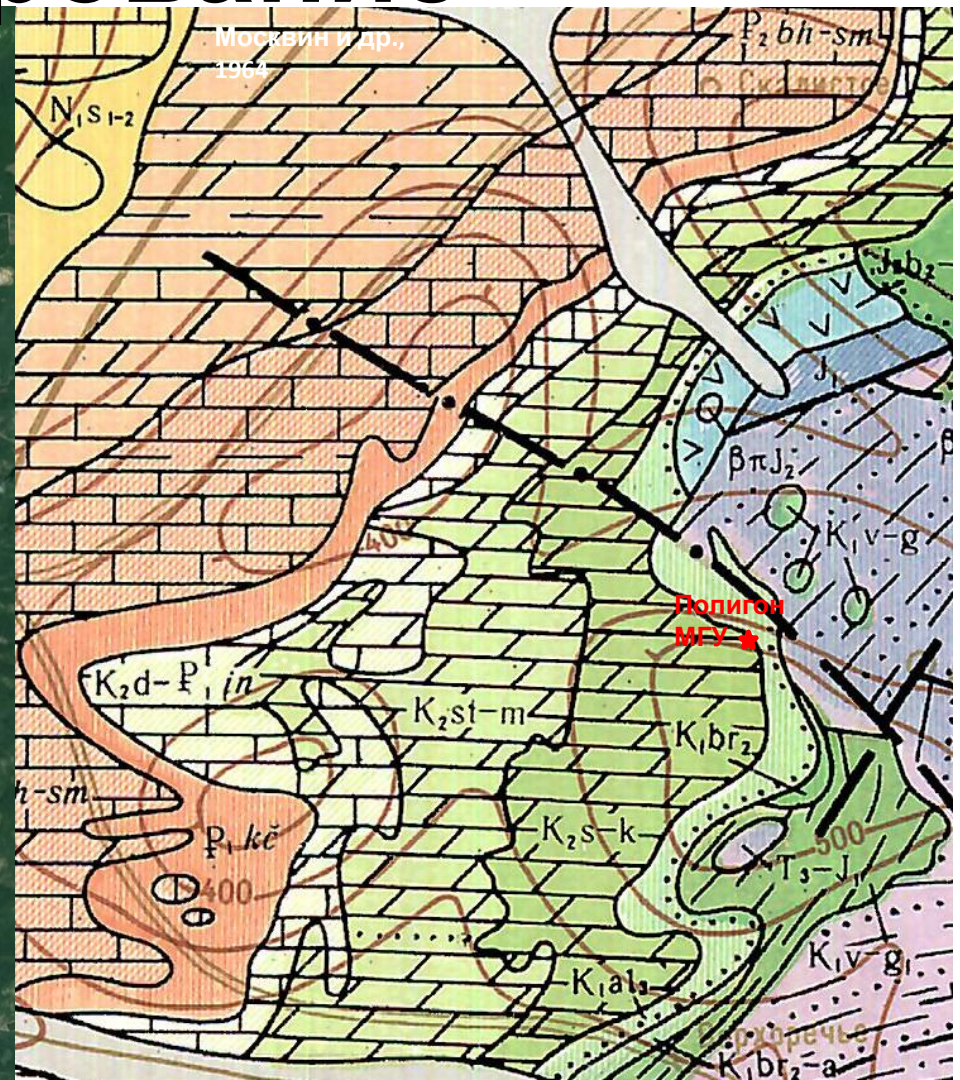


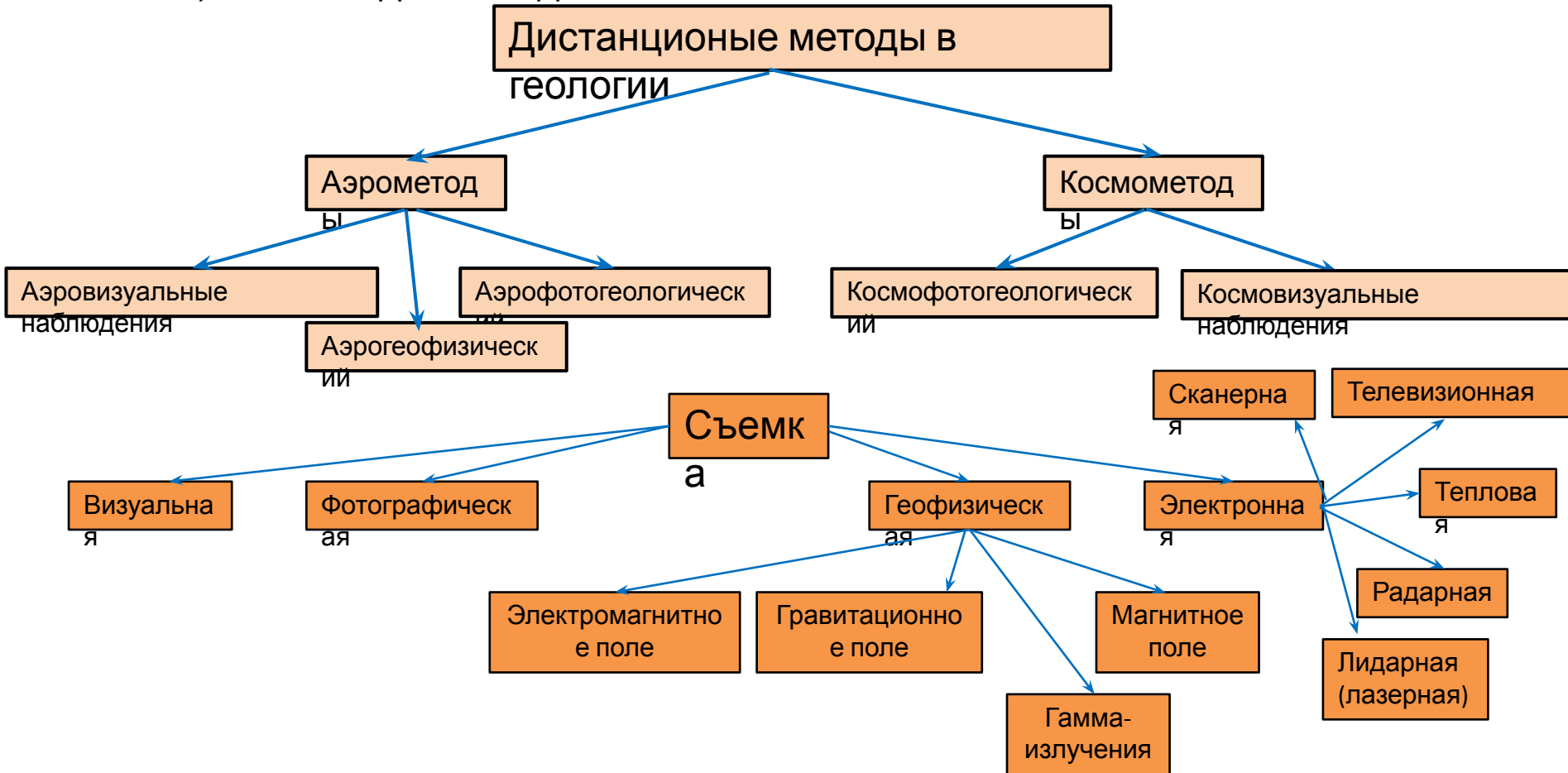
«Дистанционные методы в геологии. Дешифрирование»



Дистанционные методы

Дистанционными называются методы изучения Земли НА РАССТОЯНИИ с воздуха или из космоса , полученные с различных летательных аппаратов.

Отрасли народного хозяйства, где используются: геология, геофизика, **геоморфология**, экология, метеорология, ландшафтоведение , лесное и сельское хозяйства, военное дело и т.д.



Этапы

работы:

1. Получение исходных материалов съемки (аэрокосмосъемка)
2. Обработка исходных материалов (геодезическая привязка, преобразование снимков для удаления искажений, дешифрирование)
3. Создание карт или иных некартографических материалов по результатам съемки

Физическая основа дистанционного зондирования – отраженное либо собственное излучение электромагнитных волн природными объектами, либо запись их геофизических полей.

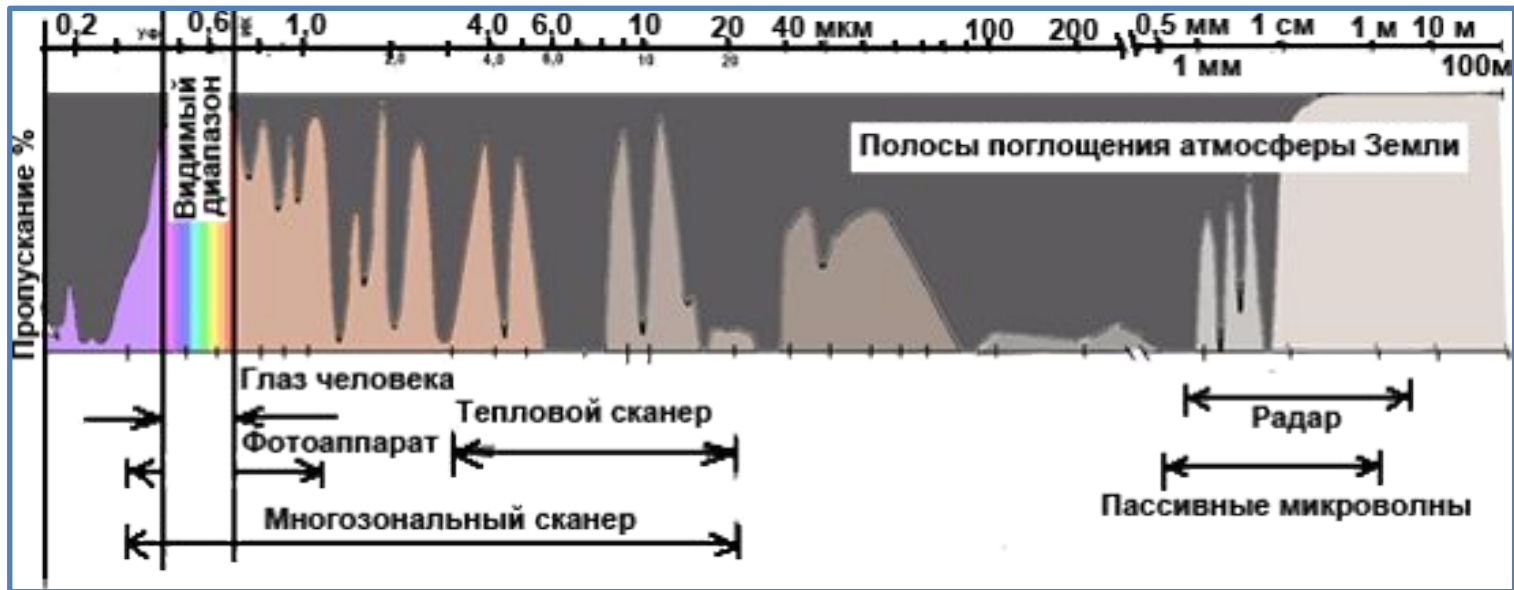
Под электромагнитным излучением понимают распространение энергии в пространстве в виде волн или прямолинейного потока световых частиц (фотонов).

Электромагнитные колебания имеют широкий диапазон длин волн. Общий спектр электромагнитного излучения делится на несколько областей, называемых зонами (диапазонами) спектра.

Для измерения длин волн в коротковолновом участке спектра в большинстве случаев используют следующие единицы: микрон или микрометр (мкм) и нанометр (нм). $1 \text{ мм} = 10^3 \text{ мкм} = 10^6 \text{ нм}$.

Основные диапазоны электромагнитных волн: ультрафиолетовый, видимый, инфракрасный (тепловое) и радиодиапазон

Дистанционные методы делятся на несколько основных типов в соответствии с тем, какую часть спектра (диапазон) электромагнитного поля они используют.



Диапазоны электромагнитного излучения (длины волн):

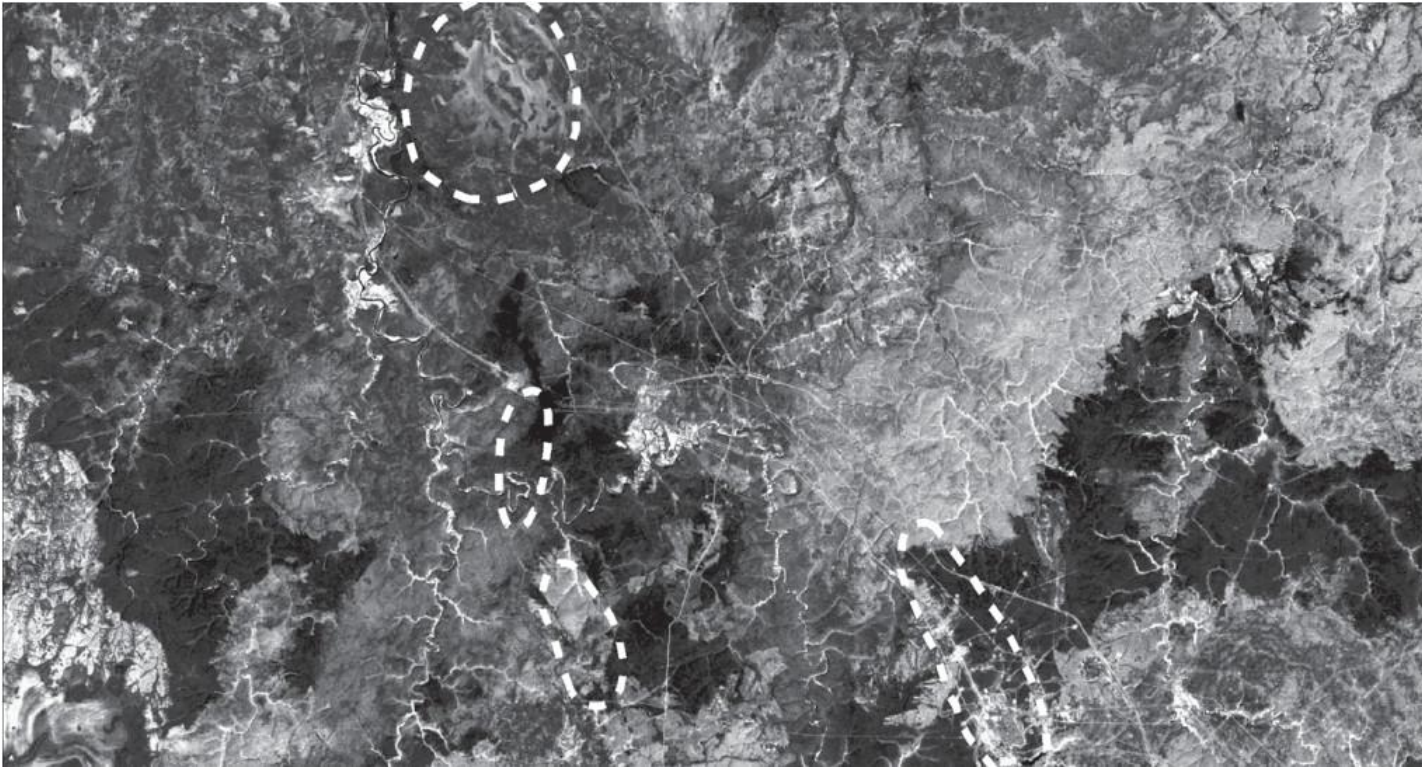
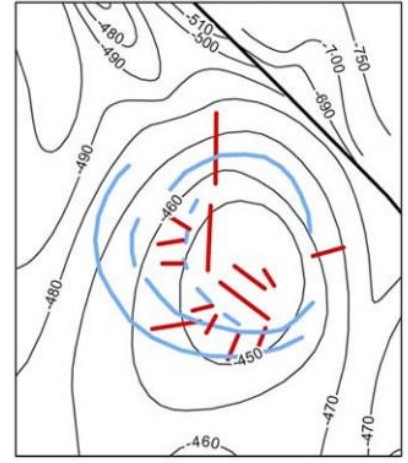
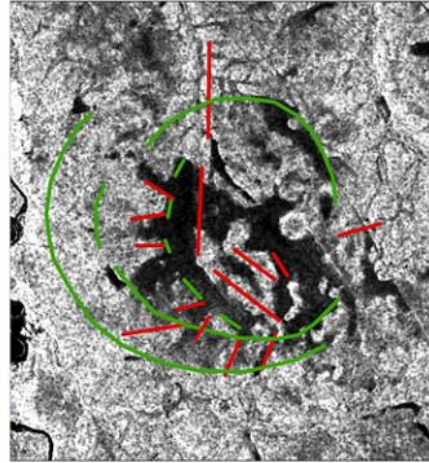
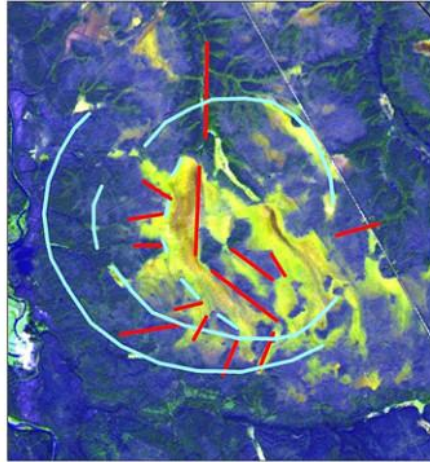
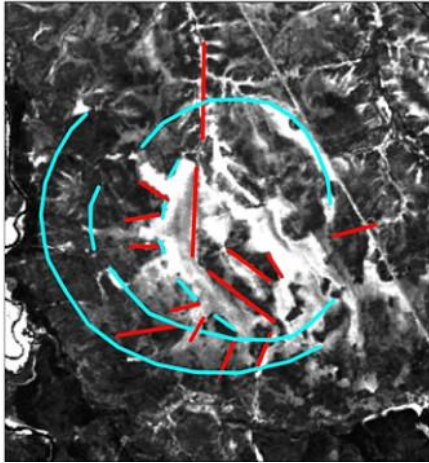
– *гамма излучение* ($< 0,01$ нм); *рентгеновское излучение* (0,01 – 10 нм);
ультрафиолетовое излучение (0.01– 0.4 мкм); **оптическое излучение** или **видимый спектр** (0.4 – 0.7 мкм); – *инфракрасное (тепловое) излучение* (0.7–200 мкм);
радиоизлучение (> 200 мкм)

