

Кочеригін Л.Ю.

ФОТОГРАММЕТРІЯ

**Навчальний посібник
для студентів аграрних ВНЗ (коледжів і технікумів)
за напрямом підготовки 19 «Архітектура та будівництво»
спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій»**



2019

УДК 528.711.18 (075.8)
ББК 26.12я.73

Рекомендовано до друку вченою
радою університету
(протокол № 10 від 10.06.2019 р.)

Кочеригін Л.Ю. **Фотограмметрія:** навч. посіб. для студ. аграрних закладів вищої освіти галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій». Біла Церква: БНАУ, 2019. 496 с.: іл.

Посібник виконано з урахуванням стандартів ОПП та ОКХ 2013 р. за освітньо-кваліфікаційним рівнем «молодший спеціаліст» спеціальності «землепорядкування» та навчальною програмою, затвердженою Департаментом науково-освітнього забезпечення АПВ та розвитку сільських територій Мінагрополітики України 12.06.2014 р. Розділи присвячено історії виникнення і розвитку аерофотознімання, лінійній перспективі, контурному зніманню та методам створення топографічних планів і карт за фотозображенням, основам цифрової фотограмметрії та дистанційному зондуванню Землі, космічному зніманню й основам застосування GPS технологій, а також прикладним питанням використання матеріалів аерофотозйомки при проведенні земельно-кадастрових робіт.

Навчальний посібник розроблено на основі теоретичних і практичних положень провідних вчених та науковців у галузі фотограмметрії: Богомолова Л.А., Гебгарда Я.І., Дорожинського О.Л., Ільїнського Н.Д., Келля Л.Н., Кісліцина О.С., Лобанова А.Н., Могильного С.Г., Мурашева С.А., Назарова А.С., Обіралова О.І., Сердюкова В.М., Фельдмана М.Й., Фостікова А.О. та ін.

Призначений для студентів і викладачів закладів вищої освіти галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» спеціальності 193 «Геодезія та землеустрій».

Рецензенти:

Кохан С.С., завідувач кафедри геоінформатики і аерокосмічних досліджень Землі НУБіП України, д-р техн. наук, доцент;

Шульц Р.В., декан факультету ГІС і управління територіями КНУБА, професор, д-р техн. наук;

Матвієнко А.М., викладач спеціальних дисциплін ВСП Шевченківський коледж Уманського НУС, спеціаліст вищої категорії.

ISBN 978-966-2122-72-5

© Л.Ю. Кочеригін, 2019

ПЕРЕДМОВА

Метою вивчення дисципліни «Фотограмметрія» передбачено не лише отримання знань з основ фотографії, лінійної перспективи, методів аерофотознімання і космічного знімання, а й здобуття практичних умінь і навичок щодо виготовлення планово-картографічного матеріалу для потреб землеустрою та кадастру. Фотограмметрію слід вивчати в тісному зв'язку із топографічним і землевпорядним кресленням, геодезією, землевпорядним проектуванням та організацією землевпорядних робіт, земельним правом тощо.

Завданням дисципліни «Фотограмметрія» є вивчення різноманітних об'єктів та явищ шляхом виконання вимірювань за їх фотографіями, а також вивчення властивості фотозображення та методів вимірювання фотознімків.

У результаті вивчення цієї навчальної дисципліни студент повинен **знати:**

- основи фотографії, лінійної перспективи, наземного фотографічного і космічного знімання поверхні Землі;
- будову і принципи дії сучасних фотограмметричних приладів та інструментів;
- способи й засоби аерокосмічного знімання;
- способи зображення рельєфу на матеріалах аерофотозйомки і способи коректування планів місцевості та відновлення меж фотограмметричними методами;
- сучасну технологію фотограмметричного опрацювання фотознімків.

Уміти:

- опрацьовувати матеріали аерофотозйомки з метою виявлення їх якості і придатності для подальших робіт;
- враховувати поправки при визначенні площ та при роботі з аеро- і космічними фотознімками із застосуванням знань побудови лінійної перспективи;
- виконувати дешифрування аеро- і космічних знімків;
- працювати на фотограмметричних приладах;
- створювати планово-картографічні матеріали за аерокосмічними знімками;

- готувати, оформляти і використовувати фотограмметричну продукцію при проведенні землевпорядних та кадастрово-геодезичних робіт;
- здійснювати контроль за дотриманням правил охорони праці і пожежної безпеки.

Оскільки галузь застосування аерофотогеодезичних методів у землеустрої та кадастрі має прикладне значення у підготовці майбутнього фахівця, вивченню підлягають усі основні розділи цієї науки, її методи, принципи та способи.

Розділ 1

ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ФОТОГРАММЕТРІЇ

1.1. ПОНЯТТЯ ПРО ДИСЦИПЛІНУ «ФОТОГРАММЕТРІЯ»

Фотограмметрія – це галузь технічних наук, яка займається отриманням достовірної інформації про фізичні об’єкти та їх оточення реєстрацією вимірювань та інтерпретацією зображень або їх цифрових записів, отриманих за допомогою сенсорів, не контактуючи безпосередньо з цими об’єктами.

Як науково-технічна дисципліна вона вивчає теорію, методи і технологію визначення форм, розмірів, положення в просторі, кількісних та якісних характеристик об’єктів і явищ за їх фотознімками або зображеннями.

Такі фотознімки отримують як, безпосередньо, кадровими, щілинними і панорамними фотоапаратами, так і за допомогою радіолокаційних, телевізійних, інфрачервоних-теплових і лазерних систем. Найбільше застосування, особливо в аерофотозніманні, мають знімки, отримані кадровими фотоапаратами. У теорії фотограмметрії такі знімки вважають центральним проєкціюванням об’єкта. Ухилення від центрального проєкціювання, викликані дисторсією об’єктива, деформацією фотоматеріалу та іншими помилками, враховуються за даними калібрування аерофотоапарата і знімків. Про це йтиметься у наступних розділах.

Слово «*Фотограмметрія*» походить від грецьких слів: «*photos*» – світло, «*gramma*» – запис і «*metreo*» – вимірювання, та означає вимірювання світло-запису, тобто вимірювальну фотографію.

Завданням вивчення дисципліни є формування знань про зміст і методи фотограмметрії і дистанційного зондування, визначення форм, розмірів і розташування об’єктів за їх фотографічними знімками, а також в подальшому дешифруванні об’єктів за спектральними характеристиками растрового зображення.

Основними завданнями фотограмметрії як науково-технічної дисципліни є:

- вивчення геометричних властивостей різноманітних об’єктів місцевості, зображених на фотографічних знімках;

- розтин аналітичних зв'язків між точками місцевості і знімків;
- встановлення розбіжностей зв'язків і виключення їх причин;
- підготовка і реалізація розроблених фотограмметричних технологій із перетворення зображень;
- отримання планових і картографічних відображень та картин місцевості;
- постійний моніторинг, регулярні спостереження й оновлення будь-яких змін ситуації на поверхні місцевості;
- отримання різнохарактерної оперативної інформації.

Предметом вивчення дисципліни є засвоєння теоретичних положень побудови фотограмметричного зображення, його геометричних властивостей, методів фотограмметричного оброблення, а також отримання навиків практичної роботи з даними дистанційного зондування, їх аналізу і дешифрування. Іншими словами, це вивчення властивостей фотозображення, методів його отримання і вимірювання, розробка приладів для вимірювання і перетворення фотозображень.

Головною особливістю дисципліни «Фотограмметрія» є безконтактне та дистанційне (на певній відстані) вивчення об'єктів – зондування. Під терміном «*дистанційне зондування*» (ДЗ) розуміють фотографічні і нефотografічні методи знімання для зондування Землі з літака або супутника. До фотографічних методів відносять класичні методи аерофотознімання й аналізу, а до нетопографічних – реєстрацію даних за допомогою оптико-механічного сканера.

Фотограмметрію як науку можна розділити на дві частини: загальну та прикладну. До складу загальної фотограмметрії входять усі теоретичні основи, вивчення методів і засобів застосування класичної тривимірної фотограмметрії і динамічної чотиривимірної, з урахуванням як четвертої координати часу.

Фотограмметрія має такі *переваги*:

- значно підвищує продуктивність праці, тому що вимірюють не об'єкти, а їх фотозображення;
- забезпечує високу точність вимірювань і визначень, які гарантуються сучасними вимірювальними та обчислювальними засобами;
- гарантує об'єктивність, достовірність і оперативність (швидкість) отримання інформації;
- застосування у важкодоступних (гірських) та небезпечних місцях;
- дозволяє вивчати рухомі об'єкти та короточасні явища;
- надає можливість повної автоматизації процесів виробництва завдяки комп'ютеризації.

Фотограмметричні методи знімань мають також і недоліки:

- залежність фотографічного процесу від метеорологічних умов при закритості території (об'єкта знімання) хмарами й іншими об'єктами, що передують їм;

- неможливість використання фотографічних методів без освітленості предметів (у нічний час, неосвітлену сторону планети або її супутників);

- висока собівартість приладів, обладнання та вузьке їх застосування;

- зношуваність приладів та обладнання і короткий термін їх застосування на виробництві через вимоги до великої точності вимірювань;

- відносно складна структура організаційних робіт.

Основою методу фотограмметрії є фотознімки. Вивчення і вимірювання геометрії фізичного зображення знімків надає цій основі рівень наукового підходу та практичного застосування. У фотограмметрії використовують як поодинокі знімки, так і стереоскопічні пари. Ці стереопари (два знімки, що мають спільне перекриття) дозволяють отримати стереомодель об'єкта, і тому розділи фотограмметрії, що вивчають засоби визначення просторового (трьохмірного) положення точок об'єкта, називають *стереофотограмметрією*, а засоби визначення площинного (двомірного) зображення – *плановою* або *контурною* фотограмметрією.

У сучасних умовах фотограмметричні методи застосовують у трьох напрямках їх розвитку:

- методів картографування;

- космічної фотограмметрії і технологій з отримання супутникової фотографічної інформації щодо об'єктів земної і планетних поверхонь із космосу;

- прикладної фотограмметрії і спеціального застосування в різних галузях суспільної, виробничої та медичної діяльності.

До прикладної відносять усі галузі використання фотограмметрії:

- у географічних і геофізичних дослідженнях;

- геодезична;

- науково-технічна;

- топографічна;

- космічна;

- підводна;

- застосування при використанні природних ресурсів;

- у землеустрої та кадастрі;

- в інженерній фотограмметрії при вишукуванні, проектуванні, будівництві, експлуатації інженерних споруд;

- у гірничій справі й промисловості;
- в археологічних розкопках і дослідженнях;
- у медичних дослідженнях і діагностуванні тощо.

За методами оброблення фотознімків і характером отриманої продукції можна виокремити *п'ять видів знімань*: контурне аерофотознімання, комбіноване, стереотопографічне, наземне фототопографічне й космічне знімання.

Контурне знімання (у фотограмметрії) – це сукупність робіт, у результаті виконання яких отримують контурний план (фотоплан) місцевості (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Контурне знімання територій.

Пригадаємо, що *контурне знімання* – це створення карт або планів місцевості із зображенням тільки її «ситуації», тобто контурів і місцевих предметів без відтворення рельєфу території. При такому зніманні показують обриси (межі) кожного контуру та його зміст (характер угіддя, забудови тощо). Контурне знімання виконують із застосуванням кутових і лінійних вимірювань в натурі або поєднанням

польових і камеральних топографічних робіт на основі аерофотозйомки. Масштаб і методику контурного знімання визначають призначенням і заданою площею. Контурне знімання застосовують при складанні контурних планів внутрішньогосподарського землеустрою, планів лісонасаджень, лоцманських карт, ситуаційних планів міст, при проектуванні автодоріг тощо.

Комбіноване знімання полягає у виготовленні фотоплану методами контурного аерофотознімання, та польової рисовки рельєфу на ньому за допомогою мензули і кіпрегеля (рис. 1.2). Під час знімання рельєфу виконують і дешифрування. Таким чином, після виконання усіх видів робіт отримують топографічну карту (план) місцевості.

Стереотопографічне знімання вирішує завдання складання топографічних карт (планів) шляхом камерального оброблення пар аерофотознімків, що перекриваються (стереопар), диференційним або більш точним універсальним методом (рис. 1.3).



Рис. 1.2. Комбіноване знімання.



Рис. 1.3. Стереотопографічне знімання.

