Частина 2.
Дистанційні методи в геокартуванні

10. ДИСТАНЦІЙНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ В ГЕОЛОГІЇ

Сучасний геологознімальний процес здійснюється при обов'язковому застосуванні матеріалів аерокосмічної зйомки, 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.

10.1. 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. 10.1. 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;
- геоекологія і раціональне природокористування.

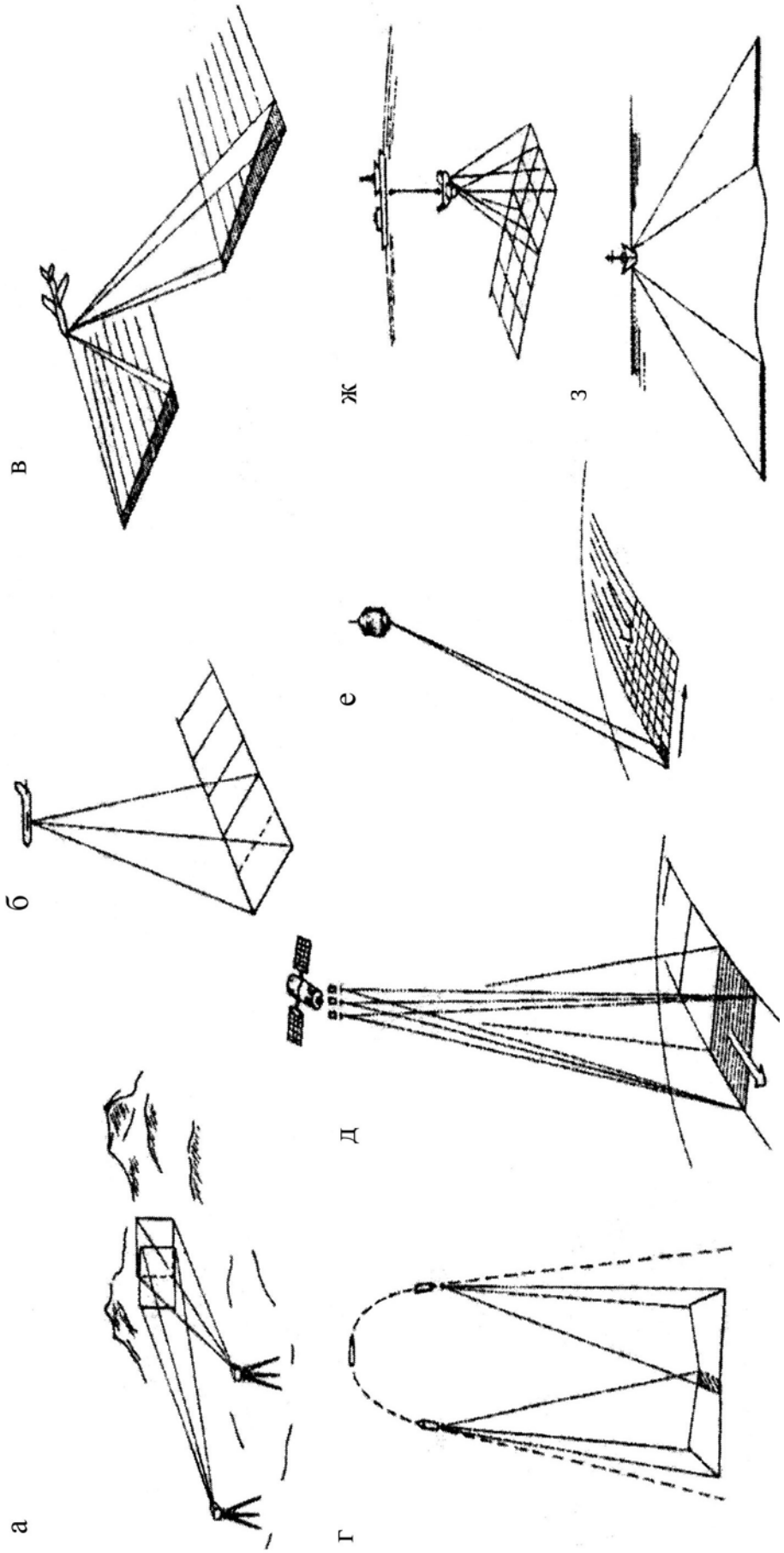

Рисунок 10.1. Види дистанційного зондування: а – наземна фототеодолітна зйомка; б – аерофотозйомка; в – радіолокаційна зйомка бокового огляду; г – зйомка з ракети; д – відеоконна космічна зйомка; е – сканерна космічна зйомка; ж – підводна фотозйомка; з – підводна гідролокація бокового огляду

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 використовуватися 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 космотектонічні і космогеологічні карти. За даними аналізу цих карт такі утворення як лінеаменти 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 [10]. 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 самостійно або в комплексі з аерофотозйомкою. Вона дає цінну інформацію для складання детальних геологічних карт масштабу від 1:10 000 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.

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

10.2. 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. Розрізнюють 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 космофотознімків одержують з малих орбітальних висот у масштабі від 1:1000 000 до 1:3000 000. 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 спектрозональні 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, близький до природних кольорів геологічних об'єктів, що поширює можливості дешифрування.

Спектрозональна зйомка містить у собі фотографування об'єктів у двох різних зонах спектра, включаючи невидимі ультрафіолетову та інфрачервону зони. Спектрозональне 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 моди-

фікації 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 проектується 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 напряму 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-променевій трубці 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-віпромінювання 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°С) – 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 основними напрямами.

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

1. Теплові джерела, пов'язані із сучасним вулканізмом або гідротермальною діяльністю. Використання матеріалів ІЧ-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 °С. Для процесу окиснення (до CO_2) нафти і газу характерні екзотермічні реакції [10]:

$$\underset{\text{(метан)}}{CH_4} + 2O_2 \rightarrow CO_2 + 2H_2O + 843 \text{ кДж.}$$

Нафта, яка окислюється до CO_2, виділяє $2{,}1 \cdot 10^{10}$ 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 $8 \cdot 10^5$ Дж на кілограм руди. Наприклад, процес окиснення піриту протікає за схемою:

$$2FeS_2 + 7O_2 + 2H_2O \rightarrow 2FeSO_4 + 2H_2SO_4 + 7{,}96 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

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

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

Другий напрям – це картування гірських порід з урахуванням нерівномірності їх нагріву Сонцем або відмінності віддзеркалення ІЧ-випромінювання. Різниця коефіцієнта відбитку визначає диференціацію тонів відображення цих об'єктів. Породи з високою тепловою інерцією повільно нагріваються та на денних ІЧ-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 ІЧ-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 поверхні 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-променевій трубці 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 1:400 000.

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 (спектровізори, телефотометри). 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 порізному зволожених 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 дозволяє розкрити мікровміст 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 спектрометрія розвивається переважно в метеорології у зв'язку з дослідженнями забруднення атмосфери.

10.3. 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

$$1/\mathrm{M} = f_к/\mathrm{H},$$

де M – знаменник масштабу; $f_к$ – 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 [11], 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

$$A = r\alpha / f_к,$$

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

Ця формула застосовується, якщо $\alpha \leq 30°$. 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- (1:100 000 000 – 1:10 000 000), середньо- (1:10 000 000 – 1:1000 000) і великомасштабні знімки (1:1000 000 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 дрібномасштабних. 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 зоні" на АФЗ?
9. Які знімки можуть утворювати стереопару?