Наиболее часто используются снимки в видимой части спектра. Они называются "Материалами аэрокосмических съемок" (МАКС)

Геологические объекты (горные породы, структурные элементы, формы рельефа земной поверхности) испускают электромагнитные волны, которые содержат как собственное излучение, так и отраженное излучение энергии Солнца.

Используемое излучение электромагнитного поля: активное и пассивное.

Различные диапазоны электромагнитного излучения несут информацию о разных свойствах объектов земной поверхности.



Космоснимок в разных спектрах и карта с результатами его дешифрирования

Первые фотографии с воздуха, с воздушного шара, были сделаны во Франции в 1855 году Г.Ф.

Торнакон. Они были использованы для составления плана Парижа. Фотографирование земной поверхности с геологическими целями впервые применил французский геолог **Эме Цивуаль** (1858-1882 гг.). Им производилось фотографирование Альп с высоких вершин и выделение на фотоснимках геологических границ.

В России воздушные съемки были начаты в 1886 г., когда **А.М. Кованько** сфотографировал с воздушного шара Санкт-Петербург. В начале XX столетия русским инженером **В.М. Потте** создан **первый в мире пленочный аэрофотоаппарат**. Первая аэрофотосъемка в России была произведена в 1918 г., в районе г. Тверь.

С 1925 г. начинаются систематические съемки с целью составления топографических карт неизученных территорий.

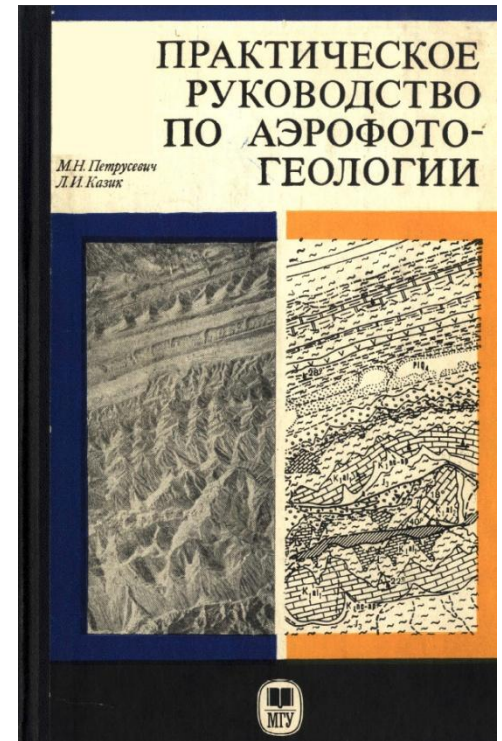
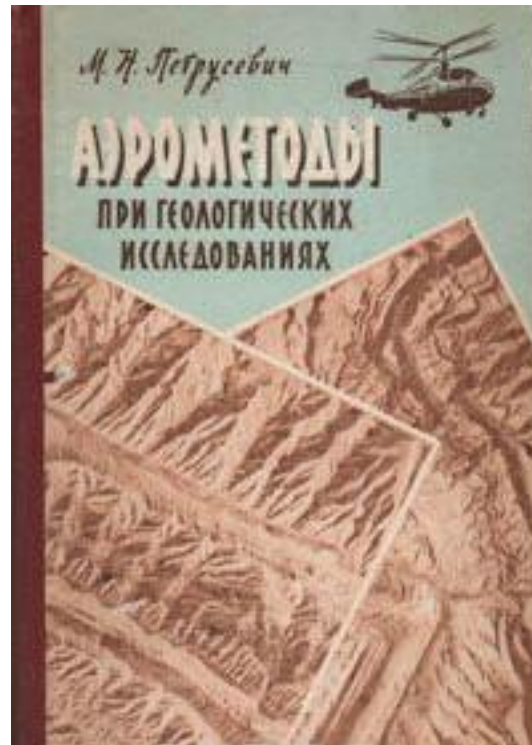
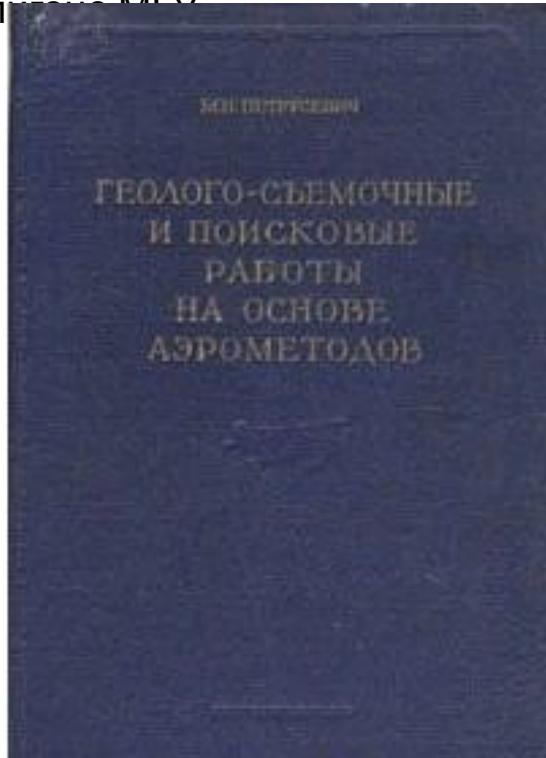
В 1929 г. Был создан **Ленинградский научно-исследовательский институт аэрофотосъемки**, внесший значительный вклад в разработку и развитие аэрометодов. Становилась очевидной большая научная и практическая эффективность аэрометодов в геологии.

В начале 30-х годов прошлого столетия по инициативе **академика А.Е. Ферсмана** аэрофотосъемка применяется в геологических исследованиях территории бывшего СССР. **Аэроснимки используются при изучении нефтеносных районов Ферганы и Азербайджана.** Большой объем работ по аэровизуальным геологическим наблюдениям проведены академиком С. В. Обручевым в 1933 г. в Восточной Сибири.

С 1931 года создаются различные научные и производственные организации, специализирующиеся на изучении и применении результатов аэрофотосъемок в различных областях хозяйства, в т.ч. при проведении различных геологических работ. Разрабатываются методические пособия и рекомендации, издаются монографии, учебники и справочники в которых обобщен опыт использования аэрофотосъемочных работ для решения задач прикладной геологии. **В 1939 г. в Московском геологоразведочном институте был введен специальный учебный курс «Геологическое дешифрирование аэрофотоснимков».**

В 40-е—50-е годы большой объем методических исследований выполнен Всесоюзным аэрогеологическим трестом (ВАГТ, организован в 1949 г. из Аэрофотогеологической экспедиции (1945г.) , затем ПГО, сейчас ФГУНПП «Аэрогеология».) и Лабораторией аэрометодов АН СССР (1944г.) (академик П.И. Степанов). Аэрометоды широкого масштаба используются для геологических

Большую помощь в понимании применения метода аэрофотосъемки и дешифрировании элементов геологического строения геологам оказали книги сотрудника геологического факультета МГУ **М.Н. Петрусевича** «Геолого-съёмочные и поисковые работы на основе аэрометодов» (1954 г.) и «Аэрометоды при геологических исследованиях» (1962 г.), «Практическое руководство по аэрофотогеологии» (1977). **М.Н. Петрусевич** организовал аэрофотолабораторию на Крымском полупросторье МГУ.



В **60-е—70-е** годы были достигнуты значительные успехи в использовании материалов дистанционного зондирования при геологических исследованиях.

Аэрометоды в геологии получили широкое признание как средства получения информации о геологическом строении складчатых и платформенных областей, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых.

**ПРАКТИЧЕСКОЕ
РУКОВОДСТВО
ПО АЭРОФОТО-
ГЕОЛОГИИ**

*М.Н. Петрусов
Д.И. Казак*



А.Е. МИХАЙЛОВ, Н.С. РАММ

**АЭРОМЕТОДЫ
при
геологических
исследованиях**

**ЛАБОРАТОРНЫЕ
РАБОТЫ
ПО СТРУКТУРНОЙ
ГЕОЛОГИИ,
ГЕОКАРТИРОВАНИЮ
И ДИСТАНЦИОННЫМ
МЕТОДАМ**



МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР
ВСЕОБЩЕЕ АЭРОФОТОГЕОЛОГИЧЕСКОЕ
НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ
«АЭРОГЕОЛОГИЯ»

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ
МАТЕРИАЛОВ
АЭРОФОТОСЪЕМКИ
ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ
КАРТИРОВАНИИ**



МАСШТАБ 1:1000

ПРИАМУРЬЕ

**АЭРОМЕТОДЫ
И ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СЪЕМКЕ
И ПОИСКАХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

Том I

1987

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ
КОСМИЧЕСКИХ СЪЕМОК
ПРИ РЕГИОНАЛЬНЫХ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ**
(Методические рекомендации)

**АЭРОКОСМО-
ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
В КОМПЛЕКСНОМ РЕШЕНИИ
НЕФТЕГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ЗАДАЧ** (Опыт, возможности, проблемы)



ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКО-ПРОИЗВОДИТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
МИНИСТЕРСТВА ГЕОЛОГИИ СССР

**АЭРОМЕТОДЫ
ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ
СЪЕМКЕ И ПОИСКАХ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ**

ВЕДРА-1988

**АЭРОМЕТОДЫ
ИССЛЕДОВАНИЯ
МЕСТНОСТИ**

Европейский союз СССР
Высшая школа



ВЕДРА-1986

Савиных В.П.
Кучко А.С.
Стеценко А.Ф.

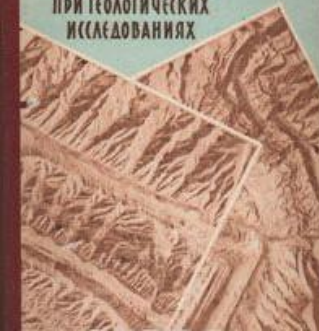
**Аэрокосмическая
фотосъемка**

АЭРОФОТОГЕОЛОГИЯ

**ДИСТАНЦИОННЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ
ПРИ ПОИСКАХ
ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ**



М.Н. Петрусов
**АЭРОМЕТОДЫ
ПРИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ
ИССЛЕДОВАНИЯХ**



МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

КОСМОАЭРОГЕОЛОГИЧЕСКИЕ РАБОТЫ

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВА
КОСМОАЭРОГЕОЛОГИЧЕСКОГО КАРТИРОВАНИЯ
МАСШТАБ 1:1 000 000 (1:800 000)

МОСКВА 1988

МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ НАУЧНО-ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОЕ
ПРЕДПРИЯТИЕ «АЭРОГЕОЛОГИЯ» (ФГУП «Аэрогеология»)
ГОСУДАРСТВЕННОЕ УНИТАРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ
«НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ КОСМОАЭРОГЕОЛОГИЧЕСКИХ МЕТОДОВ»
(УИИ «ИЗВЕСТИЯ»)

**АЭРОКОСМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ**

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
ИЗДАТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОЙ КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ФАБРИКИ ВСЕГЕИ
2000

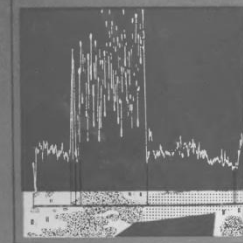
МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ИНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ И
ИЗМЕРИТЕЛЬНОМУ ДЕШИФРИРОВАНИЮ
АЭРОФОТОСНИМКОВ ПРИ
КРУПНОМАСШТАБНОМ ГЕОЛОГИЧЕСКОМ
КАРТИРОВАНИИ**

МОСКВА 1978

Л.А. ВОДОМОЛОВ

**ДЕШИФРИРОВАНИЕ
АЭРОСНИМКОВ**



АКАДЕМИЯ НАУК СССР

**Вопросы
дешифрирования
и фотограмметрической
обработки АЭРОСНИМКОВ**

Важный этап в развитии дистанционных методов в геологии связан с началом освоения космического пространства. **Первые космические фотографии Земли были получены в 1945 году в США с баллистической ракеты «ФАУ-2» с высоты 120 км.** Фотографирование поверхности Земли человеком впервые было выполнено космонавтом **Г.С. Тимовым 6 августа 1961 г.** Автоматические и пилотируемые космические аппараты становятся важным средством научного исследования, дающими уникальную геологическую информацию.

Качественно новый этап развития дистанционных методов геологических исследований наступил в **80 – 90-х годах** с появлением цифровых средств получения аэрокосмической информации, разработкой компьютерных технологий обработки изображений земной поверхности и геолого-геофизических материалов.

Таким образом, аэрокосмические методы в геологии в своем развитии прошли путь от визуального дешифрирования аэрофотоснимков до компьютерного анализа цифровых данных, получаемых в нескольких диапазонах электромагнитного спектра как с авиационных, так и с космических носителей. В настоящее время дистанционные методы вошли составной частью во все виды геологических исследований. Они в обязательном порядке используются при производстве геологосъемочных и поисковых работ всех масштабов.