При *диференційному методі* складають фотоплан методами контурного аерознімання, а рисовку горизонталей на аерофотознімках виконують за допомогою стереоприладів. Потім горизонталі й елементи дешифрування переносять на фотоплан, таким чином отримують топографічну карту (план) місцевості. Диференційний метод у сучасному виробництві практично не використовують.

При *універсальному методі* на точних універсальних стереоприладах за парами знімків складають топографічну карту (план) місцевості.

Наземне фототопографічне знімання застосовують для складання топографічних карт гірських та високогірних районів; знімання кар'єрів; при дорожніх, геологічних, гідротехнічних і гляціологічних вишукувань у гірських районах; при зніманнях інженерних споруд

для вивчення деформації, точності монтування будівельних конструкцій; при архітектурних обмірах тощо (рис. 1.4). Її виконують за допомогою спеціальних фотоапаратів – фототеодолітів, що встановлені на землі.

Космічне знімання забезпечує найбільш швидке отримання об'єктивної інформації про поверхню усієї Землі або її великих частин, а також про явища, які проходять на ній, або в атмосфері (рис. 1.5).



Рис. 1.4. Фототопографічне знімання.



Рис. 1.5. Космічне знімання
поверхні Землі.

Знімки можуть бути отримані різноманітними *методами*: фотографічними, радіо- та звуколокації, рентгеноскопії, голографії, телебачення тощо. Вони мають свою геометрію побудови, а при використанні їх з метою вимірювання й дешифрування знімків – свої особливості.

1.2. РОЛЬ ВІТЧИЗНЯНИХ І ЗАРУБІЖНИХ ВЧЕНИХ У РОЗВИТКУ НАУКИ ФОТОГРАММЕТРІЯ, ЇЇ ЗВ'ЯЗОК ІЗ ЗЕМЛЕВПОРЯДКУВАННЯМ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Розвиток фотограмметрії ґрунтується на отриманні високоякісних фотоматеріалів, використання якісних аерофотоапаратів для отримання аеро- та космічних фотознімків із високою роздільністю й високими метричними властивостями (без спотворень), а також при використанні високоякісних і надійних фотограмметричних і стереофотограмметричних приладів на базі сучасної техніки та електроніки.

Ідею автоматизації процесу стереовимірювань висунув у 20–30-х рр. ХХ століття проф. О.С. Скірідов. Нещодавно фірма «Вільд»

(Швейцарія) спільно з іншими фірмами розробила та виготовила прилад «Стереомат» декількох модифікацій. Але й інші фірми, у т.ч. «Карл Цейс» (Німеччина), займаються цими проблемами. Використання таких приладів поки що стримується їх високою вартістю та недоліками конструкцій, а також обмеженою можливістю роботи без втручання людини (оператора).

У 80-х рр. XX століття почала розвиватися цифрова фотограмметрія, яка здобула поширене використання в різних сферах виробництва. Нині в Україні використовують сучасні прилади власного виробництва: стереоанаграф, цифрову станцію «Дельта» тощо.

Подальше вдосконалення автоматичних універсальних стереоприладів і систем можна розширити до такого рівня, коли вони будуть здатні обробляти знімки будь-яких регіонів без допомоги оператора і суттєво підвищать продуктивність фотограмметричних робіт.

Таким чином, можна виокремити наступні проблеми фотограмметрії:

1. Проблема побудови якісних зображень об'єктами. Отримання, реєстрація та збереження зображень за допомогою високоякісних фотоматеріалів (або інших засобів) без срібла, щоб отримати зображення без спотворень (високих метричних властивостей) і з великою роздільною здатністю;

2. Проблема розробки та створення надійних фотограмметричних і стереофотограмметричних приладів на базі сучасної електронної техніки і, бажано, автоматизованих;

3. Економічні проблеми вартості й фінансування зазначених робіт.

Усе назване вище пов'язане із загальними проблемами розвитку науки та виробництва. *Перша проблема* повинна вирішувати задачу створення системи побудови зображення такої якості, щоб збільшення до 15 разів відбувалося без втрати точності і якості. Для цього необхідно створити якісні і недорогі оптичні системи для об'єктивів. *Другу проблему* можна вирішити застосуванням цифрової фотограмметрії.

Перспективи розвитку фотограмметрії можуть бути забезпечені застосуванням супутникових систем GPS (глобальною позиційною системою) та автоматизацією спостережень.

Широке застосування фотограмметрії зумовлене такими властивостями: повна об'єктивність і достовірність результатів вимірювань, фотодокументальність; висока продуктивність праці, оскільки вимірюють не сам об'єкт, а його зображення; змога вимірювати зображення стільки разів, скільки потрібно; безконтактність методу, що важливо для об'єктів, недоступних за своєю фізичною природою або небезпечних для перебування людини; змога реєструвати нерухомі

або рухомі об'єкти, зокрема швидкоплинні процеси (політ снаряда, вулканічне виверження, траєкторії лету часток в атомно-ядерних процесах тощо); змога одночасно високоточно реєструвати велику кількість точок досліджуваного об'єкта; скорочення до мінімуму польових робіт, залежних від кліматичних умов, перенесення вимірювальних операцій у вигідні камеральні умови; змога частково або повністю автоматизувати роботу, особливо під час застосування цифрової фотограмметрії.

Існують різні підходи до поділу фотограмметрії: *за призначенням* – топографічна і нетопографічна; *за типом носія обладнання для реєстрації зображень (знімків)* – аерофотограмметрія, наземна та космічна; *за типом земного обладнання* – радіолокаційна, теплова, рентгенфотограмметрія, сканерна, цифрова, залежно від того, яке зображення треба опрацьовувати та для чого створено відповідний математичний апарат. Проте фотограмметрія має спільний математичний апарат, якій ґрунтується на теорії перспективи та аналітичній геометрії, оскільки так історично склалося, що першими з усіх видів зображень були перспективні малюнки (XVIII ст.) та фотознімки (XIX ст.).

Фотограмметрія як технічна дисципліна, насамперед, ґрунтується на фізико-математичних дисциплінах: оптика, геометрія та тригонометрія. Фотограмметрія багато у чому ґрунтується на геодезії: у галузі теорії похибок, прив'язки аерофотознімків, дешифруванні, зніманні рельєфу та складанні планів (карт).

Питання знімання рельєфу потребують достатніх знань геоморфології. Тоді як питання дешифрування, особливо сільськогосподарського, вимагає знання: основ ґрунтознавства, геоботаніки, землеробства, меліорації, рослинництва та інфраструктури шляхів.

При вивченні фотограмметрії необхідно знати питання, що найбільше задовольняють потреби землеустрою та планування сільських населених пунктів. Сучасний облік земель та висока механізація сільськогосподарських робіт підвищили вимоги до землеустрою, а відповідно, і до якості планів місцевості та їх детальності. Тому землеустрій потребує великомасштабних планів.

Відповідно до Закону України «Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність» (353-XIV/1998), Указу Президента України «Про поліпшення картографічного забезпечення державних та інших потреб в Україні» (575/2001) та Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2014–2018 роки» (2354-2010-р) визначають основні цілі, завдання та пріоритети державної картографі-

чної служби з реалізації державної політики у сфері топографо-геодезичної діяльності, національного картографування щодо удосконалення системи забезпечення потреб держави і суспільства в геопросторовій інформації та картографічній продукції, налагодження системного оновлення топографічної інформації.

Одним із основних завдань, покладених на картографо-геодезичну службу України, є провадження робіт з оновлення топографічних карт із використанням цифрових технологій.

Як зазначалося, фотограмметричний метод легше за інші піддається вдосконаленню, переходу на сучасні методики й технології.

1.3. КОРОТКИЙ ОГЛЯД РОЗВИТКУ ФОТОГРАММЕТРІЇ

Розглядаючи питання розвитку фотограмметрії, бачимо, що деякі елементи перспективи були відомі ще давнім римлянам і грекам, але основи теорії перспективи були складені в епоху Відродження та розвинуті у наступні століття. Видані роботи італійця Леона-Баттіста Альберті (1511), німця Альбрехта Дюрера (1525), італійця Гвідо Убальді (1600), француза Жерера Дезарга (1636) і Йоганна Генріха Ламберта (1759) та інших склали наукову основу для геометричного рішення задач визначення форми, розмірів та положення предмета за його перспективним зображенням.

Камера-обскура (прототип фотографічного апарата) – це темне приміщення з одним малим отвором, через який на протилежну стіну проектується перевернуте зменшене зображення предметів ззовні. Коли була винайдена камера-обскура, точно не відомо, але вже у V столітті до н. е. китайський філософ Мі Ті описав виникнення зображення на стіні затемненої кімнати.

Близько 336–323 рр. до н. е. Аристотель досить докладно міркував про природу світла. Він відокремлював світло від речовини і відзначав, що деякі об'єкти мають прозорість, але ця властивість має значення тільки в разі присутності світла.

Принцип дії камери-обскюри вперше пояснив арабський фізик і математик X ст. Ібн аль-Хайсам (Альхазен). При цьому він зробив важливий висновок про те, що загальноприйнята в той час теорія поширення світла (згідно з якою промені світла виходять з очей і ніби обмацують об'єкт) не відповідає дійсності. Спочатку камера-обскура була з кімнату, повністю ізольовану від світу, за винятком невеликого отвору в стіні (рис. 1.6). Образи із зовнішнього світу (будинки, дерева, люди і т. д.) могли бути спроектовані в перевернутому вигляді на стіні або екрані, розташованому навпроти отвору.

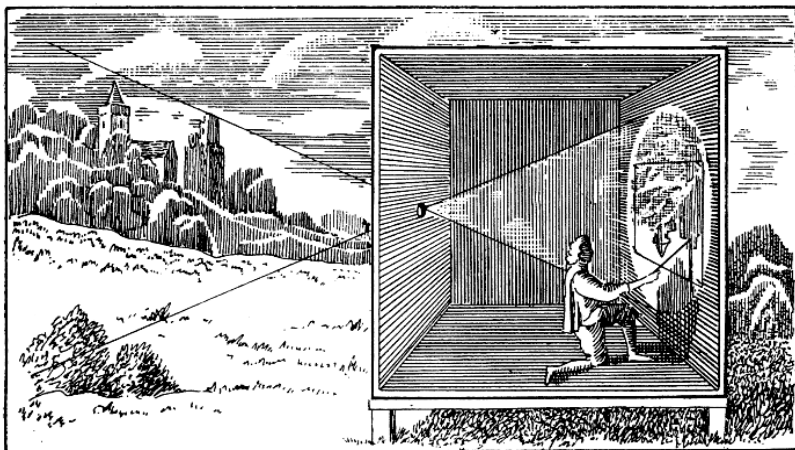


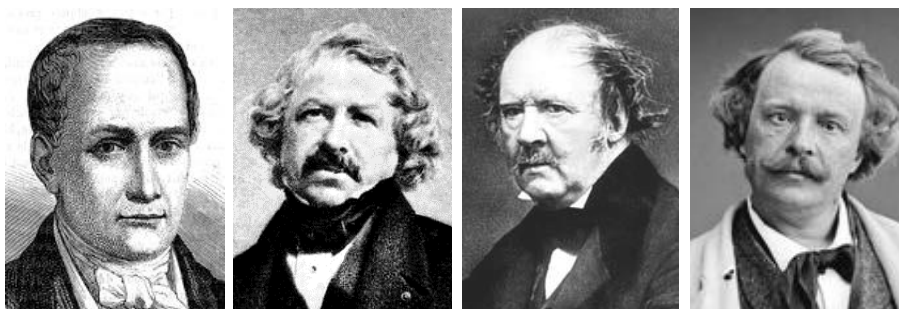
Рис. 1.6. Камера-обскура.

У середині XVIII століття М.В. Ломоносов застосував перспективу зображення місцевості для складання карт, а у 1791 р. француз Шарль Ботан-Бопре склав карту острова Тасманія за перспективними малюнками, які було отримано за допомогою оптичної камери.

У 1802 р. англієць Т. Веджвуд (Т. Wedgwood) під багатогодинним впливом сонячного світла отримав на папері, просоченому розчином азотнокислого срібла, а потім в розчині кухонної солі, відбитки листя рослин і малюнків. Англійський хімік і фізик Г. Дейві (Н. Davy) зацікавився роботою Веджвуда та звернув увагу на те, що хлористе срібло більш світлочутливе, ніж азотнокисле, і за допомогою мікроскопа отримав на хлоросрібному папері зображення дрібних предметів. Однак вони не вирішили проблеми, як скоротити тривалість експонування, а також як зафіксувати зображення у незмінному вигляді при подальшому впливі на нього світла.

