров и др.– М.:Наука, 1983. – 536 с.
2. А.В.Михайлов. Аэрометоды при геологических исследованиях [Текст]/ А.Е.Михайлов, Н.С.Ромм. – М.:Недра, 1975. – 198 с.
3. Петрусевич М.Н. Аэрометоды при геологических исследованиях. [Текст]/ М.Н.Петрусевич– М.: Госгеолтехиздат, 1962. – 406 с.
4. Лабораторные работы по структурной геологии, геокартированию и дистанционным методам [Текст]: учеб. пособие для вузов / А.Е. Михайлов, В.В. Шершунов, Е.П. Успенский и др. – М.:Недра, 1988. – 196 с.
5. Космогеология СССР [Текст]/ Н.С. Афанасьев, В.И. Башилов, В.Н. Брюханов и др. – М.:Недра, 1987. – 240 с.
6. Книжников Ю.Ф. Аэрокосмические исследования динамики географических явлений [Текст]/ Ю.Ф. Книжников, В.И. Кравцова. – М.: Изд-во Моск. унта, 1991. – 206 с.
7. Геологическое изучение Земли из космоса.– М.:Наука, 1978.– 277 с.
8. Дистанционное зондирование при картографировании Земли и планет Солнечной системы [Текст] / В.Г. Трифонов, В.И. Макаров, О.С. Дервянко и др. – М.:ЦНИИГАИК, 1986. – 150 с.
9. Дистанционные методы в геологических исследованиях. [Текст] – Л.:ВСЕГЕИ, 1980. – 155 с.
- 10 Шульц С.С. Земля из космоса [Текст] / С.С. Шульц – Л.: Недра, 1984. – 114с.
11. Дистанционные методы изучения тектонической трещиноватости пород нефтегазоносных территорий [Текст] / Г.И. Амурский, Г.А. Абраменюк, М.С. Бондарева, Н.Н. Соловьев. – М.: Недра, 1988.– 163 с.

Залежність між позірними та істинними кутами падіння
пластів гірських порід на стереомоделях

Фокусна відстань f_k , мм	Позірні кути падіння під стереоскопом, град										Істинні кути нахилу, градус
	10	20	30	40	50	60	70	80	85	90	
50	2	4	6	10	13	19	29	49	66	90	
70	3	6	9	13	18	26	38	58	73	90	
100	4	8	13	19	26	35	48	66	78	90	
150	6	12	18	25	34	44	57	73	81	90	
200	8	16	25	34	44	54	65	78	84	90	

Номограма кутових величин для аерофотознімків з фокусними відстанями об'єктива аерофотознімальної камери в 70, 100, 150 та 200 мм



Таблиця тригонометричних функцій

Градус	Sin	Tg	Cos	Ctg	Градус
0	0,0000	0,0000	1,0000	—	90
1	0,0175	0,0175	0,9998	57,2900	89
2	0,0349	0,0349	0,9994	28,6363	88
3	0,0523	0,0524	0,9986	19,0811	87
4	0,0698	0,0699	0,9976	14,3007	86
5	0,0872	0,0875	0,9962	11,4301	85
6	0,1045	0,1051	0,9945	9,5144	84
7	0,1219	0,1128	0,9925	8,1444	83
8	0,1392	0,1405	0,9903	7,1154	82
9	0,1564	0,1584	0,9877	6,3138	81
10	0,1736	0,1763	0,9848	5,6713	80
11	0,1908	0,1944	0,9816	5,1448	79
12	0,2079	0,2126	0,9781	4,7048	78
13	0,2250	0,2309	0,9744	4,3315	77
14	0,2419	0,2493	0,9703	4,0108	76
15	0,2588	0,2579	0,9659	3,7321	75
16	0,2756	0,2867	0,9613	3,4874	74
17	0,2924	0,3057	0,9563	3,2710	73
18	0,3090	0,3249	0,9511	3,0777	72
19	0,3256	0,3443	0,9455	2,9042	71
20	0,3420	0,3640	0,9397	2,7475	70
21	0,3584	0,3839	0,9336	2,6051	69
22	0,3746	0,4040	0,9272	2,4751	68
23	0,3907	0,4245	0,9205	2,3560	67
24	0,4067	0,4452	0,9135	2,2460	66
25	0,4226	0,4663	0,9063	2,1445	65
26	0,4384	0,4877	0,8988	2,0503	64
27	0,4540	0,5095	0,8910	1,9626	63
28	0,4695	0,5317	0,8829	1,8807	62
29	0,4848	0,5543	0,8746	1,8041	61
30	0,5000	0,5774	0,9660	1,7321	60
31	0,5150	0,6009	0,8572	1,6643	59
32	0,5299	0,6249	0,8480	1,6003	58
33	0,5446	0,6494	0,8387	1,5399	57
34	0,5592	0,6745	0,8290	1,4826	56
35	0,5736	0,7002	0,8192	1,4281	55
36	0,5878	0,7265	0,8090	1,3764	54
37	0,6018	0,7536	0,7986	1,3270	53
38	0,6157	0,7813	0,7880	1,2799	52
39	0,6293	0,8098	0,7771	1,2349	51
40	0,6428	0,8391	0,7660	1,1918	50
41	0,6561	0,8693	0,7547	1,1504	49
42	0,6691	0,9004	0,7431	1,1106	48
43	0,6820	0,9325	0,7314	1,0724	47
44	0,6947	0,9657	0,7193	1,0355	46
45	0,7071	1,0000	0,7071	1,0000	
Градус	Cos	Ctg	Sin	Tg	Градус

Навчальне видання

Козловський Леонід Миронович

ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ В ГЕОКАРТУВАННІ

Навчальний посібник

Редактор Ю.В. Рачковська

Підписано до друку 22.09.10. . Формат 30×42/4.
Папір офсетний. Ризографія. Ум. друк. арк. 4,78
Обл.-вид. арк. 4,8. Тираж 100 прим. Зам. №

Підготовлено до друку та видруковано
у «Національному гірничому університеті».
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру ДК № 1842.

49005, м. Дніпропетровськ, просп. К. Маркса, 19.