Большой Кавказ, космоснимок с

Таким образом, **аэрофотосъемка – это комплекс летно-съёмочных, фотографических и фотограмметрических работ.**

Аэрофотосъемка выполняется в основном с высот до 7 км с самолетов типа АН-30, ИЛ- 20, АН-2 и др. в масштабах 1:1000 — 1:200000.

Масштаб снимка равен отношению фокусного расстояния аэрофотоаппарата к высоте фотографирования.

Фокусное расстояние – это расстояние от оптического центра объектива до точки фокусировки (в мм), т.е. до плёнки (матрицы), где образуется резкое изображение объекта. Чем больше фокусное расстояние, тем больше мы приближаем объект фотосъёмки.

Высота фотографирования – тип съёмки

- **Высотная** (5-10 км).
- **Стандартная** (1-5 км).
- **Низковысотная** (100-300 м)
- **Космофотосъемка** земной поверхности (первые сотни км) выполняется с искусственных спутников Земли, космических пилотируемых станций (МКС около 400 км).

Аэрофотоснимки по масштабу подразделяются на :

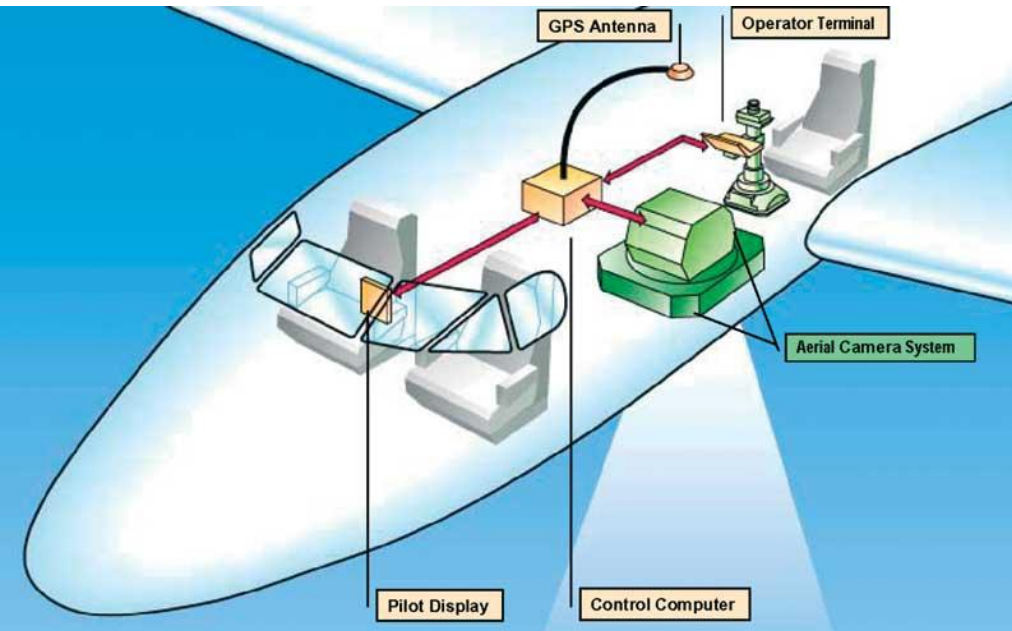
- **Мелкомасштабные** (1: 100000 – 1: 200000)(космофотосъемка, региональные работы)
- **Среднемасштабные** (1:25000— 1:100000) (стандартная и высотная съёмка, среднемасштабные геологосъёмочные работы)
- **Крупномасштабные** (крупнее 1:25000) (низковысотная съёмка, крупномасштабные и детальные геологосъёмочные работы),

При геологической съёмке масштаб АФС должен быть крупнее в 2 раза масштаба геологосъёмочных работ

Формат снимков 18x18 (наиболее распространенный), 23 x 23 и 30 x 30 см.



Самолет АН-30 оснащенный аэросъемочным комплексом



А) Расположение приборов для аэрофотосъемки в самолете. Б) Место оператора

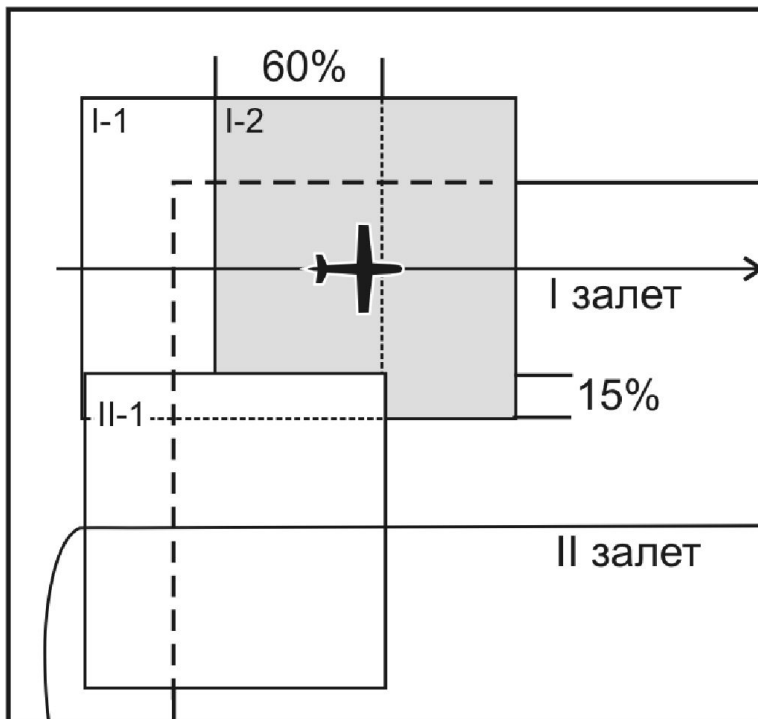
Аэрофотосъемка (АФС) подразделяется на: одинарную; маршрутную; площадную.

Одинарная АФС применяется для фотографирования отдельных объектов или явлений природы, когда они засняты на одном или нескольких АС и не планируются дальнейшие стереоскопические работы.

Маршрутная АФС – фотографирование ведется вдоль какого-то направления. АС перекрывают друг друга на 60% по маршруту (продольное перекрытие). Получают непрерывный и последовательный ряд снимков.

Применяется чаще всего крупномасштабная съемка для изучения речных долин (комплекса террас), морских побережий, водоразделов, а также при инженерно-геологических и поисково-разведочных работах.

Площадная АФС – используется для изучения участков, площадь которых больше площади, фотографируемой одним маршрутом. Выполняется на одной высоте, в виде ряда равноотстоящих, параллельных между собой маршрутов. При этом продольное перекрытие равно 60 %. Доля перекрытия снимков между маршрутами около 15-40 %.



Подобное перекрытие обеспечивает перекрытие каждой точки снимка смежными снимками.

Таким образом, два смежных снимка образуют **стереопару**, то есть их можно рассматривать через **стереоскоп** и получать объемную модель местности (**стереомодель**).

Объемная стереомодель получается потому, что два перекрывающихся снимка сняты из разных точек пространства.

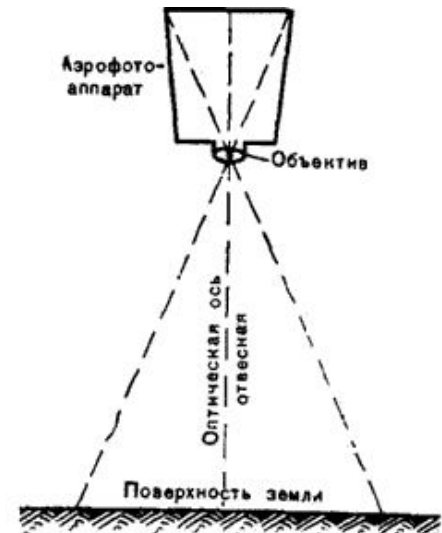
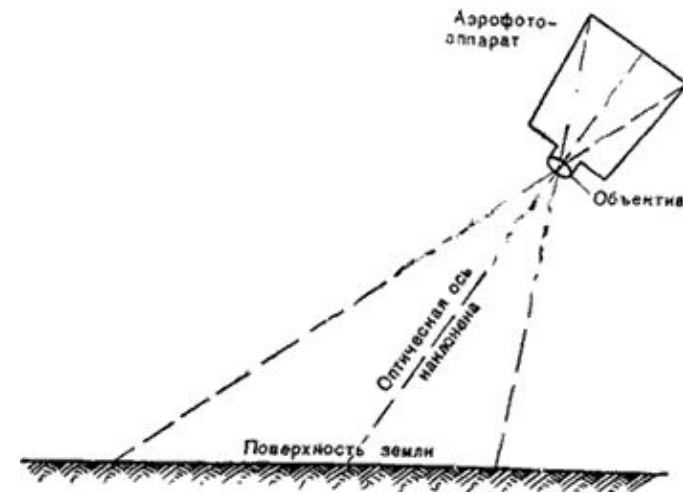
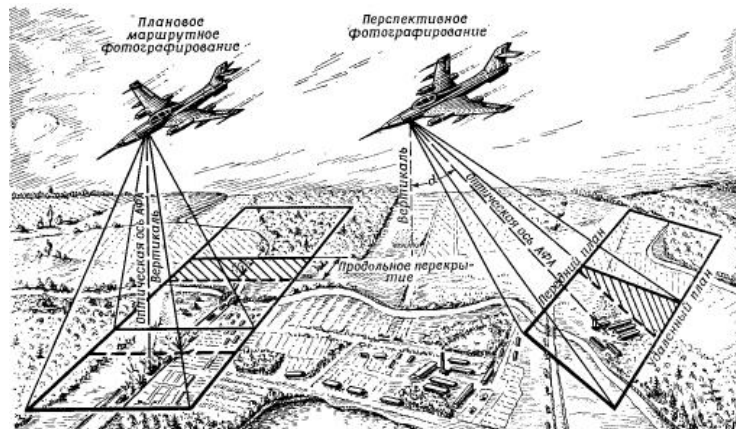
Аэрофотосъемочные работы также делятся на перспективную и плановую съемку.

Перспективная АФС производится аэрофотоаппаратом, оптическая ось которого отклонена от нормали на значительный угол, обычно 30-60%.

Применяется одновременно с плановыми АС при изучении горных районов со сложными формами рельефа, особенно при построении блок-диаграмм, а также в военной разведке.

Плановая АФС выполняется с помощью аэрофотоаппарата, установленного в самолете так, чтобы его оптическая ось занимала отвесное положение при съемке. Величина отклонения оптической оси от нормали не более 3° , обычно не более $1,5^{\circ}$. Если аппарат установлен на гиросtabilизированную платформу (**гироскоп**), то величина отклонения не более $30'$. **Примерное положение**

оси определяется по положению пузырька уровня в левом

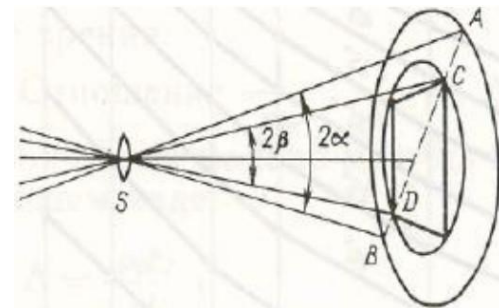


Виды аэрофотоматериалов:

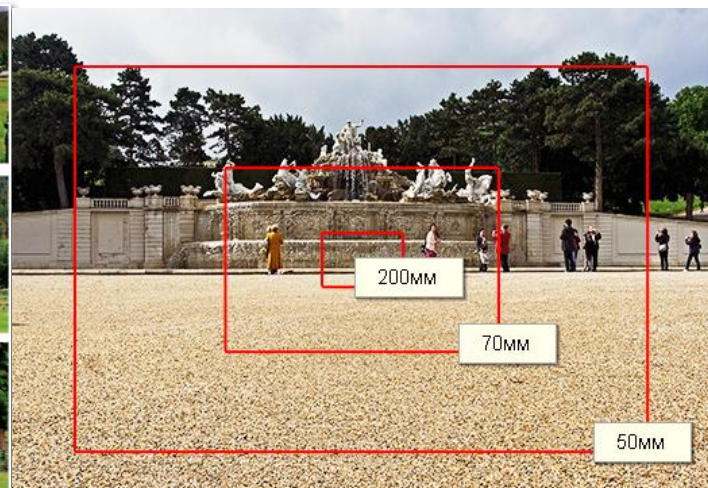
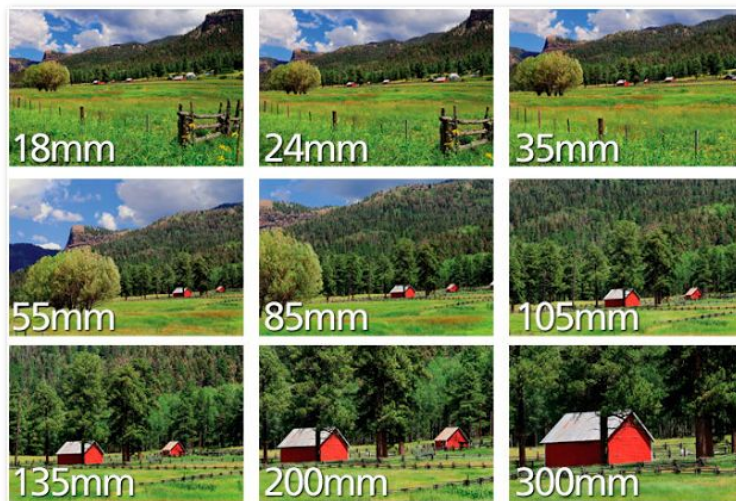
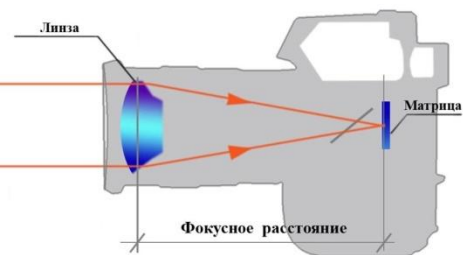
Аэрофотоаппарат состоит из *камеры, кассет* и, нескольких сменных *объективов*. Наиболее важной частью является *объектив*. **Основной характеристикой объектива является его фокусное расстояние.** **Фокусное расстояние** — это расстояние от оптического центра объектива до точки фокусировки (в мм), т.е. до плёнки (матрицы), где образуется резкое изображение объекта. Чем больше фокусное расстояние, тем больше мы приближаем объект фотосъёмки. Последнее тесно связано с **углом поля изображения 2β** . Этот угол ограничен лучами, идущими из центра объектива к противоположным углам кадра. **Угол поля зрения объектива 2α** — угол под которым диаметр поля зрения наблюдается из центра объектива

В зависимости от величины угла 2β различают объективы:

- **Сверхширокоугольные:** $2\beta \geq 130^\circ$;
- **Широкоугольные (короткофокусные):** $70^\circ < 2\beta < 130^\circ$;
- **Нормальные (среднефокусные):** $30^\circ < 2\beta < 70^\circ$;
- **Узкоугольные (длиннофокусные):** $2\beta < 30^\circ$



Величиной 2β определяется ширина полосы захвата местности при фотографировании.



Светосилой K объектива называют отношение **освещенности изображения E** , создаваемого данным объективом, к **яркости изображаемого объекта B** :

$$K = E/B$$

Под светосилой объектива понимают, насколько широко можно открыть диафрагму.