У 1827 р. Жозеф Ньєпс Нісефор (рис. 1.7, а) відзняв перші картини з вікна з оглядом на французьке село за допомогою камери-обскурі (рис. 1.8, а) і асфальтового лаку (бітуму), розчиненого у тваринному маслі. Цей розчин він наносив на пластину зі скла, міді або сплаву олова зі свинцем і експонував її в камері-обскурі кілька годин при яскравому сонячному світлі (виходив так званий геліографічний знімок (рис. 1.8, б). Цей фотоапарат називався «Геліограф». Уперше в історії людства картину малював не художник, а ламані падаючі промені світла. У 1827 р. Жозеф Ньєпс Нісефор почав співпрацювати з Луї Жаком Манді Дагером (рис. 1.7, б), французьким художником,

якій після його смерті у 1833 р. оголосив про створення технології отримання зображень на срібних платівках – дагеротипії.



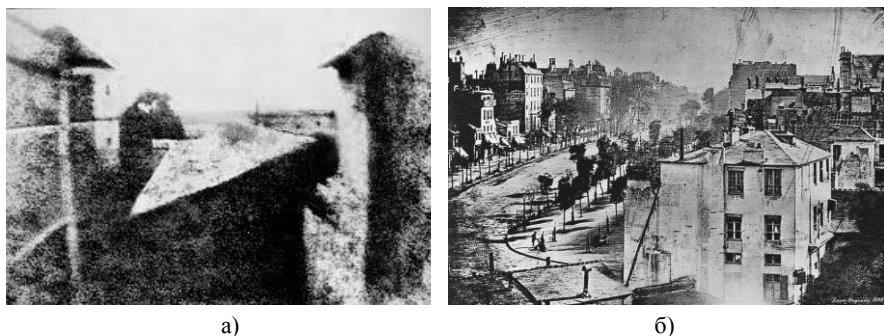
а) Жозеф Ньепс
Нісефор;

б) Луї Жак Манді
Дагер;

в) Уільям Генрі
Фокс Тальбот;

г) Гаспар Фелікс
Турнашон (Надар).

Рис. 1.7. Видатні винахідники фотографії.



а)

б)

Рис. 1.8. Перші спроби фіксування зображення за допомогою світла:

а) перший геліографічний знімок 1827 р. «вид з вікна на Ле-грас»;

б) перша фотографія жвавої вулиці «Храмовий бульвар» 1838 р.

Після винаходу фотографії у 1839 р. французьким вченим Луї Дагером і англійським інженером Уїльямом Генрі Фоксом Тальботом (рис. 1.7, в) з'явилася ідея використання результатів фотографування для складання карт. Топограф, інженер-майор Корпусу інженерів французької армії Еме Лосседа у 1849 р. застосував мензульну фотограмметрію, яка ґрунтувалася на виконаних вручну перспективних рисунках. А у **1852 р.** він першим у світі використав фотокамеру для складання топографічних планів місцевості. Цей рік **є роком народження фотограмметрії, а Еме Лосседа вважають її засновником** (рис. 1.9). Пізніше Паризький фотограф Гаспар Фелікс Турнашон

(рис. 1.7, г), відомий під літературним псевдонімом Надар, у 1858 р. вперше виконав повітряне фотографування Парижа з висоти 80 метрів із прив'язаної повітряної кулі (див. рис. 1.10, а). Тоді як фото Бостона було виконано з повітряної кулі Джеймсом Уоллесом Блеком у 1859 р. (рис. 1.10, б).

У 1858–1859 рр., з урахуванням накопиченого досвіду роботи з фотокамерою на місцевості, Лосседа розробив конструкцію першого в світі фототеодоліта (рис. 1.11). Основною частиною фототеодоліта, виготовленого Брюннер, була фотокамера, яка представляла собою дерев'яний ящик шириною 41 см і висотою 33 см. У передній стінці був закріплений звичайний видовий об'єктив з полем зору 300 і фокусною відстанню 22 см. Фотокамера встановлювалася на горизонтальний круг з ціною поділок 15". На лівій боковій стінці фотокамери була закріплена зорова труба з вертикальним сектором, що дозволяє відраховувати кут нахилу труби в межах $\pm 150^\circ$, і циліндричним рівнем. Для врівноваження значної ваги зорової труби з вертикальним сектором і рівнем на правій стінці була прикріплена противага.



Рис. 1.9. Еме Лосседа.



а)



б)

Рис. 1.10. Перші фотознімки з повітряної кулі:

- а) Париж, Франція, знімок виконано у 1858 р.;
- б) Бостон, США, знімок виконано у 1859 р.

У 1859 р. І. Порро другим у світі провів експериментальне повітряне фотографування з розвідувальною метою під час австро-італійської війни. Однак у зв'язку з його смертю у 1873 р. фототопографічне знімання в Італії не проводилося до 1878 р.

У період 1859–1864 рр. Е. Лосседа провів фототопографічні знімання в різних районах Франції та склав плани, точність яких відповідала польовому топографічному зніманию. Ці зйомки були виконані першим у світі фототеодолітом, ним же і сконструйованим. А у 1860 р. паризький академік Е. Лосседа представив результати своїх перших робіт, і вже у 1861 р. за фотознімками, отриманими з даху Політехнічного училища і церковної дзвіниці, він склав план частини Парижа, якій за точністю відповідав плану, що був отриманий ще у 1839 р. в результаті проведення польових робіт. Після цього, за дорученням військового міністерства, він склав карту м. Гренобль з околицями в масштабі 1: 5000 із перерізом рельєфу горизонтальними через 30 м.

У 1862 р., під час громадянської війни у США, за наказом генерала Мак-Клеллана, з прив'язної кулі із висоти 350 м було сфотографовано м. Річмонд та його околиці. З негатива було виготовлено два відбитки, на які нанесені однакові сітки квадратів з номерами. Один відбиток знаходився у спостерігача, якій був у повітрі на кулі, а другий – у генерала Мак-Клеллана. Про пересування військ супротивника спостерігач передавав телеграфом командувачу, вказуючи номери квадратів.

У 1862 р. К. Гюнтер (Австрія) створив для знімання місцевості фотоапарат з електричним затвором і висловив думку про пристрій повітряної кулі малої місткості для підняття тільки фотоапарата.

У 1863 р. фототопографічне знімання в різних районах Франції виконав капітан М. Жаварі і продемонстрував в Парижі їх результати, що викликали фурор у топографів.

У 1864 р. француз Шевальє створив панорамну фотокамеру – фототопографічний планшет (рис. 1.12), у якій на горизонтально покладений круглий фотоплатівці, в результаті повороту головки об'єктива на 360° навколо вертикальної вісі, виходила кругова панорама місцевос-

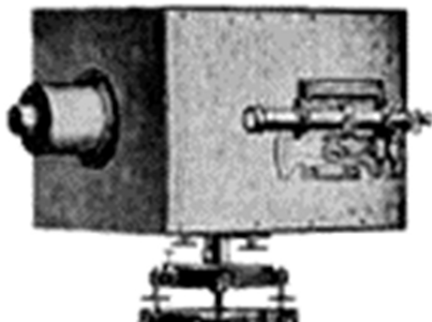


Рис. 1.11. Фототеодоліт Лосседа.

ті. Ця фотокамера деякій період використовувалася у французській армії, але широкого застосування не знайшла.

У 1866 р. професор фізики Грацького університету Е.Мах (Е.Маш), використовуючи розробки Діркса і Пеппера, в стереоскопі Гельмгольца перші дзеркала замінив прозорими. У результаті він розробив нову конструкцію стереоскопа і запропонував принцип «застосування стереоскопії для оцінки або вимірювання тривимірних об'єктів». У цьому ж році австрієць Штейнгейль (Steinheil) виготовив об'єктив «апланат», який мав велике значення для фотографування місцевості і об'єктів, розташованих на ній.

У 1866 р. А. Мейденбауер запропонував свої розробки в галузі фототопографії німецькому військовому міністерству. Але у 1870–1871 рр. під час франко-пруської війни німецька армія намагалася використати фотознімки укріплень м. Страсбурга для планування військових дій, однак зазнали невдачі. Як результат, впродовж півтора десяти років німецьке військове відомство фотограмметрією не цікавилася.

У 1867 р. на Паризькій виставці Е. Лосседа продемонстрував фототеодоліт (рис. 1.11), з яким він працював, і за допомогою якого був складений план Парижа та результати інших фототопографічних робіт. Влітку цього ж року А. Мейденбауер провів фототопографічне знімання м. Фрайбург в масштабі 1: 1000.

У 1873 р. Менделєєв розробив конструкцію диференціального рідинного висотоміра, хоча за кордоном автором цього винаходу називають фінського фізика Вьяйсяля. У цьому ж році німець В. Йордан довів, що скласти план місцевості можна не тільки за фототеодолітними знімками, але й за знімками, які отримані звичайним фотоапаратом, створивши план оазису Дахель і міста Гаер-Дахель в Лівії за фотознімками, які були надані йому фотографом Ремель. Дані плани були використані у 1873–1874 рр. під час проведення експедиції в ці місця.

З 1874 р. в Австрії почали широко використовувати фототопографічне знімання. Якщо у Франції та Італії їх застосували, в першу чергу, в



Рис. 1.12. Фотографічний планшет Шевальє.

топографії, а в Німеччині – в архітектурі, археології і наукових дослідженнях, то в Австрії фототопографічне знімання стали використовувати при дослідженнях залізниць, проектуванні зміцнень гірських схилів, складанні детальних планів лісових ділянок в горах тощо.

У 1877 р. Л. Варнерке (поляк В. Малаховській) сконструював фотокамеру з роликовою касетою (рис. 1.13) – прототип усіх аудіокасет для аерофотокамери. Вудбері (Англія) побудував фотоапарат, де чотири фотопластинки розташовувалися на площинах куба, що обертається по черзі на 90° навколо вертикальної осі, тим самим подаючи фотопластинки для експонування. Крім того, він висловив думку про побудову кулі для підйому тільки фотоапарата.

У 1878 р. у Персії німець Ф. Штольц провів знімання міста Шіраса і руїн стародавнього міста Персеполіса. У цьому ж році в Англії в Кьюській обсерваторії були виконані за фотознімками вимірювання висот і швидкості руху хмар.

У 1878 р. в Італії генерал Ферреро почав пропагувати фототопографію у Військово-географічному інституті. За його дорученням інженер-географ Л. Паганіні виконав експериментальні фототопографічні знімання. Для знімань він використовував фототеодоліт власної конструкції, в якому конструктивно поєднав фотокамеру і теодоліт. У 1878–1880 рр. Військово-географічний інститут провів фототопографічні знімання в Альпах, які показали їх перевагу над геодезичними. У зв'язку з їх успішним проведенням фототопографія була офіційно затверджена для знімань гірських районів. У 1889 і 1896 рр. Л. Паганіні видав дві книги з фототопографії. А у 1897 р., за дорученням італійського уряду, він провів фототопографічні знімання в Еритреї.

У 1879 р. Д. Єзучевській (Росія), якій випередив конструкторів інших країн у створенні фотокамер для географічних і інших наукових досліджень, розробив стереоскопічну фотокамеру. Фотознімання проводили на фотопластинки форматом 8,5х17 см. Для орієнтування

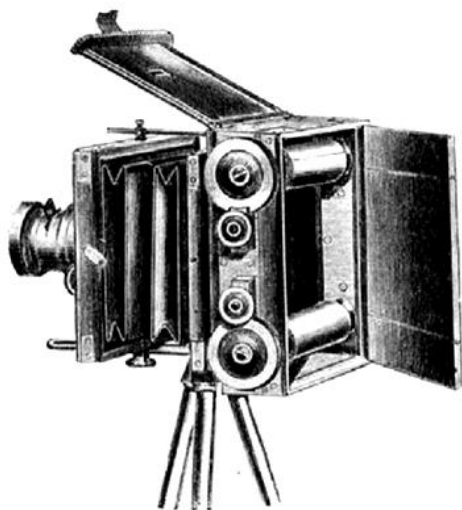


Рис. 1.13. Фотоапарат Варнерке.

фотокамери використовували бусоль. Для розглядання фотознімків був створений стереоскоп. Левицький застосував при фотографуванні електричну дугу як штучне джерело світла.