Разрешающая способность объектива АФА — его способность отдельно изображать близкие мелкие детали объекта фотографирования. **За величину разрешающей способности объектива принимается максимальное число штрихов равной толщины, которые можно отдельно различать на одном миллиметре оптического, изображения.** От разрешающей способности объектива зависит степень детальности фотографического изображения местности.

Разрешающая способность объектива уменьшается от центра к краям снимка и различна для разных объективов, что отражено в таблице «Характеристика аэрофотоаппаратов»:

Показатель		Категории						
		Узкоугольные длиннофокусные		Нормально- угольные	Широкоугольные короткофокусные			Сверхширокоугольные
		ТЭ-500	ТЭ-350	ТЭ-200	ТЭ-140	ТЭ-100	ТЭ-70	ТЭ-55
Фокусное расстояние, мм		500	350	200	140	100	70	55
Угол поля изображения, градус		29	40	65	84	104	122	133
Разрешающая способность, лин/мм	В центре	35	35	40	36	25	25	25
	на краю	25	28	25	20	10	12	10

Светофильтры – несколько сменных к одному объективу: ЖС-18, ОС-14, КС-14 – отсекают коротковолновую радиацию соответственно до 510, 530 и 640 нм. Эта отсечка позволяет ослабить действие атмосферной дымки, снижающей контрастность изображения. Использование того или иного светофильтра зависит от плотности дымки и высоты съемки.

При средней дымке и высоте 2-4 км используют ЖС-18. При больших высотах – ОС-14. При особо плотной дымке – КС-14.

Кассета – для хранения и транспортировки пленки. Вмещает до 30 м или 60 м.

Аэрофотопленка – ее разрешающая способность значительно выше фото- и кинопленки

Основные характеристики пленок оцениваются по действию на нее света : общая светочувствительность; контрастность; фотографическая широта

Группы фотопленок – черно-белые; цветные; спектрозональные с искаженной цветопередачей.

Черно-белые пленки по характеру спектральной чувствительности делятся на:

Изопанхроматические – 400-700 нм (весь видимый спектр), максимальная чувствительность в области 640 нм;

Изохроматические – максимальная чувствительность в области 570-580 нм, чувствительны к синим, желтым, зеленым лучам, не чувствительны к красному);

Инфрахроматические – 440-450 нм и 740-840 нм (2 максимума) чувствительны к инфракрасным лучам.

Общая светочувствительность пленки: ед. ГОСТ, 180, 500, 2000, что существенно больше, чем в любительской фотографии (32, 65, 130). Зависимость светочувствительность - разрешающая способность: 180 ГОСТ – 250 лин/мм; 500 – 160 лин/мм.

Цветные фотопленки имеют 3-и слоя, содержащие изображения желтого, пурпурного и голубого цветов.

Спектральные зоны эффективной светочувствительности для пленки ЦН-3 светочувствительность 80-100 ГОСТ, разрешающая способность 50-60 лин/мм: 400-480 нм; 500-580 и 600-680 нм. Характеристики хуже, чем у черно-белой. Применяют в районах с выходами разноцветных пород.

После обработки в слоях пленки возникают зональные изображения из различных красителей. При прохождении света через пленку, зональные изображения суммируются и образуется негативное изображение объекта съемки в дополнительных цветах, которые при последующей обработке позитивной печати дают снимок в цветах, близких к натуральным.

Спектрозональные фотопленки имеют 2-а слоя – **панхроматический** и **инфрахроматический**. При АФС эти пленки экспонируются желтым или оранжевым фильтром, что устраняет чувствительность каждого слоя в области синих лучей. Одновременно устраняется влияние атмосферной дымки.

Разрешающая способность системы (объектив+светофильтр+пленка) это способность передавать

Материалы аэрофотосъемки используемые при геологических работах:

1. **Аэроснимки** – контактные отпечатки с аэронегативов, соответствуют фактическому масштабу воздушного фотографирования, используются при изготовлении материалов пунктов 2-5. Формат снимков 18x18 (наиболее распространенный), 23 x 23 и 30 x 30 см.
2. **Репродукции накидного монтажа** – монтаж аэроснимков по маршрутам залета (от верхнего) совмещают по контурам, делают ориентированную к истинному меридиану рамку, наклеивают названия рек и поселений, фотографируют.
3. **Фотосхемы** – многомаршрутный монтаж из нетрансформированных снимков в виде сплошного фотоизображения местности. Увязка по общим контурным точкам и обрезка соседних снимков в зонах перекрытий. Увязка – методом концентрической увязки или методом маршрутов. Искажения из-за рельефа и наклона сохраняются.
4. **Фотопланы** – фотографическое изображение местности из приведенных к заданному масштабу, трансформированных аэрофотоснимков на геодезической основе. ***Трансформирование*** – исправление искажений и приведении к одному масштабу. За рамку наносят геодезические координаты и выходы километровой сетки. Наносят горизонтالي рельефа.
5. **Топографические карты** – в виде топографических планшетов с горизонталями.
6. **Материалы планового и высотного геодезического обоснования** при составлении фотопланов и топокарт. Универсальный метод воздушной стереофотограмметрической съемки – обработка аэроснимка на приборах (стереопланирограф, мультитиплекс, стерепроектор и др.) Высотная привязка с

Геометрические свойства аэрофотоснимка (АФС)

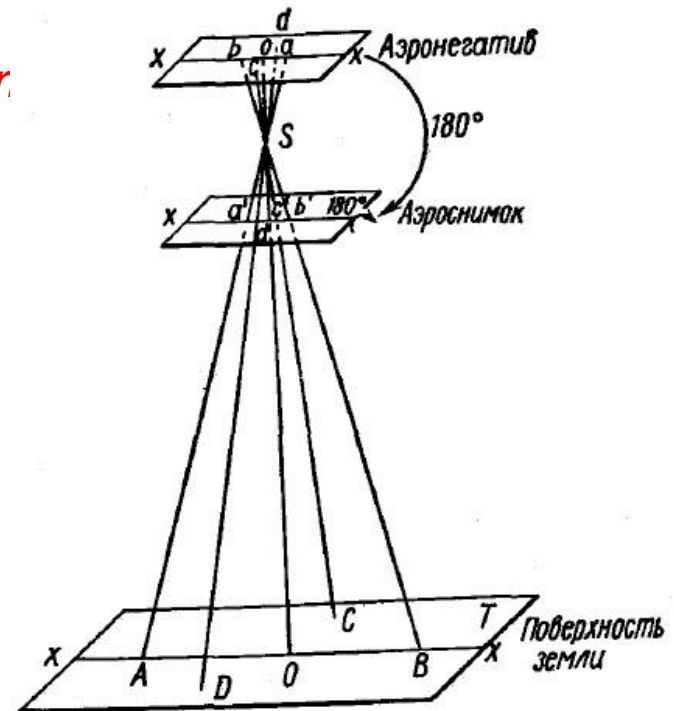
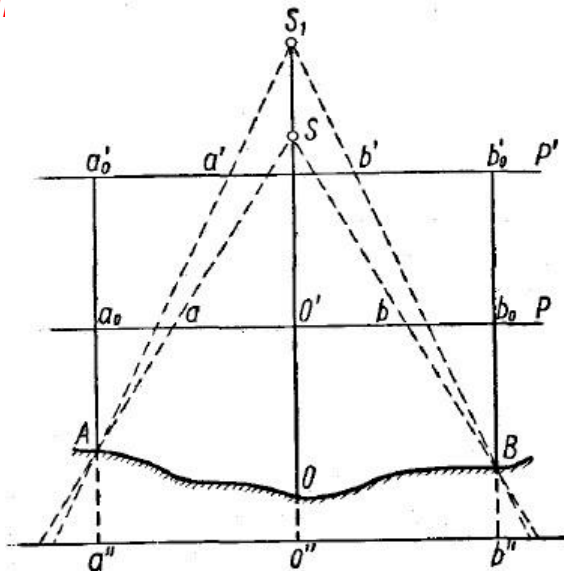
Центральная проекция аэроснимка

Центральная проекция – изображение на снимке создается с помощью прямолинейных лучей, идущих от различных точек земной поверхности через общий центр проектирования S – узловую точку объектива фотоаппарата.

Ортогональная проекция – все точки местности проектируются на плоскость непосредственно прямыми линиями, перпендикулярными к этой плоскости P (топографические карты).

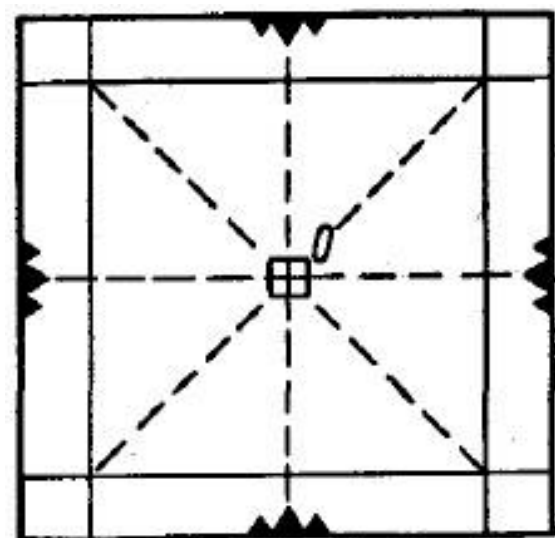
Позитивный пучок лучей – до центра проекции; **негативный** – от центра до негатива **Главный луч** – луч Os_0 перпендикулярный плоскости негатива (оптическая ось фотоаппарата).

Фокусное расстояние аэрофотоаппарата – расстояние между центром проекции S и плоскостью прикладной рамки аэрофотоаппарата (с пленкой или матрицей)



Поля снимка – на полях помещают номер снимка и дополнительную информацию (номер заказа, дату и время съемки, пузырьковый уровень).

Главная точка аэроснимка O – точка пересечения главного луча с плоскостью аэронегатива или точка на пересечении 2-х взаимно-перпендикулярных прямых линий, соединяющих противоположные координатные метки аэроснимка, или диагоналей квадрата рамки снимка.

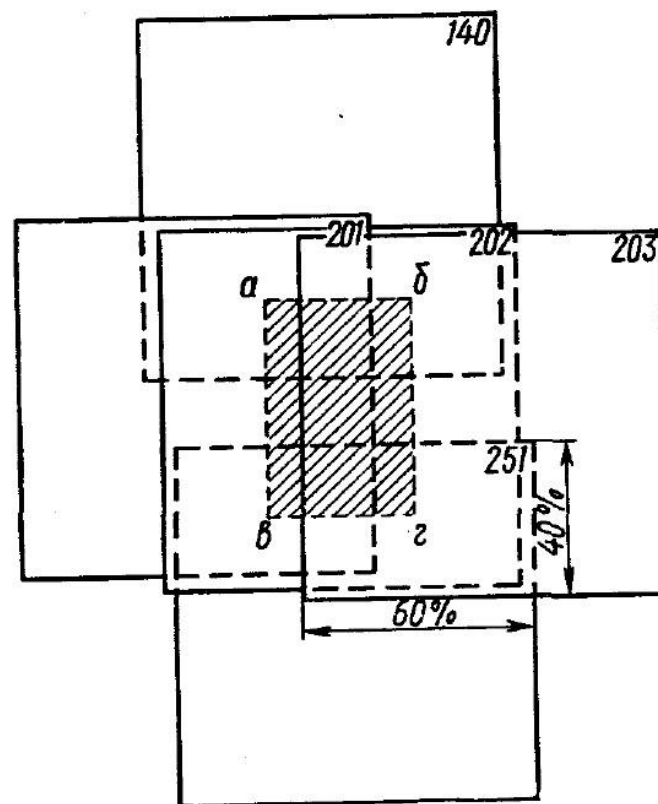


Координатные метки помогают установить главную точку снимка.

Координатная метка

Для уменьшения влияния искажений наклона и рельефа местности при работе со снимком используется его центральная часть, называемая рабочей.

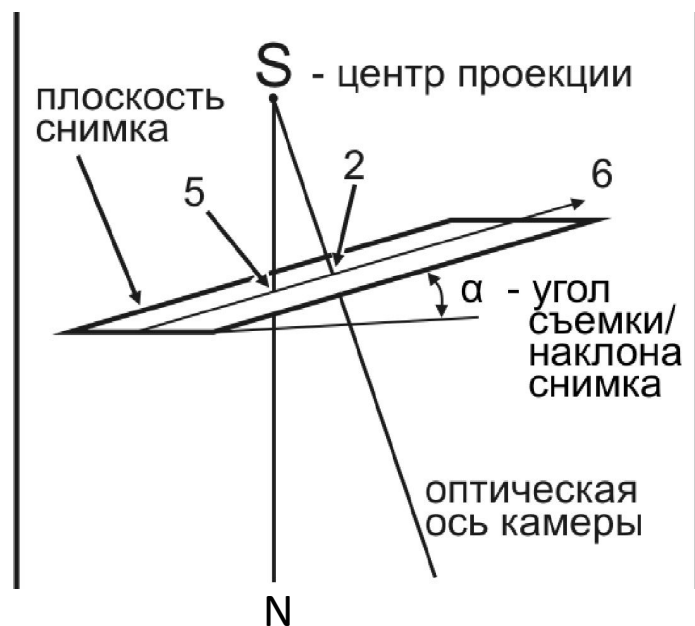
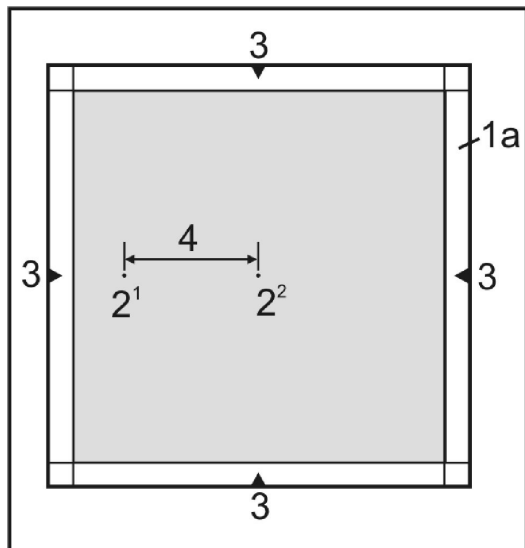
Рабочая площадь снимка – ограничивается линиями середины продольных и поперечных



Базис снимка (4) – расстояние между главной точкой текущего снимка и положением на нем главной точки предыдущего снимка.

Точка надира (N) – изображение на снимке точки на поверхности земли, находящейся точно под самолетом.

Направление съемки – линия, проходящая через главную точку и точку надира



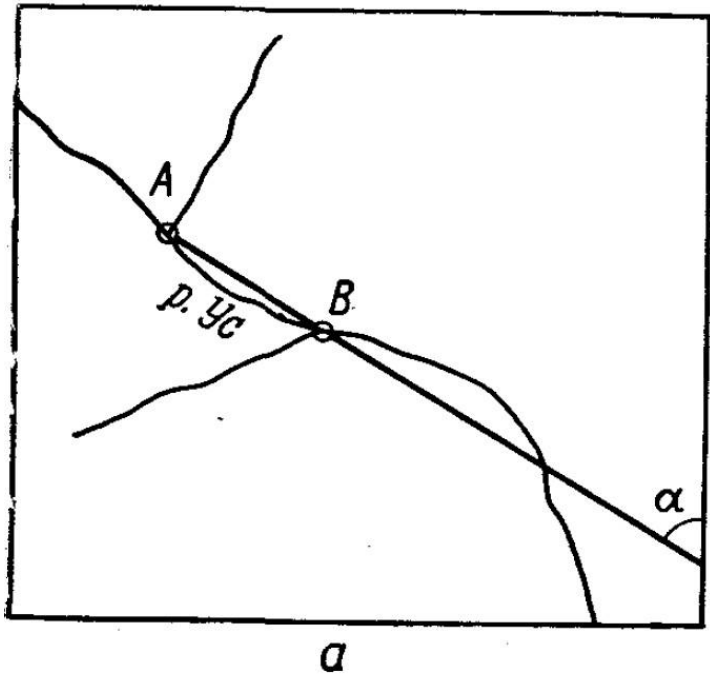
Положение самолета зависит от силы и направления ветра в момент съемки.

Отклонение самолета от прямолинейного и горизонтального движения в вертикальном направлении (вверх/вниз) – **тангаж (кабрирование, пикирование)**, в горизонтальном (вправо/влево) – **рыскание**; угловые движения вокруг продольной оси – **крен**.

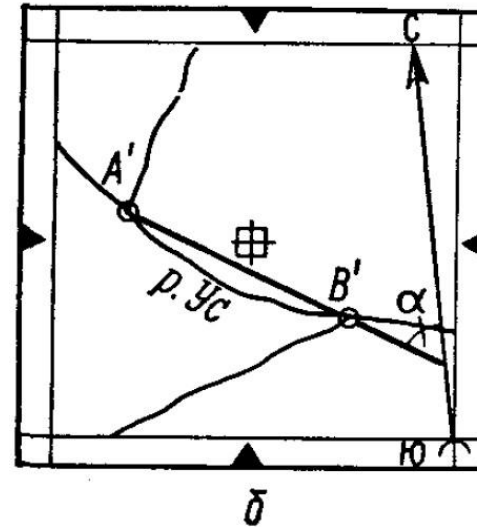
Для картографических работ нужно определить положение снимка относительно местности – для этого определяем положение главной точки с последующем нахождением ее на топографической карте. Также необходимо знать ориентировку снимка.

Ориентирование аэроснимка по карте

α – угол между линией АВ и меридианом

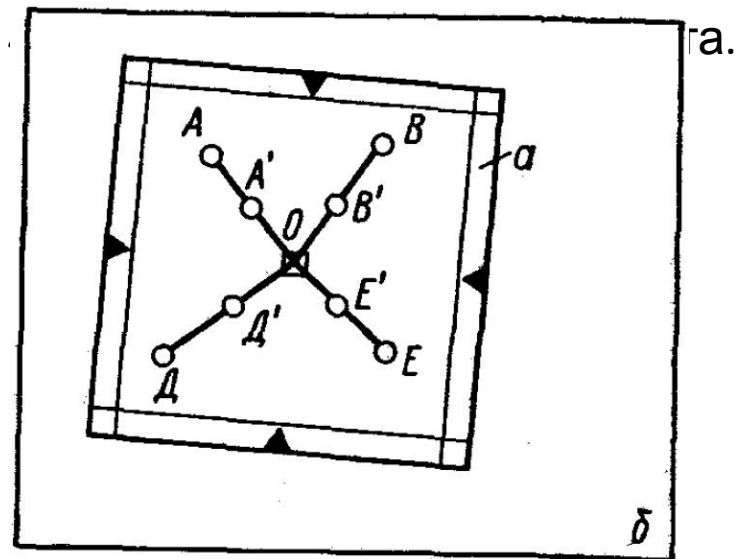
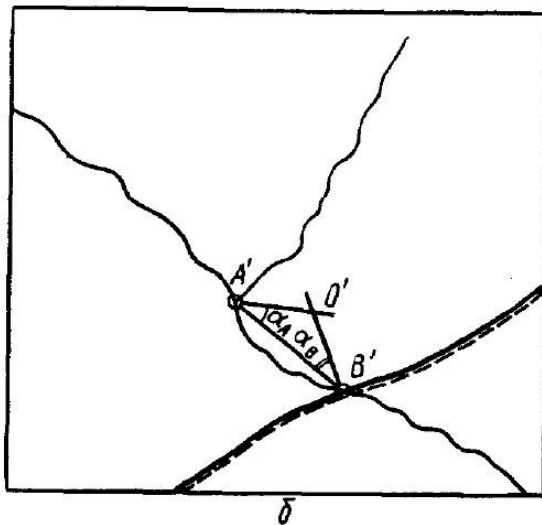
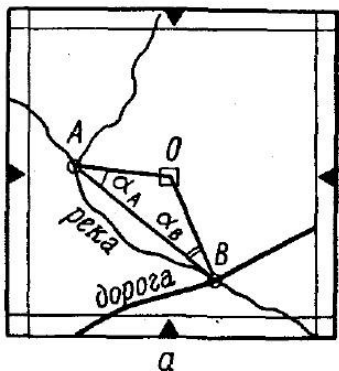


Топографическая
карта

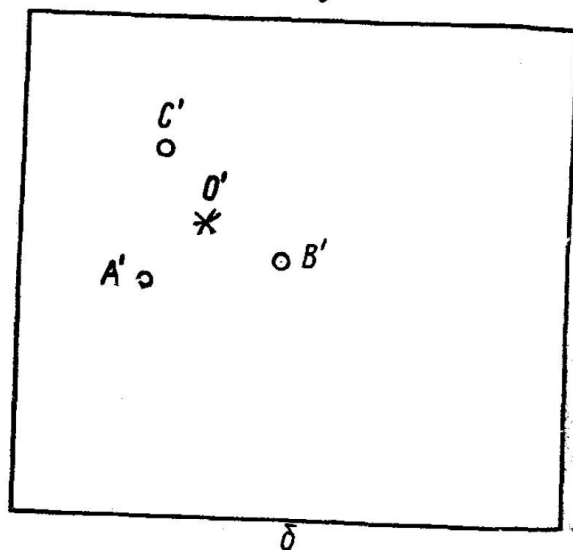
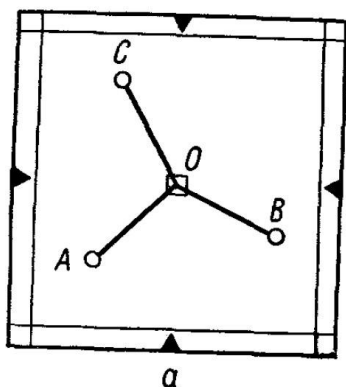


Аэрофотоснимок

Привязка аэроснимка к карте (главной точки или любой другой) для перенесения на карту результатов дешифрирования снимка: 1. по контурам; 2. полярным способом (по 2-м контурным точкам); 3. способом засечек из 3-х контурных точек; 4. способом обратной засечки из



2. Полярным способом



4. Способ обратной засечки

3. Способ засечек

а - Аэрофотоснимок
б - Топографическая карта

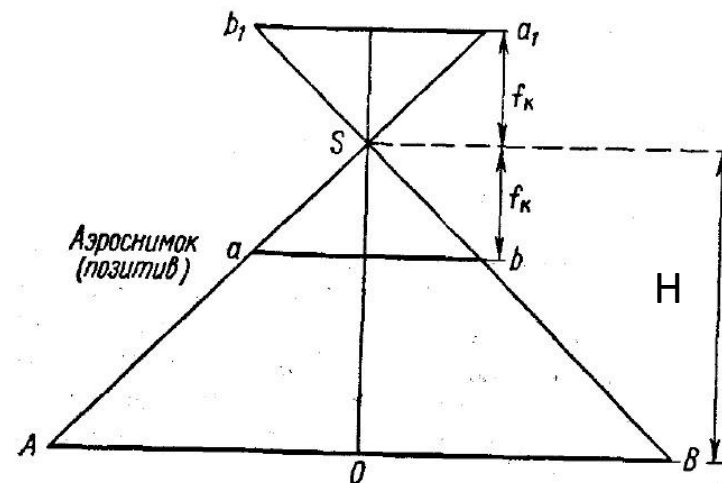
Определение масштаба аэрофотоснимка

Масштаб горизонтального снимка плоской равнинной поверхности – отношение фокусного расстояния аэрофотоаппарата к высоте фотографирования

$$1 / m = f_k / H$$

m – знаменатель масштаба
снимка
 H – высота фотографирования

f_k – фокусное расстояние
аэрофотоаппарата



Масштаб горизонтального снимка горной местности (вершины имеют более крупный масштаб, впадины – мелкий, т.е. появляются искажения).

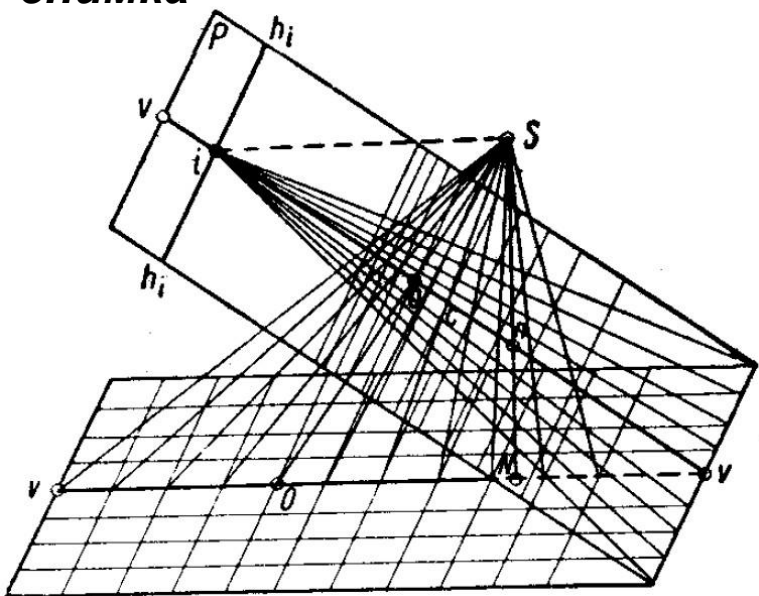
$$1 / m = f_k / H - h$$

H – высота фотографирования над условной средней плоскостью, принятой за начальную
 h – превышение данного участка над начальной (может быть + или -)

Начальная плоскость – средняя относительно всех точек данной местности.
Масштаб является средним.

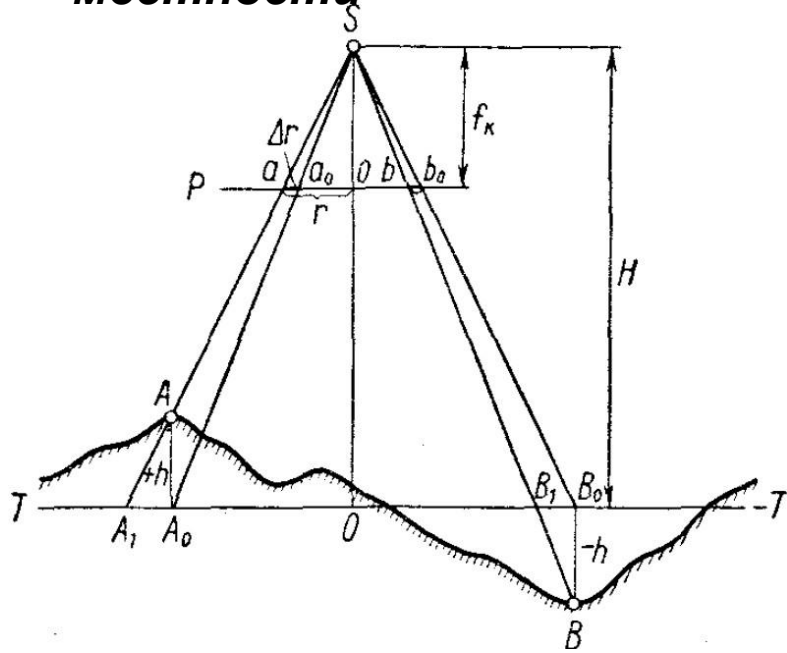
Влияние наклона оптической оси на масштаб

снимка



- Масштаб наклонного снимка неодинаков и изменяется по-разному в различных его направлениях. Наибольшие изменения в направлении **главной вертикали $v-v$**
- Масштаб увеличивается от **точки нулевых искажений S** к основанию плоскости **P** и уменьшается по направлению к **линии горизонта $h-h$** .
- Искажаются положение точек, длины и направления линий, углов, площадей, проектирующихся на наклонном снимке.
- **Искажение убирается с помощью приборов – фототрансформаторов**

Смещение точек на АФС из-за рельефа местности



Искажения больше при увеличении превышения рельефа над принятой **начальной (средней) уровенной поверхностью фотографирования Т-Т**

Искажения увеличиваются к краям снимка по радиусам от **центральной точки снимка O**, кроме точек на высоте начальной поверхности фотографирования Т-Т.

Искажения уменьшаются с увеличением высоты фотографирования или уменьшением фокусного расстояния АФА.

$$\Delta r = a_0 \pm a$$

$$\Delta r = rh/H \text{ или } \Delta r = rh/f_k m$$

h – высота точки над средней плоскостью

r – радиус (расстояние точки до главной точки снимка)

H – высота фотографирования над средней плоскостью

m – масштаб снимка

f_k – фокусное расстояние фотоаппарата

Искажение вертикального масштаба изображения

Объемная модель, наблюдаемая в стереоскопе, обычно имеет искаженный вертикальный масштаб, как правило она более контрастная, чем сама местность (то есть, вертикальный масштаб кажется сильно преувеличенным по отношению к горизонтальному).

Степень искажения контрастности рельефа – коэффициент пластичности АФС:

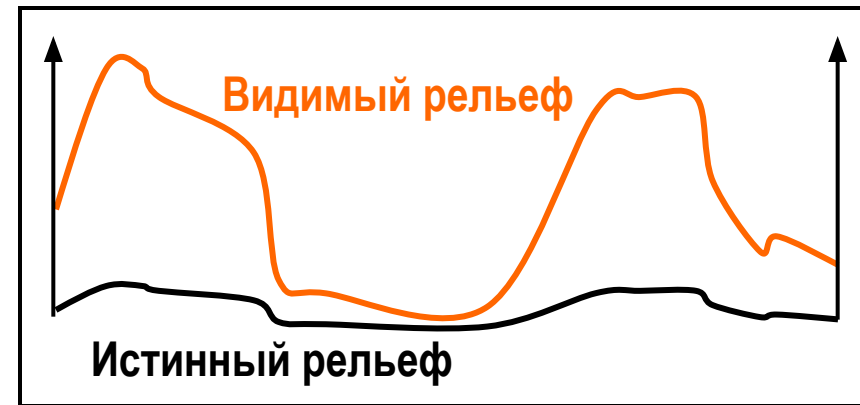
$$C = (\rho / f) \times (b_{\text{сн}} / b_{\text{гл}}), \text{ где}$$

ρ – расстояние лучшего видения (~250 мм),

f – фокусное расстояние камеры,

$b_{\text{сн}}$ – базис снимка, $b_{\text{гл}}$ – глазной базис

(расстояние между зрачками – 62-68 мм).