У 1879 р. архітектор Трибуле (Франція) зробив спробу повторити повітряне фотознімання, зроблене раніше Надаром. Під час вільного польоту на кулі він з висоти 500 м, при підльоті до Парижа зробив знімання на бромисто-срібну фотопластинку, але розпочалася сильна злива, яка призвела до падіння кулі в р. Сіна. При порятунку майна присутні митники, які почали перевіряти, чи немає чогось, недозволеного для ввезення в Париж, та незважаючи на протести Трибуле, розкрили касету, і фотопластинка була засвічена. У 1880 р. П. Демаре з висот 1000 і 1300 м фотокамерою з фокусною відстанню 29 см отримав два фотознімки околиць м. Руана.

У 1881 р. Штейнгейль виготовив перший асиметричний об'єктив антипланат (рис. 1.14). У цьому ж році німецьке морське відомство зробило дослідні фототопографічні знімання морського узбережжя.



Рис. 1.14. Асиметричний об'єктив антипланат.

У 1882 р. С. Юрковскій (Росія) розробив миттевий затвор, якій став прототипом центральних затворів, а у 1883 р. – миттевий затвор, розташований перед фотопластинкою і є прообразом шторнощілинного замка.

Однак його пріоритет був забутий. Конструкцію шторнощілинного замка приписують австрійцю Аншютц і виготовлення його було налагоджено на фірмі Герц-Аншютц. Цим затвором було оснащено більшість фотоапаратів, використаних Німеччиною в Першій світовій війні.

У 1883 р. С. Шедболт (Англія) під час вільного польоту на кулі отримав з висот 500–1000 м п'ять фотознімків на північ від Лондона. На одному з них, отриманому з висоти 650 м, добре було видно залізницю, міст, будинки і сади.

У 1884 р. у Франції та Англії відбулося перші спроби розробити багатокамерні фотоапарати з метою охоплення більшої площі місцевості при фотографуванні з кулі. У Франції архітектор Трибуле сконструював панорамний фотоапарат, якій складався з однієї центральної

фотокамери і шести, прикріплених до неї так, щоб виконати знімання усієї місцевості, розташованої під кулею аж до горизонту. Фокусна відстань фотокамер дорівнювало 20 см, формат кадру 20х25 см. Однак експериментальні знімання були невдалими, і робота над цією конструкцією була припинена. В Англії начальник Військово-повітряного парку майор С. Ельсделем спільно з Темплер побудував панорамний фотоапарат, конструктивно схожий на фотоапарат француза Трибуле.

У 1884 р. в Царській Росії, з огляду на важливість використання повітряних куль у військовій справі та за ініціативи академіка М. Рикачева, якій сам піднімався на повітряній кулі у 1873 р., у Санкт-Петербурзі була організована Повітроплавальна команда, яку очолив поручик (з 1913 р. генерал-лейтенант) А. Кованько (рис. 1.15). Діяльну участь у цьому взяв і Д. Менделєєв, якій 07.08.1887 р. здійснив підйом на повітряній кулі військового відомства з метою спостереження за сонячним затемненням. Він повинен був піднятися з А. Кованько, але з технічних причин піднявся один. Оскільки Д. Менделєєв змушений був керувати польотом, то його наукові спостереження обмежилися спостереженням сонячної корони і фіксуванням температури повітря (рис. 1.16).

Восени 1885 р. начальник гальванічної частини інженерного корпусу М. Боресков був відряджений до Парижа Російським урядом для приймання закуплених військовим відомством прив'язних куль. Будучи прихильником використання повітряного фотографування, він 12 жовтня 1885 р. здійснив політ на кулі разом з французьким фотографом Веддела, якій з висоти 600 м зробив багато знімків. Особливо виділявся знімок фортеці Сент-Вінсент, що представляв її точний план. На отриманому знімку чітко зобразилися рви, ворота, мости, будинки, каплиця і кріпосні споруди. На фотоапараті стояв об'єктив антипланат Штейнгейля з падаючим затвором конструкції Ведделя.



Рис. 1.15. **Кованько Олександр Матвійович**, винахідник та пілот-аеронавт українського походження, начальник Навчальної повітроплавальної школи, і офіцерської повітроплавальної школи, генерал-лейтенант.

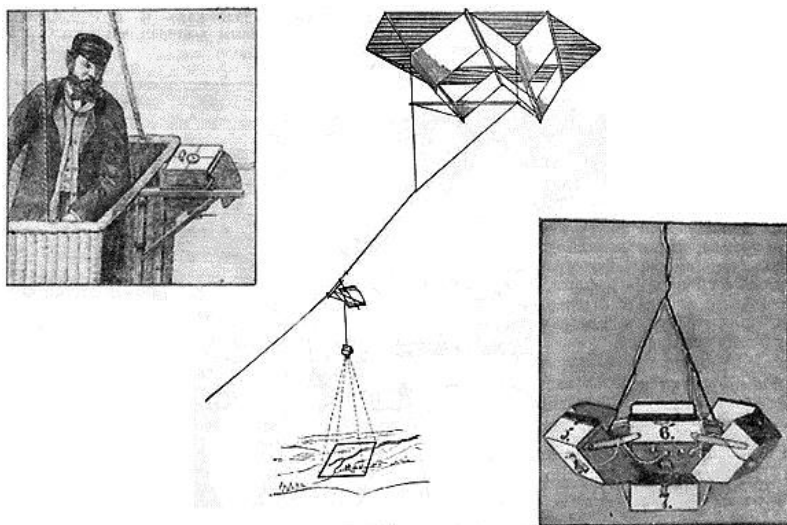


Рис. 1.16. **Перша спеціалізована камера для знімання з повітряної кулі А.М. Кованько.**

У 1885 р. в Німеччині під керівництвом А. Мейденбауера був заснований перший фотограмметричний інститут і організований архів, у якому збиралися фотознімки пам'яток архітектури та отримані за цими фотознімками числові і графічні характеристики цих пам'ятників.

У 1885 р. французький видавець журналу «Природа» Г. Тіссандьє спільно з фотографом Дюком отримав більш якісні, порівняно з попередніми, повітряні фотознімки. Знімання проводили прикріпленою до борту кошика повітряної кулі аматорською складаною фотокамерою із фокусною відстанню у 56 см і форматом кадру 13х18 см. При цьому було отримано п'ять фотознімків Парижа з висот 600–800 м і два фотознімки в департаментах Сени і Марни з висот 1000–1100 м.

Наприкінці 1885 р. директор обсерваторії на Монмарті в Парижі Касі виконав автоматичне фотознімання з невеликої прив'язної кулі, за допомогою якої фотоапарат був піднятий на висоту 40 м. Затвор фотоапарата був спущений за допомогою запаленого гніту, довжина якого була заздалегідь розрахована. Вогонь, пройшовши гніт, перепалив нитку, яка утримувала спуск затвора. Контролем спрацювання затвора служила падаюча донизу смужка паперу. У 1891 р. подібне знімання у Версалі повторив капітан Дебюро, але додав пристрій, що утримував оптичну вісь фотоапарата в заданому напрямку.

Е. Лосседа, будучи протягом 1881–1900 рр. директором Паризької консерваторії мистецтв і ремесел, зібрав колекцію як своїх фотознімків, так і Надара, Демар, Шедболт, Тіссандьє з Дюком, Пікара, Фрібур, Ведделя, Мейер-Гейне. А у 1886 р. він безуспішно намагався переконати директорів геологічної і берегової геодезичної зйомок США в доцільності використання фотознімків для складання карт. Заслугою Е. Лосседа є також те, що він першим у 80-ті роки XIX ст. звернув увагу на розробку теорії побудови планів місцевості за повітряними фотознімками, а у 1890 р. на засіданні Паризької Академії зробив доповідь про свої роботи у цій галузі. Однак у Франції, при наявності великих досягнень у галузі фототопографії, переходу від експериментальних робіт до їх планомірного виробничого використання не відбулося.

У 1886 р. Срезневський створив перший у Росії фотоапарат, спеціально призначений для повітряного фотознімання, який є прототипом вітчизняних і зарубіжних аерофотоапаратів. На землі об'єктив фотоапарата був сфокусований на нескінченність і жорстко закріплений, тобто мав незмінну відстань між об'єктивом і прикладною рамкою. Знімання проводили на фотопластинки формату 24x24 см. В якості касет для кожної фотопластини використовували спеціальні світлонепроникні чохла з прогумованої тканини з білою наклейкою для запису олівцем умов зйомки. Фотоплатівки вводили в фотокамеру і виймали з неї через бічний проріз. На фотоапараті була закріплена бусоль для визначення азимута напрямку знімання. Фотоапарат був розрахований на планове знімання. Для цього була розроблена спеціальна фотоустановка, що кріпиться на стінці кошика кулі з зовнішньої сторони і дозволяє переміщати фотоапарат всередину кошика для перезарядки.

У царській Росії поручик О. Кованько у 1886 р. вперше сфотографував Санкт-Петербург з повітряної кулі аерофотоапаратом конструкції інженера В. Средневського (рис. 1.17). У 1891–1898 рр. метод фототеодолітного використовували російські учені та інженери М. Віллер, Р. Тілліє і П. Шуров для вишукувань залізничних доріг Сибіру та Закавказзя. Академік Б. Галіцин і ад'ютант Ф. Чернишов провели фототеодолітне знімання і склали карту ділянок Нової Землі площею 300 кв. верст. З 1897 р. фотографуванням з повітряної кулі, прив'язаної до верстату, займалися засновники фотограмметрії в царській Росії Д. Біляєв, І. Козлов, Л. Зверінцев, В. Найдьонов і С. Ульянов.

У 1887 р. французький фотограф Артур Батут розробив і виконав фотозйомку за допомогою повітряного зм'я. Серед різних способів ведення аерофотознімань є і досить екзотичні.



Рис. 1.17. Повітряний знімок, отриманий А.М. Кованько, 18 травня 1886 р. (м. С.Петербург, палацова площа та о. Василівський).

У 1887–1888 рр. Коппе створив фототеодоліт, на прикладній рамці якого він вперше у світі встановив координатні мітки (рис. 1.18). Після цього їх почали встановлювати на усіх топографічних фотокамерах. Щоправда, в літературі того часу ці мітки називали не координатними, а закріплюючими на фотознімку положення головних горизонталі і вертикалі.

У 1889 р. фотограф варшавського університету К. Брандль винайшов фотоапарат револьверного типу, що працює на негативному фотопапері. Повітряна розвідка Австрії та Німеччини на початку Першої світової війни використовувала фотоапарати подібного типу. Француз Р. Моессар створив панорамну фотокамеру, названу ним циліндрограф (рис. 1.19), тому що фотоплівка в ньому розташовувалася на поверхні циліндра. Об'єктив був встановлений на осі циліндра, і його поворотом навколо цієї осі будувався кадр.



Рис. 1.18. Прикладна рамка з координатними мітками.



Рис. 1.19. Циліндрограф Моессара.

У Москві на ювілейній фотографічній виставці землемір Морібель виставив фототопографічний апарат власної конструкції без геодезичних пристосувань, крім рівня і бусолі, але результатів практичного його застосування продемонстровано не було. Н. Козловський (Росія) розробив фотокамеру для кольорового знімання і взяв на неї охоронне свідоцтво (у 1895 р. з'явилася фотокамера француза Наше, аналогічна фотокамері Козловського).

Наприкінці 80-х рр. XIX століття Е. Лосседа побудував перший прилад (фототрансформатор) для перетворення похилого фотознімка в горизонтальний, де замість об'єктива поставив тонку металеву пластинку з невеликим отвором-проколом, що забезпечувало отримання різкого зображення трансформованого знімка.

У 1890 р. фірма «Карл Цейс» виготовила об'єктив анастигмат, розрахований Рудольфом, якій забезпечив побудову зображення в центральній проекції з високою точністю. У той час це був найбільш досконалий об'єктив. Об'єктив анастигмат Цейсса віденська фірма Лехнер використовувала при створенні фототеодоліта Полак (рис. 1.20), якій мав алюмінієвий корпус, фокусну відстань 212 мм і формат кадру 18x24 см. Об'єктив з відносним отвором 1:18 переміщався вгору-вниз для знімання верхніх і нижніх частин гірських схилів. У нашій країні цей фототеодоліт використовував Тіле при вишукуваннях залізниць. У своєму три томнику, виданому в 1907–1909 рр., він відзначив його точність і зручність у роботі. При цьому зазначалося, що фототеодоліт Полак знаходиться в геодезичному музеї Костянтинівського межового інституту

(нині Московський державний університет геодезії і картографії). Зараз фототеодоліт Полак знаходиться на кафедрі фотограмметрії університету, але, на жаль, без об'єктива і теодоліта.