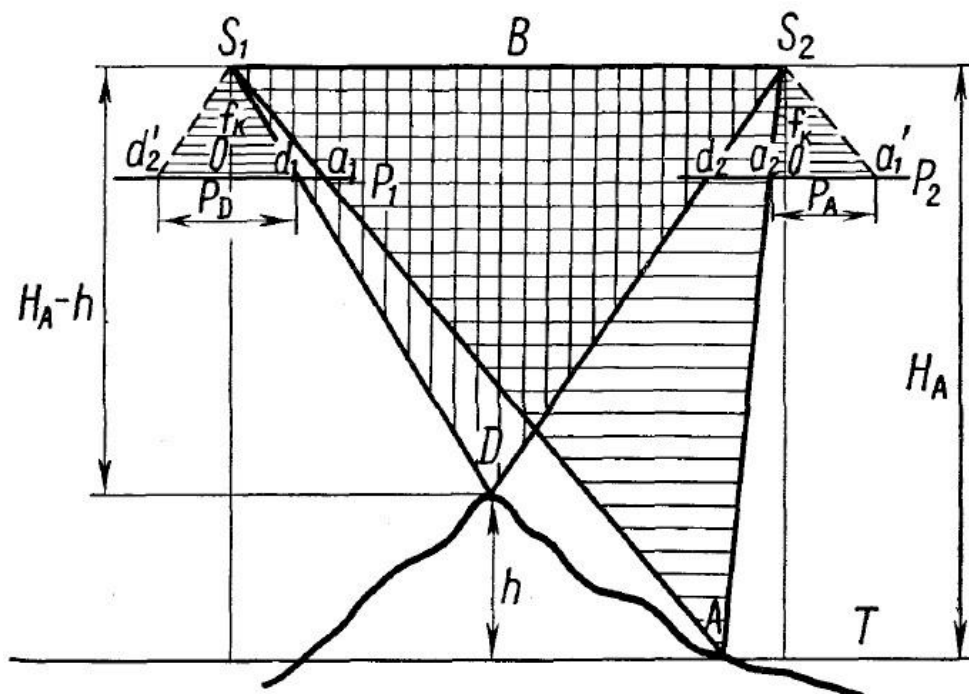


Фактически коэффициент пластичности АФС зависит только от фокусного расстояния камеры. При работе на равнинной местности контрастность рельефа на АФС лучше увеличить, чтобы подчеркнуть его морфологию, поэтому применяют короткофокусные объективы. При работе в горной местности, где рельеф и так контрастен, применяют длиннофокусные объективы.

Измерения на аэрофотоснимках

Принцип измерения продольных параллаксов точек местности для определения их высоты и координат X и Y. Зная высоту и координаты 3-х точек кровли или подошвы пласта не лежащих на одной прямой можно определить элементы залегания пород, их мощность.

Продольный параллакс – разность абсцисс одноименных точек на правом и левом аэрофотоснимках стереопары.



$B (S_1 - S_2)$ – базис фотографирования

$$P_A = x a_1 + x a_2$$

$$P_D = x d_1 + x d_2$$

$$P_A / B = f_k / H_A, \quad m_A = H_A / f_k$$

$$P_A = B / m_A$$

$$b = B / m_A$$

$$h = H / (b + \Delta p) \Delta p$$

h – превышение данной точки над исходной

b – базис фотографирования в масштабе изображения плоскости точки

Δp – разность продольных параллаксов данной точки и искомой

Продольный параллакс любой точки на аэрофотоснимке равен базису фотографирования в масштабе горизонтальной плоскости, проведенной через данную точку

При вычислении разности параллаксов – из параллакса искомой точки вычитается параллакс исходной.

Параллактический коэффициент – высота в метрах, соответствующая 1 мм параллакса для данной стереопары снимков. Значение по номограмме.

$K = H / b$, получаем $h = K\Delta p$

Высота фотографирования H над исходной точкой A – определяется путем вычитания из абсолютной высоты фотографирования A_0 отметки исходной точки A .

$H_A = H_0 - A$, где H_0 – из паспорта залета

Базис фотографирования в масштабе снимка – расстояние измеренное от главной точки данного аэроснимка до главной точки смежного аэроснимка, перенесенной на данный снимок.

Линия соединяющая главные точки снимка – начальное направление или ось абсцисс аэроснимка.

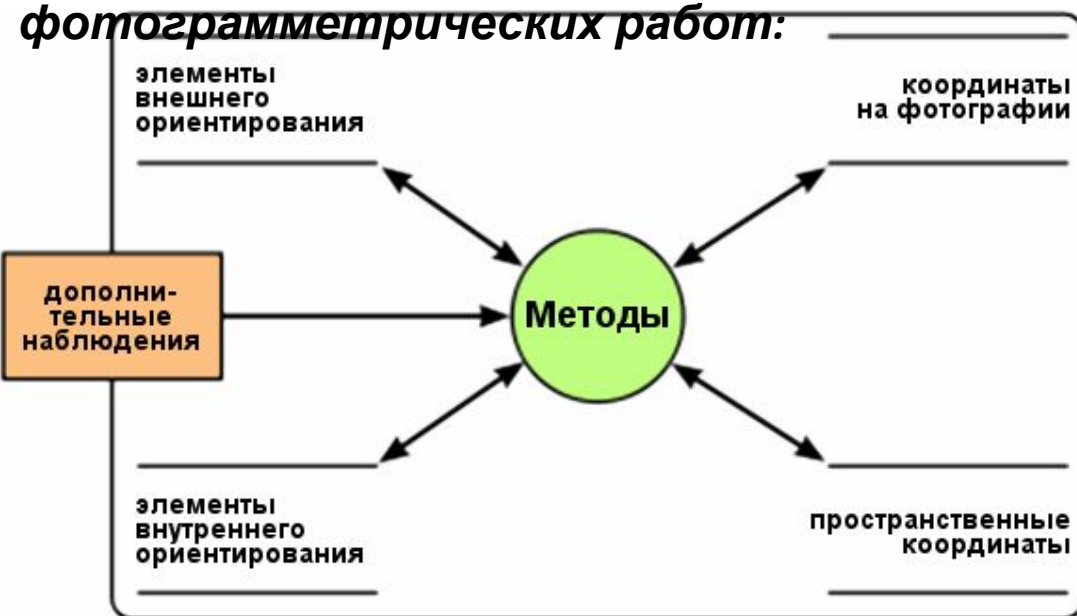
Параллаксометр – прибор для стереоскопического измерения продольных параллаксов точек местности на паре перекрывающихся аэроснимков под зеркальным стереоскопом.

Топографический стереометр

Геологический стереометр – определяет элементы залегания пород и мощности пластов.

Фотограмметрия – наука, занимающаяся определением формы, размеров, положения и иных характеристик объектов по их фотоизображениям

Типы входных и выходных данных при производстве фотограмметрических работ:



- **Пространственные координаты** определяют положение точек объекта в пространстве;
- **Координаты на фотографии** определяют положения точек объекта на аналоговом или цифровом снимке;
- **Элементы внешнего ориентирования** фотоаппарата определяют его положение в пространстве и направление съёмки (трёхмерные координаты центра проекции, продольный и поперечный углы наклона снимка и угол поворота);
- **Элементы внутреннего ориентирования** определяют геометрические характеристики процесса съёмки. (фокусное расстояние объектива, характер искажений, вносимых при съёмке: например, дисторсия объектива, деформация фотоматериала и пр.) и двухмерные координаты главной точки);
- **Дополнительные наблюдения** помогают точнее определять расстояния и координаты точек объекта, а также уточнять масштабы и саму систему координат.

ДЕШИФРИРОВА НИЕ



Задачи использования дистанционных методов в геологии

1. Предварительное ознакомление с территорией работ (**по существу, АФС - это фотография местности**).
2. Ориентирование в полевых условиях:
 - на снимках местность отражена подробнее и точнее, чем на карте;
 - на снимках легко определить те же ориентиры, что есть на карте и местности (**привязать снимки к карте и местности**).
3. **Геологическая интерпретация аэрофотоснимков – дешифрирование АФС – выявление информации о геологическом строении местности, изображенной на снимке.** Обычно делится на несколько стадий:
 - **предварительное** (на базе первичной геологической модели);
 - **опережающее маршрутное** (на базе предварительного дешифрирования и непрерывно меняющейся в ходе маршрута модели);
 - **завершающее маршрутное** (на базе полной маршрутной информации об участке съёмки);
 - **окончательное** (на базе полной информации о районе съёмки).
4. Количественная интерпретация аэрофотоснимков (АФС) – инструментальная обработка снимков с установлением по ним абсолютных отметок точек поверхности, элементов залегания слоев, мощностей слоев и т.д. Производится с помощью специальных приборов (**стереокомпараторов** и пр.).

По месту производства работ **дешифрирование аэроснимков** подразделяют на **полевое** и **камеральное**, по средствам выполнения может быть **визуальным** и **инстру-**

ментальным. В зависимости от специфики технологического процесса дешифрирование

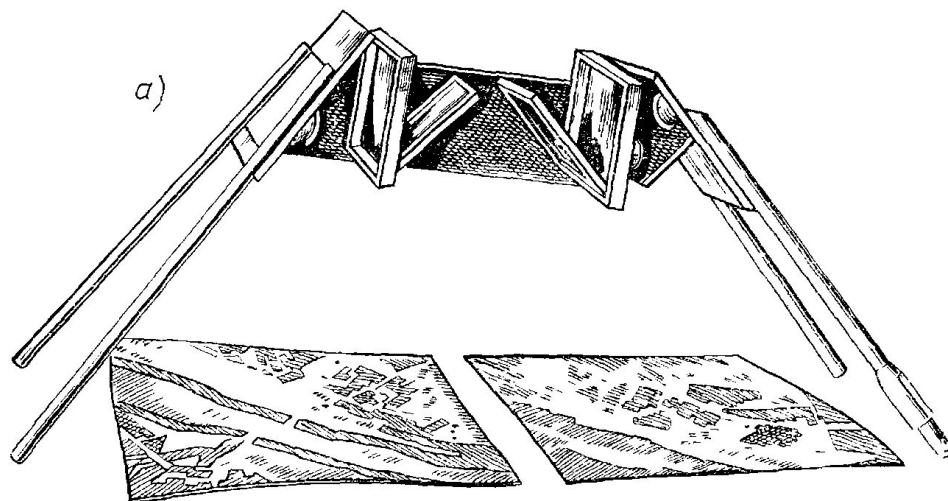
может выполняться непосредственно на **аэроснимках, негативах, позитивах,**

Задачи геологического дешифрирования:

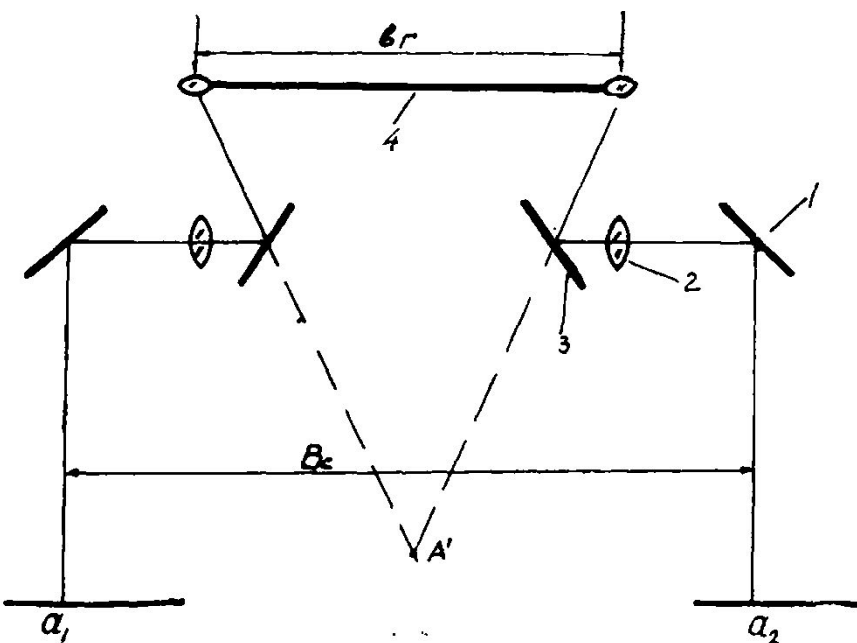
1. Выявление и прослеживание на АФС границ распространения определенных горизонтов или тел горных пород, обладающих общими характерными признаками
 2. Структурное дешифрирование (выявление, прослеживание, анализ стратиграфических и тектонические взаимоотношений комплексов горных пород (элементы залегания, мощности, несогласия, типы структур, тектонические нарушения)
 3. Определение и анализ физико-геологических процессов на поверхности горных пород (выветривание, карст, формирование мезо- и микроформ рельефа)
 4. Установление и изучение поисковых признаков по выявлению полезных ископаемых для проведения детальных работ
- Геологическое дешифрирование основано на проявлении на поверхности физико-геологических свойств различных типов горных пород: вещественный состав, структура, крепость, водопроницаемость, растворимость, слоистость, трещиноватость, мощность.

Эти свойства проявляются в виде характерных форм и типов рельефа, гидрографической сети, степени обнаженности пород, поверхностных рыхлых Q образованиях, распределении растительного покрова и т.д., что фиксируется на АФС в виде характерного рисунка, являющегося **главным критерием** для

Для геологического дешифрирования используются, в основном, черно-белые аэрофотоснимки (АФС) и зеркально-линзовые стереоскопы.

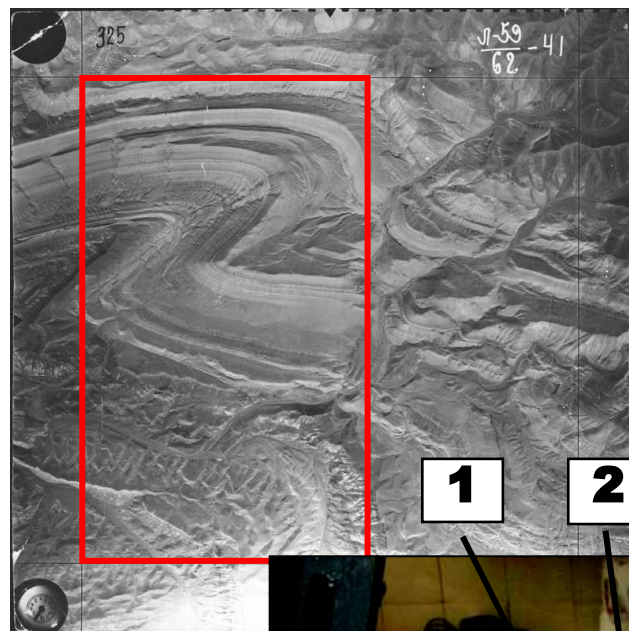
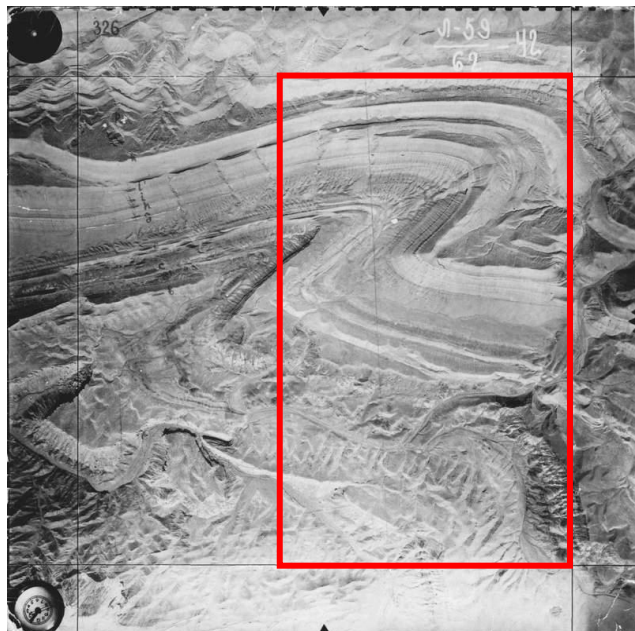


Ход лучей в стереоскопе: 1,3 – внешние и внутреннее зеркала, 2 – линза, 4 – бинокляр (или глаза)



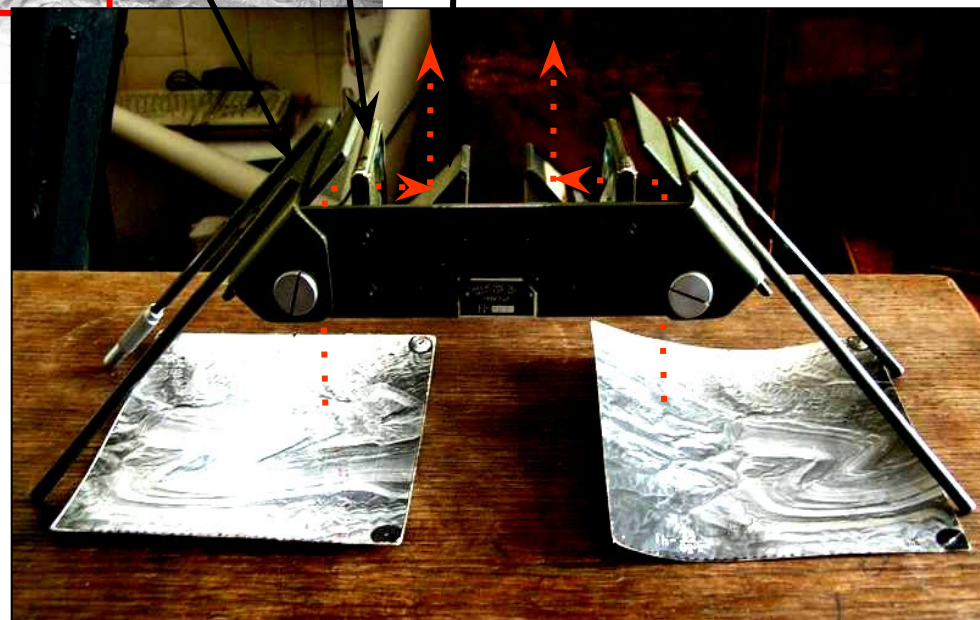
B_c – расстояния между центрами больших зеркал, называемое базисом стереоскопа, b_r – расстояние между передними узловыми точками глаз, называемое глазным базисом. A^1 – воображаемая стереоточка a_1 и a_2 – соответствующие точки на парных снимках

Из-за взаимного перекрытия, на двух соседних снимках будет изображен один участок местности, снятый с двух разных точек. Если создать такие условия, при которых каждое из изображений будет видеть только один глаз, то мозг обработает эту информацию, создавая объемную картину рельефа территории.



Зона перекрытия на рабочих частях снимков

1 **2** **3**



Задачу разделения изображений (левый глаз видит только левый снимок, а правый глаз – только правый) решает мозг

Стереоскоп зеркально-линзовый ЗЛС-1:

1 – большое зеркало; 2 – линза;

Стереоскопический эффект – объемное видение взаимного расположения объектов получается из-за того, что каждый из двух глаз видит взаимное расположение объектов под своим углом зрения.

Воспроизведение и измерение пространственной модели сфотографированной местности основывается на замечательном свойстве глаз – **стереоскопическом зрении**.

Изображение одной и той же точки местности (или точки на снимке), которая засекается каждым глазом с разных концов глазного базиса, получается отдельно каждым глазом и неодинаковым. Ощущение пространства получается из различия мускульных усилий по совмещению зрительных впечатлений. Это различие обуславливается асимметрией изображений на сетчатках глаз или для получения стереоскопического изображения на АФС необходимо:

физиологическом параллаксом

1. Снимки должны быть получены с двух разных точек пространства. Такие АФС представляют собой стереоскопическую пару или стереопару.
2. Разномасштабность снимков не должна превышать 15%.
3. АФС должны находиться на расстоянии **наилучшего зрения** (~ 250 мм) от глаз наблюдателя.
4. Оба снимка рассматриваются одновременно, причем каждым глазом должно наблюдаться одно из двух изображений объекта.
5. Расстояние между идентичными точками на снимках должны равняться главному базису наблюдателя (62-68 мм)
6. Зрительные оси глаз должны быть направлены параллельно, т.е. вдаль.

При выполнении поставленных условий вместо двух плоских изображений можно увидеть одно объемное (рельефное).

ДЕШИФРОВОЧНЫЕ ПРИЗНАКИ – фотометрические (фототон) и геометрические (структура и рисунок фотоизображения).

При геологическом дешифрировании используются дешифровочные признаки, прямо или косвенно отражающие дешифрируемый объект. **Прямые и косвенные.**

Прямые признаки – отображают непосредственно дешифрируемые объекты в геологически открытых районах, где коренные горные породы обнажаются на поверхности, фототон и характер рисунка фотоизображения на снимках обусловлены самими геологическими телами и воспринимаются непосредственно. Это: фототон (цвет, тень), площадная конфигурация, линейные очертания и размеры, объемные формы, характерные для тех или иных геологических объектов.



В геологии это также линейность геологических границ и разрывных нарушений, полосчатость, слоистость осадочных отложений и т.п.

Изометричная антиклиналь, осложненная разрывными нарушениями. Север Ирана (Google Earth).



Фототон – прямой признак на черно-белых и цветных АФС.

Используется как показатель спектральной отражательной способности различных геологических объектов (горных пород на земной поверхности)



Черно-белый
СНИМОК



Спектрональный
СНИМОК

Косвенные признаки – отображают не непосредственно геологические объекты, а элементы ландшафта, связанные с геологическим строением изучаемой территории, в закрытых районах – геологические объекты не находят прямого выражения на снимках, поскольку скрыты рыхлыми отложениями осадочного чехла и растительностью, дешифрирование ведется через геоиндикаторы:

В качестве индикаторов геологических объектов могут выступать **рельеф, гидросеть, растительность, почвы, характер увлажнения, проявления деятельности человека.**

Например, по формам рельефа дешифрируются границы распространения различных типов горных пород, условия залегания и элементы складчатой и разрывной тектоники.

Зависит от свойств пород: крепость, водонепроницаемость, водонасыщенность, растворимость, слоистость, трещиноватость.

В зависимости от этого находится их подверженность процессам выветривания и эрозии.

Фотомаркирующие горизонты – пласты осадочных пород хорошо выделяющиеся на аэроснимках по ряду дешифрирующих признаков и прослеживающиеся на большие расстояния. Могут отличаться по цвету, фототону, литологии, рельефу и т.д.

МЕТОДЫ ДЕШИФРИРОВАНИЯ

- **прямой** (открытые районы, возможно прямое сопоставление объектов на снимках и геологических тел)
- **контрастно-аналоговый** (открытые и закрытые районы, сравнение со снимками эталонных структур геологически однотипных площадей)
- **ландшафтно-индикационный** (закрытые районы, основан на анализе взаимоотношений явных компонентов ландшафта со скрытыми геологическими структурами).

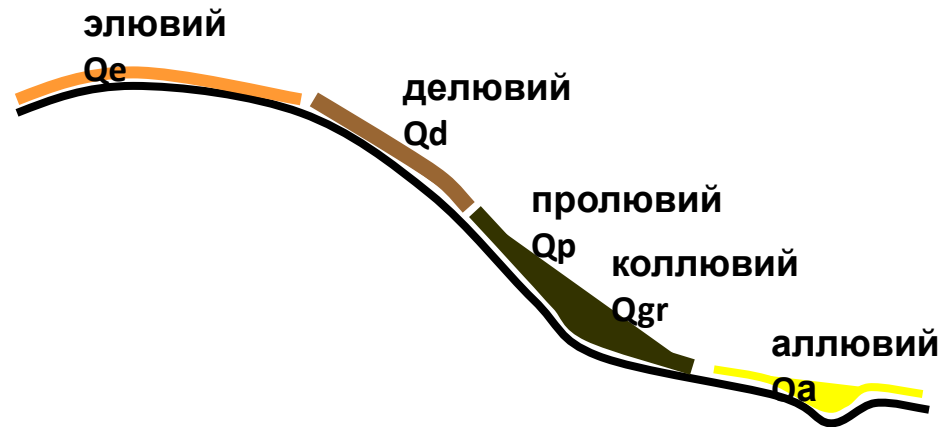


Антиклиналь, Туркмения, Google Earth

Дешифрирование четвертичных образований

Задачи:

- Установление границ,
- Определение генезиса,
- Установление относительного возраста,
- Определение состава,
- Анализ неотектонических (современных) рельефообразующих движений (процент выхода коренных пород и задернованности, конусов обвалов)



Четвертичные образования тесно связаны со строением рельефа и с составом коренных пород.

Элювиальные образования (коры выветривания) развиваются, главным образом, в пределах слабо расчлененных уплощенных водоразделов, на древних денудационных террасах, а также в полупустынных и пустынных областях.

Делювиальные образования (склоновые) тесно связаны с формами рельефа, с составом и условиями залегания коренных пород. На склонах круче 25° делювиальные отложения не накапливаются, если только они не закреплены растительностью. При оконтуривании делювиальных образований учитывается, главным образом, характер склонов.

Коллювиальные образования – грубощебнистые обвальные и осыпные накопления, образующиеся у подножия крутых склонов: **оползни** – цирки, уступы, террасы; **обвалы** – цирки, бугристая поверхность в виде вала или конуса; **осыпи** – каменные потоки и конуса.



Пролювиальные образования (временных водных потоков) накапливаются на склонах и их подножиях в виде шлейфов, обычно лишенных растительного покрова. Этот процесс плоскостного смыва рыхлых отложений называется плоскостной эрозией. В местах интенсивного пролювиального смыва на склонах виден густой, часто веерообразный ветвистый или переплетающийся струйчатый рисунок



Аллювиальные образования (постоянных водотоков) тесно связаны с речными системами. При дешифрировании этих отложений устанавливаются геоморфологические элементы речных долин: русло, пойма, террасы, склоны. Русловые и пойменные отложения в руслах рек. Их границы очерчиваются деятельностью речного русла (следы блуждания), старицами, характерным ленточным распределением влаголюбивой растительности, в том числе и пойменными лесами. У населенных пунктов поймы нередко засажены садами.



Золотые образования (деятельности энергии ветра) – закономерно ориентированные (направление ветров) холмы, гряды, дюны, барханы



Дельтовые образования – отложения речных наносов в морях и озёрах у устьев рек. Возникающая из дельтовых отложений аккумулятивная форма – дельта сложена преимущественно речными и озёрно-болотными осадками.



Ледниковые образования – основные и конечные морены, трог прорезанные ледниками, грядово-холмистый рельеф



Ледниковые образования – озерно-ледниковые отложения



Флювиогляциальные образования – грядово-холмистый рельеф: озы, друмлины, камы, зандровые поля



Путем дешифрирования космо- и аэрофотоснимков можно выявлять и изучать различные складчатые образования, разрывные нарушения, несогласия, а также условия залегания горных пород.

Горизонтально залегающих отложений – дешифрирование производится в случаях, когда на снимках прослеживаются отдельные фотомаркирующие пласты или горизонты. Такими пластами могут быть выдержанные по простиранию скалистые карнизы на склонах, или отличающиеся на снимках плотностью фототона, или подчеркивающиеся особой растительностью, почвенным покровом, либо другими косвенными признаками.

Слоистость осадочных пород передается чередованием фототона различной плотности, которая зависит от естественной окраски пород, их физических свойств, рельефа, растительности

При расчлененной поверхности *границы между слоями* имеют сложную конфигурацию, *повторяющую горизонтали рельефа*

При дешифрировании **наклонно залегающих толщ** кроме решения вопросов стратиграфического расчленения, выявления литологического состава пластов и характера их границ, на аэрофотоснимках можно определять элементы залегания и мощность слоев.

Определение элементов залегания производится по пластовым треугольникам. Если пласты залегают наклонно, то изображение их на АФС имеет изогнутые очертания.

Если соединить три точки, например в подошве пласта, то получится пластовый треугольник.

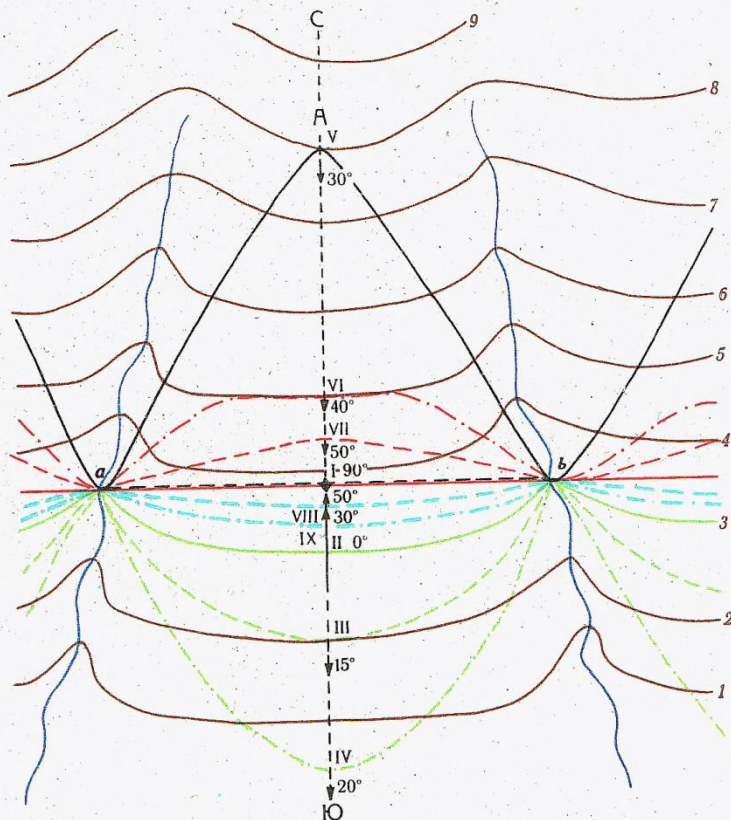
Пластовый треугольник в долине показывает направление падения пласта, а на водоразделе направления восстания пласта (угол падения пласта круче склона).

Пластовый треугольник на водоразделе показывает направление падения пласта, а в долине направления восстания пласта (угол падения пласта положе склона).