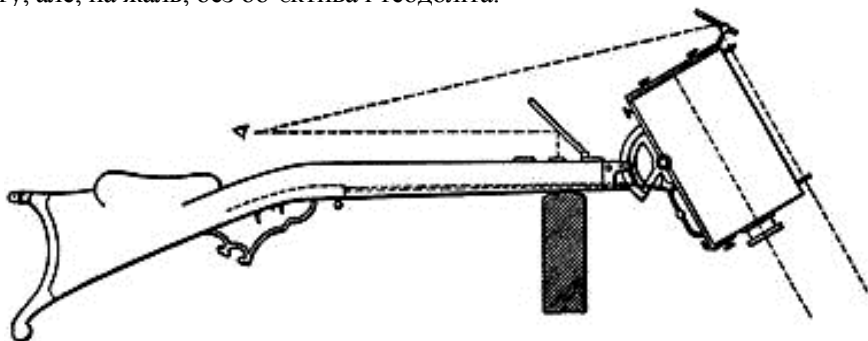


Рис. 1.20. **Фоторушниця.**

У 1890 р. Паганіні розробив конструкцію фототеодоліта, у якого з боку прикладної рамки фотокамери кріпився окулярний пристрій, у результаті чого об'єктив фотокамери ставав об'єктивом зорової труби. Така конструкція фототеодоліта мала перевагу за вагою і компактністю, але вимагала юстувань та перевірок стану оптичної вісі теодоліта.

У 1890 р. в Пруському повітроплавному відділенні пройшли випробування фоторушниці (рис. 1.21), призначеної для фотознімання з повітряної кулі під певним кутом нахилу.

Фотоапарат, прикріплений до рушничного приклада, мав градусну шкалу і ухил. При натисканні курка відбувався спуск затвора, а схил спеціальною планкою притискався до шкали, вказуючи кут нахилу знімка. Ця конструкція була вдосконалена в 1900 р. К. Басусом. Фотоапарат можна було повернути у вертикальній площині щодо прикладу і встановити за шкалою заданий кут. Щоб цей кут витримати при зніманні відносно горизонтальної площини, оператор через систему дзеркал спостерігав за бульбашкою круглого рівня. У той момент, коли він встановлювався в центрі рівня, оператор натискав курок. С. Фінстервальдер провів випробування цього фотоапарата і у 1905 р. опублікував їх результати.

У 1891 р. Ж. Андертон (Англія) запропонував використовувати поляризаційні світлофільтри для розглядання стереозображень. У фотограмметрії цей спосіб не знайшов широкого застосування.

У 1892 р. Ф. Штольц (Німеччина) запропонував для стереоскопічних вимірювань спосіб переміщення марки, названий в подальшому способом уявної марки. Цей спосіб використовували в більшості сте-

реофотограмметричних приладів і в цифрових фотограмметричних системах, створених на базі комп'ютера. У цьому ж році в Німеччині та Англії були створені телеоб'єктиви, що дозволили виконувати великомасштабне знімання з повітряних куль.

В. Легро в передмові до свого твору «Елементи фотограмметрії», виданому у 1892 р, пише про дивну байдужість французів до подальшої долі власного винаходу: «Найкраще з відповідних потреб військової практики, так блискуче відкрите полковником Е. Лосседа майже одночасно з самим відкриттям фотографії, впало у нас в таку безпорадність, що ніхто в нашій батьківщині не відчував навіть потреби в тому, щоб дати йому ім'я, і німецький вчений повинен був стати хрещеним батьком покинутої дитини». Під словами «німецький вчений» Легро мав на увазі А. Мейденбауера.

У 1894 р. фотограф І. Яновскій розробив фотоапарат для знімання рухомих предметів на фотопластинку, на якій рух фіксувався у вигляді окремих фаз.

У 1896 р. С. Ульяновін сконструював вітрильний візок з рекогносцирувальним фотоапаратом (рис. 1.22). Парусний візок призначався для підйому фотоапарата вгору по канату запущеного повітряного змія і складався з легкої бамбукової рами з вітрилом, підвішеної на роликах до канату. На рамі кріпився фотоапарат складаної конструкції з об'єктивом подвійний анастигмат «Суттер» і фокусною відстанню 27 см. Знімання проводили на фотопластинки форматом 18x24 см. Головна оптична вісь фотоапарата займала приблизно горизонтальне положення і дотикалася фотопластинки не в центрі, а зі зміщенням по висоті на 3 см з метою збільшення захоплення земної поверхні. Перед підйомом фотоапарат по лімбу орієнтувався на візку так, щоб його оптична вісь зайняла заданий напрям. Силою вітру, швидкість якого повинна бути 4–10 м/с, завдяки невеликому вітрилу, візок піднімався по канату.

На візку були також встановлені анероїд і електробатарея. На шкалі анероїда на розподілі, відповідній висоті, з якої повинно бути проведене знімання, ставили штифт. При досягненні візком цієї висоти стрілка анероїда доторкалася штифта і замикала контакт. У результаті спрацьовував затвор фотоапарата, парус скручувався і візок під власною вагою спускався вниз, де він зупинявся за допомогою гальма. На кожен знімок витрачалося від 2 до 8 хвилин. Якщо не спрацьовувала система спуску затвора, то на линві була муфта в 50 м від змія. Коли візок в неї впирався, спрацьовував затвор і починався спуск візка. Для запуску зміїв використовували спеціальну двоколку з лебідкою. Охоронні свідоцтва на повітряний складаний змій

і вітрильний візок С. Ульянін отримав в 1910 р. Для виробництва фотолабораторних робіт в польових умовах С. Ульянін розробив пересувну портативну фотолабораторію на двоколлі, яка була першою у світі.



Рис. 1.21. Фототеодоліт Полак.



Рис. 1.22. Парусний візок Ульяніна.

У Царській Росії наприкінці 90-х рр. XIX ст. серед фотографів-аматорів став поширюватися своєрідний вид спорту – фотографування з висоти пташиного польоту, для чого використовували повітряні змії, що відрізнялися простотою і дешевизною їх виготовлення. Найбільш широке застосування отримали змії коробчастої форми конструкції поручика С. Ульяніна. Вони були визнані в Росії кращими і широко застосовувалися в армії, тому що володіли найбільшою підйомною силою і стійкістю.

Якісні знімки отримав С. Неждановскій, якій виконав у 1899 р. зйомки в Москві зі зміїв власної та зарубіжної конструкції (див. рис. 1.23).

На початку XX ст. німецький аптекар Юліус Нойброннер запатентував свій «Спосіб і засоби для фотографування пейзажів зверху» за допомогою поштових голубів (рис. 1.24). Цей спосіб мав успіх і завоював нагороди на міжнародних виставках у Дрездені, Франкфурті та Парижі у 1909–1911 рр. Голубине фотознімання використовували і під час Першої світової війни для ведення повітряної розвідки. Воно стало прообразом сучасних «живих камер», які фіксують на диких і домашніх тваринах.

Піонер аерофототопографії та інженерної фотограмметрії в Царській Росії Р. Тулі у 1898 р. винайшов панорамограф, що використовувався з повітряної кулі, та був нагороджений золотою Костянтинівською медаллю Російського географічного товариства. А у 1901 р. співробітник фірми «Карл Цейс» фізик Карл Пульфріх сконструював стереофотограмметричний прилад – стереокомпаратор, принципова схема якого збереглася і донині. У 1908 р. фірма «Карл Цейс» створила стереоавтограф для опрацювання фототеодолітних фотознімків.

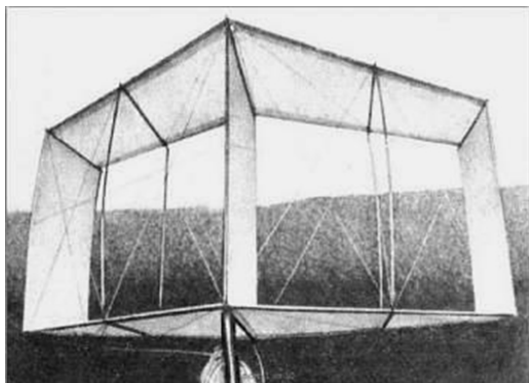


Рис. 1.23. Планер-змій
С.С.Неждановского.



Рис. 1.24. Голуб з камерою
для аерофотознімання.

Перше використання кінокамери, вмонтованої в літальний апарат, важчий за повітря, відбулося 24 квітня 1909 р. над Римом, під час знімання короткометражного (3 хв. 28 с) німого кіноролика «Уілбур Райт та його літак» (нім. Wilbur Wright und seine Flugmaschine).

Перша напіваавтоматична камера, спеціально призначена для аерофотознімання, була розроблена російським військовим інженером, полковником В. Потте у 1911 р.

З появою авіації перше повітряне аерофотознімання для військових цілей було виконано під час Першої світової війни при облозі міста Перемишля. Перше аерофотознімання з літака в Царській Росії було виконано у 1910 р. льотчиком В. Гельгардтом, а у 1913 р. російський конструктор В. Потте створив аерофотоапарат, який застосовували до 1930 р. (рис. 1.25).

У Першу світову війну аерофотознімання для військових цілей практикували багато льотчиків; у їх числі був легендарний американець Фред Зінн. Однією з перших відомих битв, під час якої проводилось аерофотознімання, була битва при Нев-Шапель (1915 р.).

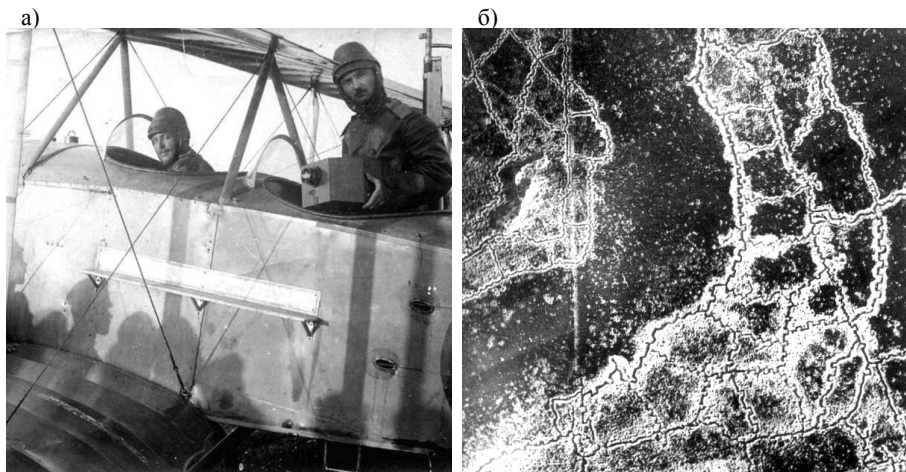


Рис. 1.25. **Перші фотознімання з літака:** а) льотчик-спостерігач тримає в руках аерофотоапарат Потте; б) аерофотознімок лінії фронту 1915 р. (справа позиції німецьких військ).

Для ведення стратегічної повітряної розвідки у роки Першої світової війни в Німеччині було створено спеціальний авіаційний підрозділ, відомий як «група Ровель» (нім. Kommando Rowehl). Група мала на озброєнні флот висотних бомбардувальників (Do 215 В-2, He 111, Ju 88, Ju 86 Р), модифікованих для ведення аерофотознімань. Напередодні вторгнення в СРСР у 1941 р., літаючи на висотах, недосяжних для винищувачів ВПС РСЧА, група виконала великий обсяг фотознімання стратегічних об'єктів у західній частині СРСР (рис. 1.26), включаючи військові аеродроми. Знімки дозволили спланувати і здійснити масовані нальоти на бази радянських ВПС, що практично нейтралізувало їх на початковому етапі Другої світової війни.

За кордоном для вдосконалення знімання з повітря та їх процесів і процесів створення за аерофотознімками планів та карт з 1918 до 1923 р. були побудовані спеціалізовані літаки, створені аерофотоапарати повної автоматичної дії, сконструйовані фототрансформатори автоматичної та напівавтоматичної дії.