При определении направления падения слоев по пластовым треугольникам необходимо учитывать следующее. Пластовые треугольники для этой цели можно использовать только в том случае, если угол падения слоев больше, чем угол падения склона рельефа. Если картина обратная, т.е. склоны крутые и углы их падения больше, чем углы падения слоев, то вершина угла, образованного изгибом

Пластовые фигуры

Выходы слоя на поверхность в зависимости от величины его угла падения в условиях горного рельефа



1-9 – изолинии рельефа

Падение пласта:

— вертикально

- - - круче склона

- - -

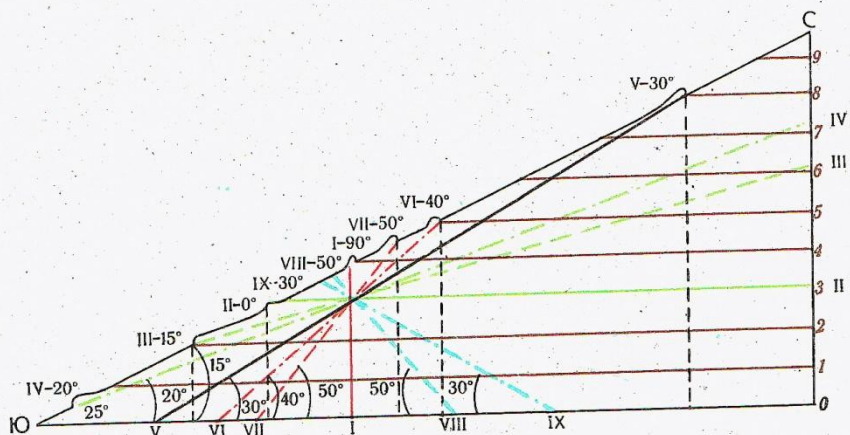
— горизонтально

- - - положе склона

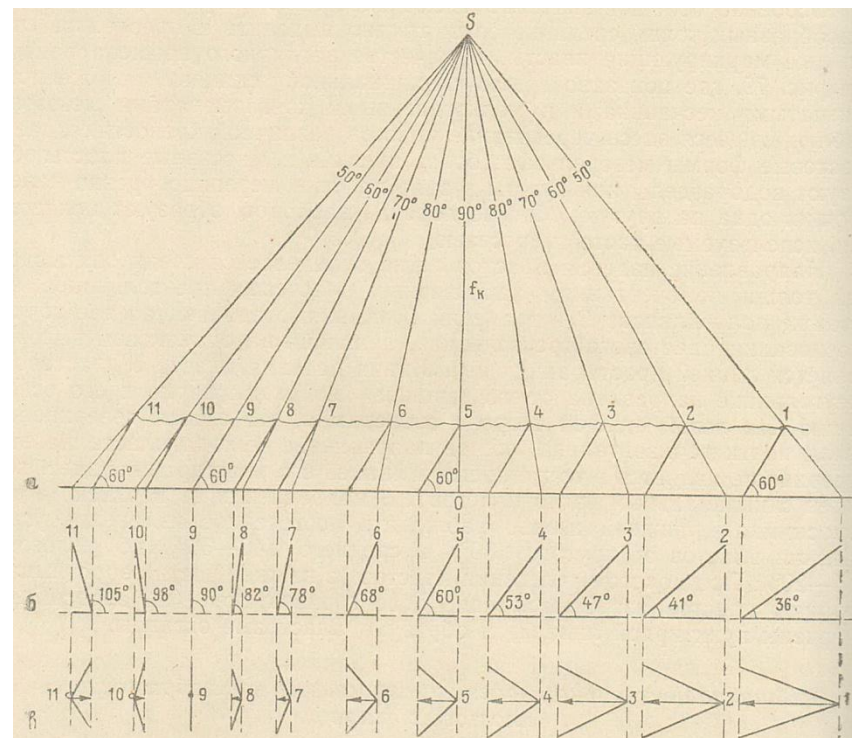
- - -

- - - в противоположную сторону от склона

- - -



- I – вертикальный пласт – $\angle 90^\circ$
 - II – горизонтальный пласт – $\angle 0^\circ$
 - III – пологое падение пласта – $\angle 15^\circ$
 - IV – пологое падение пласта – $\angle 20^\circ$
 - V, IX – среднее падение пласта – $\angle 30^\circ$
 - VI – среднее падение пласта – $\angle 40^\circ$
 - VII, VIII – крутое падение пласта – $\angle 50^\circ$
- } Пласт падает положе склона ($\angle \text{СЮВ} = 25^\circ$)





Антиклиналь, Северный Иран Google Earth



Моноклиналъ, Загрос (Ирак) Google



Антиклинальная складка, Загрос (Ирак)

Основное значение при дешифрировании складок имеют пластовые треугольники, литологический состав слоев и характер замыкания складок.

Строение складок с наклоном крыльев в разные стороны можно выявить по пластовым треугольникам:

В антиклинальных структурах вершины треугольников на каждом крыле направлены в разные стороны от оси складки, в синклинальных – навстречу друг другу.

В ассиметричных структурах пластовые треугольники более острые на пологом крыле и более тупые – на крутом.

В изоклинальных складках вершины пластовых треугольников направлены в одну и ту же сторону и для выявления таких складок нужно привлекать характер их замыкания – центриклинальный (синклиналь) или периклинальный (антиклиналь). Использование характера замыкания позволяет установить не только саму структуру, но и определить положение оси складки и направление погружения шарнира.

При дешифрировании разрывных нарушений следует использовать как прямые, так и косвенные дешифровочные признаки.

К прямым признакам относятся очертания объекта (форма), его размер, плотность фототона (для черно-белых снимков) или цвет (для цветных или спектральных).

Косвенными признаками могут быть спрямленные участки русел рек и речных долин, коленообразные изгибы водотоков и овражно-балочной сети, цепочки родников, естественная смена растительности по прямой или близкой к ней линии, повышенная густота растительного покрова, смена фототона или цвета по прямой за счет соприкосновения толщ различного состава и т.д.

Разрывы, возникшие в новейшее время или подновленные древние нарушения так или иначе фиксируются в рельефе: появление уступов, суженных участков речных долин, образование в руслах водопадов, порогов, понижений в рельефе в виде цепочки оврагов и др.

Сдвиги опознаются по изгибам слоев вблизи поверхности сместителя, ориентированным под углом к линии сместителя. Новейшие сдвиги часто устанавливаются по горизонтальному смещению гидросети и других форм рельефа. Крутые разломы характеризуются относительной прямолинейностью и срезанием поверхностью сместителя слоистости на крыльях складок. Линии разрывов могут также разграничивать участки с различной окраской пород, различным рельефом и другими особенностями ландшафта

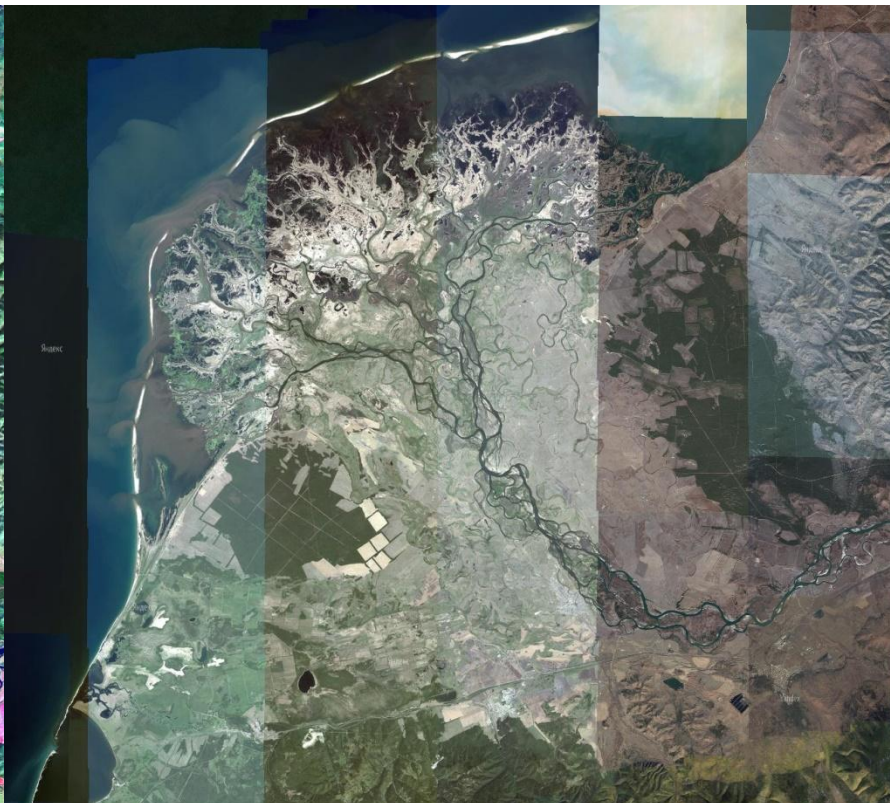
Космогеологический метод:

- Огромный массив данных о геоландшафте
- Экзогенная и эндогенная природа объектов
- Генетические связи с глубинным строением
- Часть геологических объектов не фиксируется другими методами
- Информативен при комплексном применении с другими геолого-геофизическими данными
- Высокая степень субъективности
- Особенности дешифрирования – преобладание косвенных признаков

Спектрональный снимок
дельты р. Селенга,
впадающей в о. Байкал



Yandex космofотоснимок



Масштабы космоснимков

Структурно-тектоническая информация определяется уровнем генерализации и обзорности МДЗ

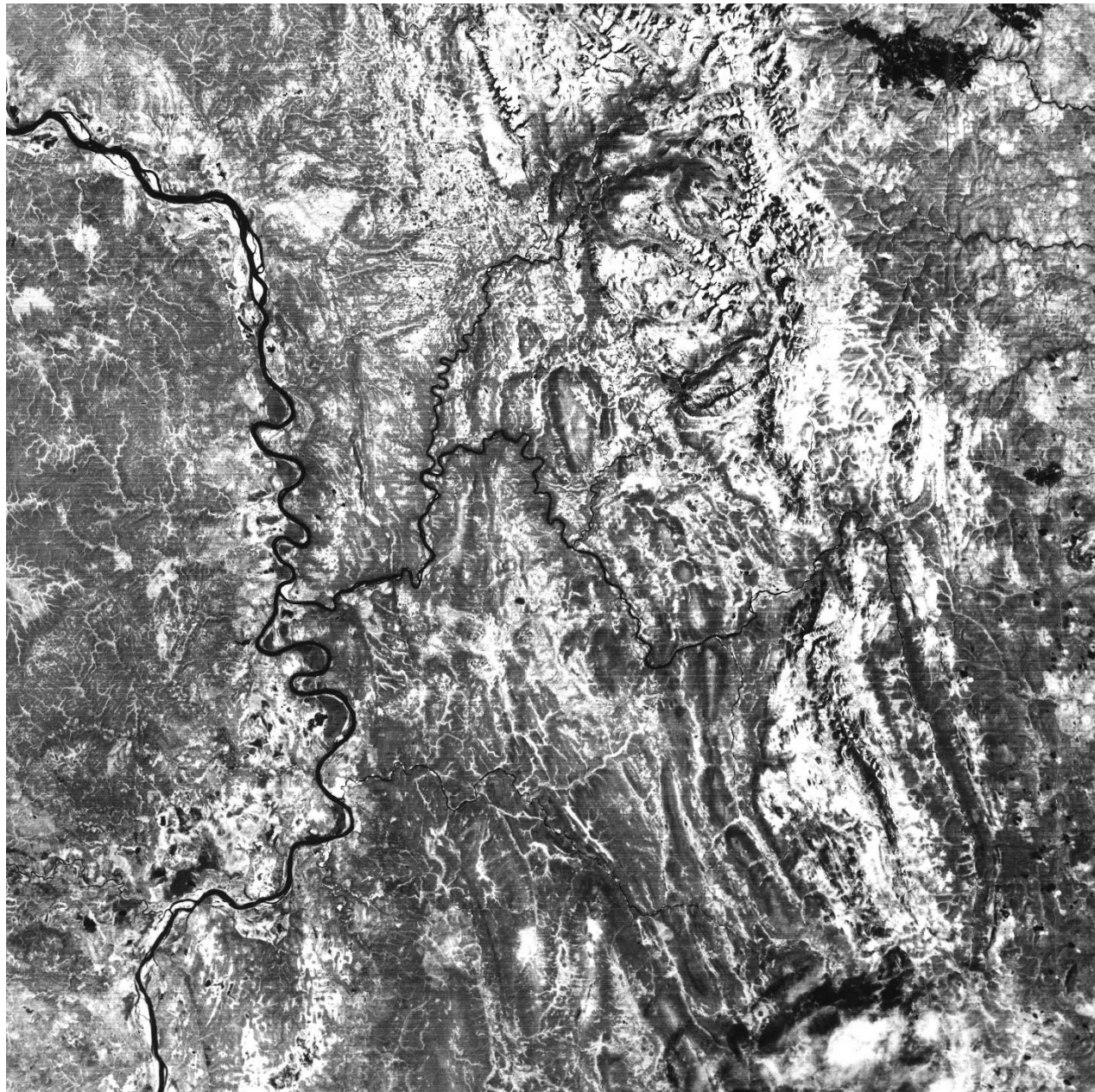
- КС континентального уровня генерализации («Terra», NOAA, «Метеор-Природа»);
- КС регионального уровня генерализации («Landsat», Ресурс--камера МК-4, КАТЭ-200);
- КС локального и детального уровней генерализации (SPOT, Ресурс – камера КФА-1000, КАТЭ-140, Quick Bird)
- Фиксируются границы седиментационных бассейнов (НГБ), глубинные тектонические нарушения, крупные блоки фундамента;
- Выделяются блоки второго порядка, валы своды, авлакогены, прогибы. Намечаются наиболее поднятые и опущенные участки, выявляются особенности дизъюнктивов, распространение региональных надвигов;
- Детали складчатых и разрывных дислокаций

**«Континентальный»
масштаб
КС «Terra» Кавказ**



**«Региональный»
масштаб**

КС «Landsat»
регионального
уровня
генерализации
на восточную
часть Тимано-
Печорского НГБ





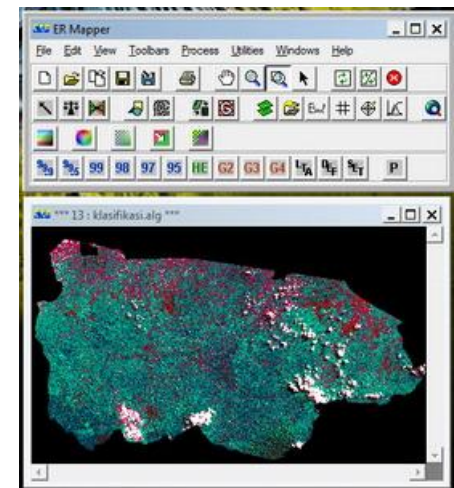
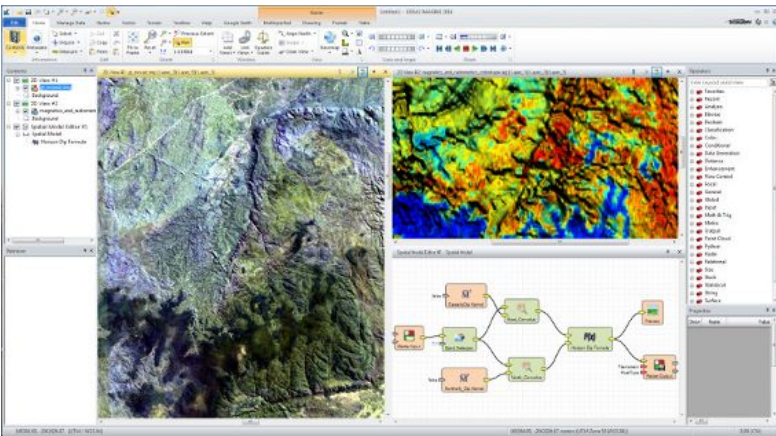
«Зональный» масштаб

КС «Ресурс»
зонального
уровня
генерализации
на восточную
часть Тимано-
Печорского НГБ

Повышению информативности дешифрирования МАКС способствует их направленная обработка.

Наиболее распространены программные продукты *Erdas Imagine* (растрово-векторная ГИС для работы с данными дистанционного зондирования)

и *Er Mapper* (обработка данных дистанционного зондирования всех видов, разработка карт на профессиональном уровне, интеграция данных, подготовка данных для ГИС)



- ✓ **Ликвидация погрешностей** (рельеф, сферичность земли, облака, лес и т.п.).
- ✓ **Сшивка снимков:**
 - накидной монтаж (рамки трапеций, названия рек, населенных пунктов и др.)
 - фотосхема (мозаика, концентрическая увязка)
 - фотоплан (приведение к заданному масштабу, жесткая топосхема)