У 1922 р. фірма «Карл Цейс» створила першу модель стереопланіграфа, за допомогою якого за знімками, використовуючи принцип стереоскопічного зору, стало можливим складання плану з горизонталями. Прилади такого типу були названі «універсальними» стереофотограмметричними приладами, а спосіб створення планів за допомогою цих приладів – універсальним способом.



Рис. 1.26. Залізнична станція Ржев-2 на аерофотознімках, зроблених Люфтваффе у 1941 р.

15 травня 1919 р. згідно з декретом, якій підписав В.І. Ленін, у Росії була створена геодезична служба під керівництвом Вищого геодезичного управління. Оскільки за допомогою звичайного топографічного знімання не можна було забезпечити точними картами потреби зростаючого народного господарства, почали пошуки новітніх методів виробництва топографо-геодезичних робіт. До таких методів відносили аерофотознімання території.

Цивільне аерофотознімання в СРСР почало розвиватися з 1924 р., коли М. Бонч-Бруєвич організував Державне технічне бюро «Аерознімання» (рис. 1.27). Вже у 1925 р. бюро виконало першу дослідну роботу, яка дозволила Н. Алексапольському розробити комбінований метод знімання.

В Україні з 1925 р. систематично виконували аерофотознімання для потреб народного господарства аерофотознімальними підрозділами при добровільних товариствах повітряного флоту «Доброльот» і «Укрповітрошлях». Цими роботами керували і використовували для топографічних цілей радянські спеціалісти професори: М. Бонч-Бруєвич, М. Алексопольський, В. Цвет-Колядінський, П. Соколов, Д. Сольський та ін.

В СРСР у 1926 р. під керівництвом В.Ф. Дейнеко вперше було виконане виробниче аерофотознімання та виготовлені фотоплани міста (Чебоксари). Згодом аналогічну роботу виконав Н. Веселовський (м. Краснококшайск).



Рис. 1.27. Організація повітряного транспорту для потреб народного господарства «Аерофотознімання».

У 1927 р. бюро «Аерознімання» під керівництвом В.Ф. Дейнеко виготовило фотоплани Ферганської долини в масштабі 1:10000 для потреб сільського господарства. Цій роботі сприяло впровадження аерофотогеодезичних методів створення планів для потреб землеустрою.

У СРСР комбінований метод поширено застосовували у 1930–1935 рр. для картографування рівнинних і бугристих регіонів в масштабі 1:25000. Як найбільш виробничий, цей метод поступово витіснив мензульне знімання, яке до 1924 р. було основним методом топографічного знімання.

У 1931 р. в системі Наркомзему РРФСР створено «Сільгоспаерознімання», на яке покладали виконання аерофотогеодезичних робіт для землеустрою колгоспів та радгоспів. А у 1970 р. воно перетворено у Всерадянський інститут сільськогосподарських аерофотогеодезичних вишукувань (ВІСГАГВ МСГ СРСР), який, маючи досвідчені кадри та налагоджене виробництво, виготовляв сільськогосподарські плани та карти на всю територію радянського союзу.

Період 1930–1940 рр. характеризувався значними досягненнями в галузі теорії та практики виконання аерофотогеодезичних робіт диференційним методом, який дозволив у камеральних умовах виконувати, за знімками рівнинних і бугристих районів, знімання не лише контурів, а й рельєфу місцевості. Даний метод був розроблений М. Коншиним, Г. Романовським, Г. Жуковим та ін. У цей період вийшли великі теоретичні роботи Н. Келля та Н. Урмаєва. У зв'язку з цим комбінований метод став втрачати своє первісне значення й ви-

користується тепер лише у закритих або рівнинних місцях для картографування великих масштабів.

Професор Ф. Дробишев у 1936 р. створив топографічний стереометр (рис. 1.28), а професор М. Коншин розробив технологію і методику виконання диференційного методу стереотопографічного знімання. Ці стереоприлади дають змогу опрацьовувати знімки з перетворенням зв'язків проєктуючих променів, що дозволило у 50-х р. XX ст. завершити картографування усієї території СРСР в масштабі 1:100000.



Рис. 1.28. Топографічний стереометр Дробишева (СТД).

У післявоєнні роки значний внесок у розвиток аналітичних методів опрацювання аерофотознімків зробили: член-кор. АН СРСР Н. Кель, професор М. Коншин, Г. Романовський, А. Скірідов, Ф. Дробишев, М. Урмаєв, а також О. Лобанов, П. Лисенко, І. Антипов, В. Фінковський та ін. Під керівництвом М. Русинова створені короткофокусні аерофотооб'єктиви, і на їх основі – високоякісні досконалі аерофотоапарати. Вони отримали відомість і поширення в усьому світі. За значні досягнення у галузі аерофотознімання й фотограмметрії М. Русинову, Ф. Дробишеву, Г. Романовському та іншим було присуджено Державну премію СРСР.

Перша фотографія Землі з космосу (рис. 1.29) була отримана 24 жовтня 1946 р. із запущеної з полігону White Sands Missile Range (Нью-Мексика, США) балістичної ракети «V-2», яка вийшла на суборбітальну траєкторію з апогеєм 105 км. Зробивши серію знімків Землі, вона впала на землю зі швидкістю 150 м/с, при цьому камера була повністю розбита, але сама плівка в сталевий касеті збереглася недоторканою. Знімання проводили 35-мм кінокамерою на чорно-білу кіноплівку з інтервалом кадру в 1,5 с.



Рис. 1.29. Результат монтування кадрів, зроблених з ракети V-2 24 жовтня 1946 р.

Перша супутникова фотографія Землі була зроблена 14 серпня 1959 р. американським супутником Explorer-6, а перші фотографії Місяця – радянським супутником «Луна-3» 6 жовтня 1959 р. під час виконання фотографування зворотного боку Місяця. Ручне кінознімання Землі з космосу (рис. 1.30) 35-мм кінокамерою вперше виконав радянський космонавт Герман Степанович Тітов з космічного літального апарата «Восток-2» 6 серпня 1961 р.

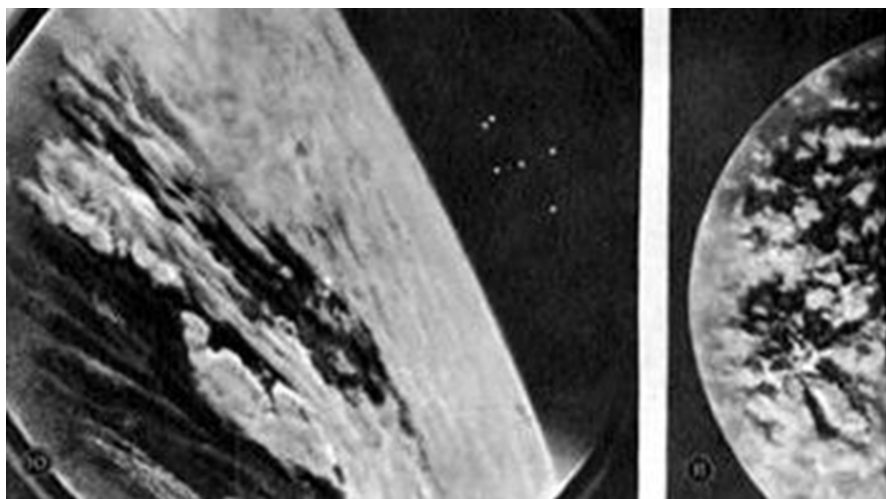


Рис. 1.30. Вид на поверхню Землі з орбіти космічного корабля «Восток-2» (фото Тітова Г.С.).

Нині розробляють і впроваджують прилади та аналітичні методи із застосуванням ЕОМ, а також часто використовують результати космічного фотографування. Програми аналітичних фототріангуляцій та інших робіт, які були складені під керівництвом професорів А. Лобанова та І. Антипова, й досі використовують у виробництві.

В Україні створено Київську школу фотограмметристів під керівництвом В.М. Сердюкова, Львівську – під керівництвом В.Я. Фінковського, Донецьку – під керівництвом С.Г. Могильного, які успішно розв’язують значну кількість завдань для потреб галузей економіки, науки, а також здійснюють підготовку молодих спеціалістів. Таким чином, у розвитку аерофотогеодезії та фотограмметрії в Україні можна виокремити наступні чотири періоди:

I – 1919–1929 рр. – організація фотограмметричних підприємств і підготовка кадрів, а також розробка комбінованого методу фототопографічного знімання та проведення перших робіт із картографування цим методом.

II – 1930–1945 рр. – широке використання комбінованого методу для картографування території нашої держави, а також для розробки диференціального методу, що забезпечив значне скорочення польових робіт. У цей період був створений Центральний науково-дослідний інститут геодезії, аерофотознімання і картографії (ЦНДІГАіК).

III – пов’язаний з післявоєнним відновленням та розвитком господарства країни. Успішному розв’язанню проблеми картографування сприяли теоретичні дослідження, створення та впровадження у виробництво ряду нових фотограмметричних приладів, які мали назву «універсальні», або «аналогові».

У цей час розробляли і застосовували на виробництві аналітичні методи фотограмметрії, які ґрунтувалися на використанні стереокомпаратора та комп’ютера. Для потреб землеустрою та обліку земель був створений Всерадянський інститут сільськогосподарських аерофотогеодезичних вишукувань (ВІСХАГВ), філія якого знаходилася у м. Бровари під Києвом.

Подальший розвиток фотограмметрії пов’язаний з іменами видатних теоретиків і практиків усього світу (до Другої світової війни це переважно вчені Європи). Тепер у розвитку фотограмметрії та дистанційного зондування беруть участь фахівці з усіх континентів. Членами міжнародної організації ISPRS є понад 100 країн, а Україна є її членом з 1992 року.

IV – у незалежній державі створено Українське товариство фотограмметрії та дистанційного зондування (1994 р.), а його президентом обрано професора О.Л. Дорожинського.

На сучасний стан розвитку фотограмметрії великий вплив має комп'ютеризація. Якщо фотознімки за точністю та інформативністю поки що є неперевершеним джерелом інформації порівняно з іншими сенсорами, то опрацювання зображень (зокрема, фотозображень) виконується на високопродуктивних комп'ютерах (засобами цифрової фотограмметрії). Ця нова гілка фотограмметричної технології витіснила методи аналогової фотограмметрії, оскільки вона дешевша, ефективніша і досконаліша.

Можливості цифрової фотограмметрії зростають, що зумовлене створенням потужних пакетів програм та новими можливостями комп'ютерної техніки (швидкодія, об'єм оперативної та зовнішньої пам'яті, роздільність моніторів тощо), а також підвищенням якості знімальних і сканувальних систем (рис. 1.31).

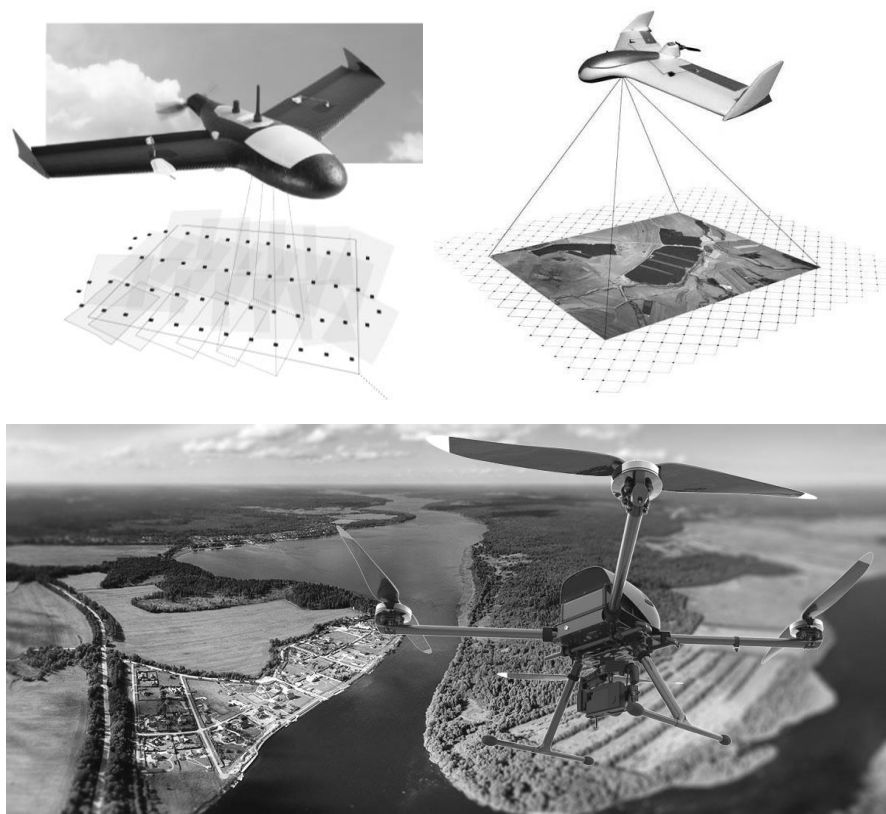


Рис. 1.31. Сучасні технології у фотограмметрії.

Аналітичні методи фотограмметрії стали основою для розробки та впровадження у виробництво цифрових методів фотограмметрії, у т.ч. з використанням малих літальних апаратів для великомасштабного дослідження.

Таким чином, IV період розвитку фотограмметрії і дистанційного зондування присвячений цифровим методам і технологіям. Останніми роками в Україні і світі інтенсивно розробляли програмне забезпечення, серед якого слід відзначити й спеціалізовані фотограмметричні пакети. Все це привело до того, що традиційні технології складання карт за знімками стали витіснятися, а на їх заміну приходять сучасні – цифрові.

1.4. ГАЛУЗІ ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОГРАММЕТРІЇ В ТЕПЕРІШНІХ УМОВАХ НАШОЇ ДЕРЖАВИ

Економічні проблеми, з якими зіткнулася Україна в минулому десятилітті, суттєво вплинули на практичне застосування методів фотограмметрії. У наш час, використовуючи останні досягнення інформаційних технологій, вдосконалюючи програмне забезпечення, орієнтуючись на кращі аналоги передових закордонних фірм, українські фірми-виробники фотограмметричних систем поклали початок нового напрямку в приладобудуванні країни – виробництву цифрових фотограмметричних приладів, які забезпечують повний цикл створення цифрових карт, що дозволило представляти продукцію на світовому ринку. Тому тепер, коли технічні й технологічні можливості зросли, необхідно повністю переорієнтуватися на геоінформаційні технології і цифрову фотограмметрію для створення картографічної продукції.

Відповідно до Указу Президента України «Про поліпшення картографічного забезпечення державних та інших потреб в Україні» (575/2001) та Розпорядження Кабінету Міністрів України «Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2014–2018 роки» (2354-2010-р) визначаються основні цілі, завдання і пріоритети державної картографічної служби з реалізації державної політики у сфері топографо-геодезичної діяльності та національного картографування щодо удосконалення системи забезпечення потреб держави і суспільства в геопросторовій інформації та картографічній продукції, налагодження системного оновлення топографічної інформації.

Одним із основних завдань, покладених на картографо-геодезичну службу України, є провадження робіт з оновлення топографічних карт з використанням цифрових технологій (рис. 1.32).



Рис. 1.32. Інформаційні технології у фотограмметрії.

Потрібно відзначити, що в Україні не занедбана фотограмметрична освіта (Львів, Київ, Донецьк), вона поширюється й міцніє в багатьох регіонах. Наші фахівці розвивають і публікують наукові дослідження, захищають дисертації, виступають на найвідоміших форумах світового рівня. Особливо приємним розвиток фотограмметричного приладобудування, що здійснює енергійна фірма «Геосистема» у Вінниці. Нині в Україні є висококваліфіковані спеціалісти, власні фотограмметричні сканери та станції, великий досвід практичної діяльності.

Тепер, коли технічні й технологічні можливості зросли, необхідно повністю переорієнтувати виробництво на геоінформаційні технології та цифрову фотограмметрію, а також допомогти спеціалістам інших напрямів створити ринок землі та нерухомості.

Основним застосуванням фотограмметрії вважається створення топографічних карт за фотознімками, знятими спеціальними фотокамерами. Фотоапарати, що знімають зображення з наземних пунктів, називають фототеодолітами, а знімання – фототеодолітним. Фотокамери, задіяні в знімальному процесі з літаків, вертольотів, безпілотних літальних апаратів називаються просто аерофотоапаратами, а процес знімання – аерофотозніманням.

У фотограмметрії використовують усі сучасні засоби знімань, включаючи професійні цифрові фотокамери, телевізійні знімальні системи, сканерні лазерні установки, радіолокаційні системи та ін.

Сутність фотограмметричного способу знімання, застосовуваного в геодезії, зводиться до безпосереднього фотографування камерою фототеодоліта місцевості і геодезичних вимірів для просторового орієнтування знімальних пунктів геодезичного обґрунтування.

Фотограмметрична камеральна обробка полягає у вимірах знімків на спеціальних оптико-механічних приладах (стереокомпараторах), що дозволяє отримати планове і висотне (просторове) положення об'єктів на знімках, спостерігати їх у чотириwymірній системі координат зі зміною в часі й подальшим складанням топографічних планів і карт.

Інший аспект фотограмметрично-геоінформаційної сфери полягає у розвитку наших міст та в управлінні міським господарством. Просторове моделювання на базі аерокосмічного знімання дозволить фахівцям приймати в короткі терміни оптимальні управлінські рішення. Також важливою сферою застосування компонентів аерокосмічної фотограмметрії є дистанційний моніторинг екологічної ситуації та безпеки життєдіяльності в окремих регіонах чи районах. Згадаймо повені Закарпаття, зсувні процеси у багатьох наших регіонах (Крим, Дніпропетровщина, Чернівці, Закарпаття), різні за розмірами техногенні процеси (Донбас, Кривий Ріг, Львівщина тощо), які об'єктивно відстежуються аерокосмічним зніманням і фотограмметриєю.

Не можна оминати сферу використання фотограмметрії для архівації пам'яток культурної спадщини (архітектура, археологія), де методи фотограмметричного знімання разом з ГІС-технологіями та просторовим моделюванням створюють нові можливості для проектних робіт та наукових пошуків.

Енергозабезпечення потребує постійного контролю за станом нафто- та газопроводів, ліній електропередач, різного типу електро- чи компресорних станцій, розподільчих вузлів. Такі лінійні споруди як залізниці чи автомобільні шляхи з мостовими переходами, безліччю будівель теж вимагають об'єктивного обстеження. У цій сфері народного господарства повинен діяти інженерно-фотограмметричний моніторинг.

Технології фотограмметричного оброблення матеріалів знімання розвивали і удосконалювали протягом століття, і на сьогодні цей процес не зупиняється. Найбільш сучасною технологією є аналітичне та цифрове оброблення.

Незважаючи на бурхливий розвиток цифрової фотограмметрії і активне впровадження цифрових фотограмметричних станцій, продовжує залишатися актуальною і традиційна аналітична фотограмметрія.

Фотограмметричне оброблення матеріалів знімання за аналітичною технологією побудоване на використанні високоточних аналітичних стереоприладів і систем, засобів обчислювальної техніки та про-

грамного забезпечення. До числа завдань, що вирішуються за допомогою аналітичної технології, належать:

- стереофотограмметричне оброблення знімків;
- побудова і зрівнювання маршрутної і блочної фототріангуляції;
- вимірювання знімків і подальша побудова цифрової моделі місцевості;
- цифрове складання карт з кодуванням ознак і контролем при зборі даних;
- високоточне вимірювання координат точок;
- збір даних для отримання ортофотознімків та ін.

У 2011 р. було завершено суцільне аерофотознімання території нашої держави (на рис. 1.33 представлено фрагмент такого фотографування). Україна вперше отримала можливість вести повний облік своїх земель. Це базовий матеріал для їх інвентаризації, проведення зонування, встановлення меж населених пунктів тощо. Цією інформацією користуються такі галузі як земельний кадастр, землеустрій, водне господарство, лісове, екологи тощо.



Рис. 1.33. Фотознімок з матеріалів суцільної аерофотозйомки території України.

Таким чином, перед фотограмметристами та землевпорядниками, картографами та топографами, а також геодезистами стоять важливі завдання. Будемо сподіватись, що у найближчі роки їх праця не тільки буде потрібна не лише в державі, але й принесе реальну користь у загальному науковому, економічному й культурному поступі.

В останні роки фотограмметрія знайшла своє місце в сучасній кіноіндустрії, об'ємне зображення фільмів у 3D-технологіях отримало популярність серед молоді. Головний метод мультиплікації завжди заворожував своїми кінцевими результатами у вигляді популярних мультиплікаційних фільмів.

Особливо слід відзначити застосування технологічного процесу фотограмметрії в розробці сучасних комп'ютерних ігор. Він полягає в покровоному якісному фотоскануванні й отриманні за допомогою спеціальних програм об'ємної геометрії від численних фотозображень із різних ракурсів.



Рекомендовано прочитати:

1. Дорожжінський О.Л., Тукай Р. *Фотограмметрія: підручник*. Львів: НУ «Львівська політехніка», 2008. 332 с.: стор. 7-24 та 18-24 (укр.).
2. *Про топографо-геодезичну і картографічну діяльність: Закон України від 23.12.1998 № 353-XIV [зі змінами]*.
3. Кордуба Ю.Г., Смірнов Є.І. *Фотограмметрія: навчальний посібник*. К.: МАПУ, 2007. 256 с.: стор.6-14 (укр.).
4. Корнилов Ю.Н. *Фотограмметрия: конспект лекцій*. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный горный институт им. Г.В. Плеханова, 2006. 172 с: стр. 5-13 (рос.).
5. Краснопевцев Б.В. *Основные события в истории фотограмметрии в XIX и XX веках*. URL: <http://bvkras.narod.ru/HistoryFGM/HistoryFGM1.htm>
6. Купріянич І.П., Бутенко Є.В. *Фотограмметрія та дистанційне зондування: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл.* К.: МВЦ «Медінформ», 2013. 392 с.: стор. 9-13, 219-221 (укр.).
7. Мурашев С.А., Гебгарт Я.И., Кислицын А.С. *Аэрофотогеодезия: учеб.* М.: Недра, 1985. 287 с.: ил. 1985: стор.4-8 (рос.).
8. Назаров А.С. *Фотограмметрия: учеб. пособие для студентов вузов* Мн.: ТетраСистемс, 2006. 368 с. ил.: стор. 3-15 (рос.).
9. *Про схвалення Концепції Державної цільової науково-технічної програми розвитку топографо-геодезичної діяльності та національного картографування на 2014-2018 роки: Розпорядження Кабінету Міністрів України: Концепція від 29.12.2010 № 2354-р.*
10. *Про поліпшення картографічного забезпечення державних та інших потреб в Україні: Указ Президента України від 01.08.2001 № 575/2001.*

11. Фельдман М.Й., Фостиков А.О. Фотограмметрия: учеб. для техникумов. М.: Недра, 1993. 510 с.: ил.: стр. 4-8, 478-481 (рос.).

12. Фельдман М.Й., Фостіков А.О. Фотограмметрія: підруч. Київ, 1998, 316 с.: стор. 4-7, 287-288 (укр.).



Питання для самоперевірки:

1. Яке призначення «Фотограмметрії» як дисципліни?
2. Які ви знаєте особливості фотограмметрії?
3. У чому основні переваги фотограмметрії перед іншими видами топографічних знімаль?
4. У чому різниця між контурним і наземним фототопографічним зніманням?
5. У чому особливість стереотопографічного знімання?
6. Які дисципліни забезпечують вивчення предмета «Фотограмметрія»?
7. У якому році винайдено фотографію?
8. У якому році вперше було виконано повітряне фотографування?
9. У якому році вперше було застосовано фотографію для складання плану вулиць Парижу (Франція) та Бостону (США).
10. У якому році сконструйовано перший фотоапарат – праобраз фототеодоліта?
11. З якого року почали систематично використовувати аерофотознімки для потреб народного господарства аерофотознімальними підрозділами?
12. Коли вперше сконструювали стереофотограмметричний прилад?
13. У якому році був створений топографічний стереометр?
14. Які перспективи розвитку фотограмметрії як науки?
15. Скільки етапів розвитку фотограмметрії можна виділити?
16. У яких сферах застосовується фотограмметрія сьогодні?



Індивідуальні завдання (задачі):

1. Основні завдання, методи, принципи і функції фотограмметрії.
2. Історія виникнення та створення фотографії.
3. Історія виникнення та створення фотоапаратів.
4. Історичні аспекти виникнення фотограмметричного методу створення планів і карт.
5. Перспективи розвитку фотограмметричного методу опрацювання фотозображення.
6. Історичні аспекти розвитку фотограмметрії в Україні.
7. Історія розвитку фотограмметрії у Росії.
8. Історія розвитку фотограмметрії в інших країнах.
9. Теми за ініціативи студентів.

ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА	3
Розділ 1. ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ТА ІСТОРИЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ ФОТОГРАМЕТРІЇ.....	5
1.1. Поняття про дисципліну «Фотограмметрія»	5
1.2. Роль вітчизняних і зарубіжних вчених у розвитку науки фотограмметрія, її зв'язок із землепорядкуванням та перспективи розвитку	10
1.3. Короткий огляд розвитку фотограмметрії	13
1.4. Галузі застосування фотограмметрії в теперішніх умовах нашої держави.....	37
Розділ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФОТОГРАМЕТРІЇ	43
2.1. Основні відомості про фотографію.....	43
2.1.1. Фотометрія	43
2.1.2. Фотоапарати, їх типи і будова.....	45
2.1.3. Основні характеристики об'єктива та масштаб зображення	49
2.1.4. Світлочутливі матеріали та їх основні характеристики...54	
2.1.5. Процеси у фотографії: знімальний, негативний, позитивний	57
2.1.6. Репродукування та виготовлення світлокопій. Ціанотипія	62
2.1.7. Поняття про кольорову фотографію та аерофотознімання. Панорамна фотографія	64
2.1.8. Спектрозональне аерофотознімання	70
2.2. Основні відомості про лінійну перспективу	75
2.2.1. Види перспектив.....	75
2.2.2. Основні елементи центральної проєкції, побудова перспектив.....	80
2.2.3. Теорема Шаля. Епюри	84
2.2.4. Масштаб перспективи. Перспектива кута	86
2.3. Основні відомості про аерофотознімання	91
2.3.1. Поняття та технологічна схема контурного аерофотознімання	91
2.3.2. Процеси при аерофотозніманні. Перекриття аерофотознімків.....	96

2.3.3. Сучасна технологія фотограмметричного опрацювання фотознімків	101
2.3.4. Вимоги до матеріалів фотографічної і фотограм- метричної якості продукції, здача матеріалів замовнику	103
2.4. Аерофотознімки та вимірювання на них	110
2.4.1. Елементи внутрішнього і зовнішнього орієнтування. Залежність між плоскими координатами точок місцевості і аерофотознімка	110
2.4.2. Спільний вплив кута нахилу та рельєфу місцевості на геометричні властивості аерофотознімка	112
2.4.3. Робоча площа аерофотознімка та її відмежування	120
2.4.4. Визначення масштабу аерофотознімка та його використання при проведенні землепорядних робіт	122
2.4.5. Монтування аерофотознімків для складання фотосхем	124

Розділ 3. КОНТУРНЕ ЗНІМАННЯ 129

3.1. Прив'язка аерофотознімків	129
3.1.1. Поняття про прив'язку аерофотознімків	129
3.1.2. Розміщення зон розташування розпізнавальних знаків та вибір і оформлення опознаків на аерофото- знімках і на місцевості	130
3.1.3. Вибір способу геодезичної прив'язки аерофото- знімків та меж землекористувань (землеволодінь) та здача матеріалів замовнику	135
3.2. Фототріангуляція	142
3.2.1. Загальні відомості про фототріангуляцію та її способи	142
3.2.2. Графічна побудова одномаршрутного фототріангу- ляційного ряду	145
3.2.3. Точність графічного фототріангуляційного ряду	150
3.3. Дешифрування аерофотознімків	152
3.3.1. Поняття про дешифрування аерофотознімків	152
3.3.2. Дешифрувальні ознаки об'єктів	155
3.3.3. Характеристика методів, видів та способів дешифрування	163
3.3.4. Зміст, особливості, технологія та об'єкти сільсько- господарського дешифрування	166
3.3.5. Викреслювання, оформлення і здавання дешифро- ваних аерофотознімків	173
3.4. Трансформування аерофотознімків	177

3.4.1. Загальне поняття про трансформування аерофотознімків.....	177
3.4.2. Фототрансформатори і теорія фотомеханічного трансформування.....	182
3.4.3. Методика фотомеханічного трансформування аеронегативів рівнинної і нерівнинної місцевості.....	186
3.4.4. Методика оптико-графічного трансформування.....	189
3.4.5. Методика графічного трансформування.....	191
3.5. Фотоплани.....	195
3.5.1. Поняття про фотоплани та їх використання в землеустрої.....	195
3.5.2. Монтування фотопланів.....	196
3.5.3. Дешифрування фотопланів та способи перенесення цих елементів.....	200
3.5.4. Виготовлення контурних планів за фотопланами.....	202

Розділ 4. МЕТОДИ СТВОРЕННЯ ТОПОГРАФІЧНИХ ПЛАНІВ І КАРТ ЗА ФОТОЗОБРАЖЕННЯМ МІСЦЕВОСТІ....207

4.1. Комбінований метод знімання.....	207
4.1.1. Комбінований метод знімання та галузь його застосування.....	207
4.1.2. Технологічна схема та складання робочого проекту знімального обґрунтування при проведенні комбінованого методу знімання.....	208
4.1.3. Розпізнавання та закріплення точок знімального обґрунтування.....	211
4.1.4. Створення висотного знімального обґрунтування.....	213
4.1.5. Знімання рельєфу місцевості та матеріали, які здають внаслідок зйомки.....	214
4.2. Стереотопографічне знімання.....	220
4.2.1. Виготовлення топографічних карт диференційним методом.....	220
4.2.1.1. Поняття та технологічна схема процесу виготовлення топографічної карти диференційним методом.....	220
4.2.1.2. Стереоскопічний зір, різниця паралаксів.....	222
4.2.1.3. Види стереоефектів.....	226
4.2.1.4. Використання стереоскопічного зору для визначення підвишень точок місцевості.....	229
4.2.1.5. Стереоскоп та його використання.....	241
4.2.1.6. Топографічний стереометр Дробішева (СТД-2).....	245

4.2.1.7. Стереокомпаратор.....	248
4.2.2. Виготовлення топографічних карт універсальним методом	251
4.2.2.1. Поняття та технологічна схема процесу створення топографічної карти універсальним методом.....	251
4.2.2.2. Будова універсальних стереоприладів	253
4.2.2.3. Поняття про створення топографічної карти на стереопроєкторі та стереографі	260
4.3. Основні відомості про наземне фототопографічне (фототеодолітне) знімання.....	263
4.3.1. Основне поняття про наземне фототопографічне знімання. Переваги, недоліки та галузь застосування	263
4.3.2. Визначення координат точок місцевості при наземному фототопографічному зніманні	267
4.3.3. Польові і камеральні роботи	270
4.4. Основні відомості про космічне знімання поверхні Землі.....	275
4.4.1. Поняття про космічне знімання поверхні Землі, галузь застосування.....	275
4.4.2. Методи отримання зображення поверхні Землі при космічному зніманні	278
4.4.3. Використання матеріалів космічного знімання.....	281
4.4.4. Супутникові системи	282
4.5. Глобальні супутникові системи (GPS).....	286
4.5.1. Загальні відомості про глобальні супутникові системи	286
4.5.2. Склад супутникової (приймальної) апаратури	306
4.5.3. Способи та методи супутникових визначень координат	309
4.5.4. Технологія виконання геодезичних робіт	312
4.5.5. Програмне забезпечення для оброблення GPS-вимірювань.....	318

Розділ 5. СУЧАСНА ФОТОГРАММЕТРІЯ І ДИСТАНЦІЙНЕ

ЗОНДУВАННЯ ЗЕМЛІ325

5.1. Основи цифрової фотографії.....	325
5.1.1. Загальні відомості про цифрову фотографію	325
5.1.2. Коротка історія цифрової фотографії	327
5.1.3. Цифрові знімальні камери і системи	332
5.1.4. Формати запису зображення.....	339
5.1.5. Сканування фотографічних зображень	344

5.2. Загальні відомості про цифрову фотограмметрію.....	346
5.2.1. Поняття цифрової фотограмметрії.....	346
5.2.2. Автоматична побудова моделі поверхні Землі.....	350
5.2.3. Цифрове ортофототрансформування.....	353
5.2.4. Побудова цифрової моделі рельєфу (ЦМР).....	355
5.2.5. Цифрові фотограмметричні станції для автоматизованого складання цифрових карт і планів.....	358
5.3. Основи дистанційного зондування землі і геоінформа- ційних технологій.....	361
5.3.1. Загальні відомості про дистанційне зондування Землі.....	361
5.3.2. Етапи дистанційного зондування та аналізу даних.....	364
5.3.3. Приклади застосування сучасної фотограмметрії і дистанційного зондування.....	370
5.3.3.1. Дистанційне зондування водних об'єктів.....	370
5.3.3.2. Дослідження характеристик земельних масивів за даними дистанційного зондування Землі.....	373
5.3.3.3. Використання ГІС/ДЗЗ-технологій для вивчення територіальної структури землекористу- вання регіону.....	380

Розділ 6. ЗАСТОСУВАННЯ ФОТОГРАММЕТРІЇ У

ЗЕМЛЕУСТРОЇ ТА КАДАСТРІ.....387

6.1. Використання матеріалів аерофотозйомки при встановленні та відновленні меж.....	387
6.1.1. Поняття про встановлення і відновлення меж.....	387
6.1.2. Переваги використання аерофотознімання при встановленні і відновленні меж землекористувань (землеволодінь).....	389
6.1.3. Техніка встановлення і відновлення меж при використанні аерофотознімків і фотопланів.....	391
6.1.4. Способи дешифрування при встановленні і відновленні меж.....	393
6.1.5. Прилади, що використовують у процесі виконання робіт.....	394
6.2. Використання матеріалів аерофотозйомки при коректуванні планів.....	397
6.2.1. Поняття фотограмметричного методу коректування плану зйомок минулих років.....	397
6.2.2. Проведення періодичних аерофотознімань.....	400
6.2.3. Підготовчі роботи та виявлення змін, що відбулися на місцевості.....	403

6.2.4. Нанесення зміненої ситуації на план у стаціонарних умовах.....	407
6.2.5. Нанесення зміненої ситуації на план у польових умовах.....	408
6.2.5.1. Нанесення зміненої ситуації спрощеними способами	408
6.2.5.2. Нанесення зміненої ситуації методом графічного трансформування	412
6.2.5.3. Коректування частини фотоплану землекористування способом врізання трансформованого знімка та польова перевірка результатів нанесення змін ситуації на план.....	416
6.2.5.5. Цифрові технології оновлення карт за аерофотознімками	418
6.3. Використання матеріалів аерофотозйомки при земельно-облікових роботах	422
6.3.1. Можливості використання аерофотознімків і фотопланів при обліку земель, технологічні схеми	422
6.3.2. Інвентаризації земель землекористувань і землеволодінь	426
6.3.3. Визначення коефіцієнта ерозії як елементу якісної оцінки земель.....	432
6.4. Використання матеріалів аерофотозйомки при проектуванні лінійних об'єктів	436
6.4.1. Проектування доріг за матеріалами аерофотозйомки.....	436
6.4.2. Трасування доріг за стереомоделями.....	442
6.4.3. Меліорація сільськогосподарських земель	446
6.5. Використання матеріалів аерофотозйомки при проектуванні, плануванні та забудові сільських населених пунктів	450
6.5.1. Застосування фотограмметричних методів для проектування сільських населених пунктів та систем водопостачання і водовідведення.....	450
6.5.2. Вибір масштабу топографічної основи при проектуванні та планування сільських населених пунктів у залежності від висоти перерізу рельєфу.....	453
6.5.3. Дешифрування населених пунктів.....	457
6.5.4. Облік земель і вибір масштабу плану	461
6.5.5. Основні вимоги, які постають при виборі території майбутнього населеного пункту та розрахунок його величини.....	463

6.5.6. Проектування систем водопостачання і водо- відведення в сільських населених пунктах.....	466
6.6. Використання матеріалів аерофотозйомки при перенесенні проекту в натуру	470
6.6.1. Фотозображення як важливе джерело інформації при землевпорядному проектуванні і перенесенні проекту в натуру.....	470
6.6.2. Сутність і методи перенесення проектів в натуру	471
6.6.3. Використання аерофотознімків і фотопланів.....	474
6.6.4. Особливості техніки перенесення елементів проекту в натуру з використанням фотозображення місцевості	475
РЕКОМЕНДОВАНІ ТА ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА	480