

«...Космические снимки дают в руки исследователя новые сведения, факты, которые другими способами не могут быть получены.»

Л.Е.Смирнов

Лекция 10

Технология геологического дешифрирования (порядок работы со снимками)

Методы и принципы геологического дешифрирования

- 1. Методы многоступенчатой детализации (от общего к частному) или последовательной генерализации (от частного к общему)**
- 2. Принцип последовательного съема информации**
- 3. Принцип возвращения**
- 4. Методы контрастно-аналоговый и ландшафтно-индикационный**



Этапы геологического дешифрирования

Подготовительные работы	Формулируется цель исследования; масштаб работ; формулируются требования к отчетным материалам; составляется техническое задание на выполнение исследований.
Предварительный этап	Формируется база знаний. Определяются наборы изображений для дешифрирования. Подбираются наборы необходимых изображений и методики обработки. Выявляются ландшафтные аномалии и разломно-блоковое строение территории.
Основной этап	Составляется схема дешифрирования целевых объектов. Проводятся заверочные работы. Схема дешифрирования уточняется, конкретизируется и корректируется.
Завершающий этап	Составляются отчетные материалы, предусмотренные техническим заданием на работы.

Работы подготовительного этапа:

Формирование базы знаний:

**1. Все, что обеспечивает знание о
топографии.**

**2. Все, что обеспечивает знание
геологии (карты и разрезы).**

**3. Все, что обеспечивает знание
ландшафтов и местного
природопользования**

Работы подготовительного этапа:

Знакомство с геологической, геофизической, геохимической и нефтегазогеологической (тематической) изученностью района, доступностью материалов изучения; обеспеченностью территории космическими съемками и топографическими картами, результатами, методикой и технологией использования космических съемок в районе работ.

Оценивается возможность использования материалов предшественников для проектируемых работ. Если работы по данной территории не проводились, то подбирается(-ются) эталон(-ы) – аналог(-и) в сходных ландшафтно-геологических условиях.

- Обосновывается необходимый комплект материалов космической съемки,

- определяются оптимальные природные и технические параметры съемок – масштабы, виды, зоны спектра, сезоны и часы, составляются технические условия ,

- заказываются необходимые материалы.

Набор изображений

Цели и задачи дешифрирования

Геологическое строение

Географическое положение

Критерии отбора изображений

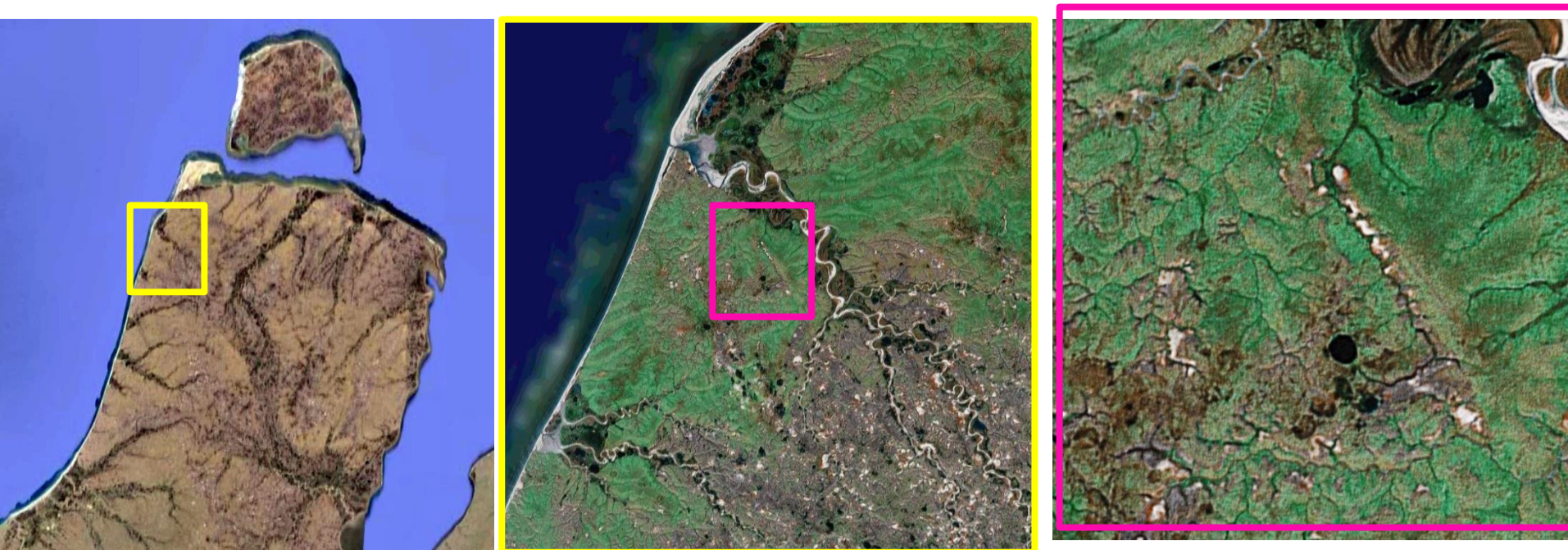
- 1. Оптимальная информативность**
- 2. Ранговая соразмерность**
- 3. Доступность**

Масштаб (разрешение) и уровень генерализации.

При изучении материалов различного уровня генерализации дешифрируются **различные** объекты с другими свойствами, характеристиками.

Геологические и ландшафтные объекты различных иерархических рангов - это объективная реальность, а не искусственно объединенные объекты низших рангов.

Для наиболее полной интерпретации геологического строения в практике геологического дешифрирования применяются наборы изображений различных масштабов. Набор изображений с такой разнице масштабов называется масштабной этажеркой. Это соотношение масштабов примерно трехкратное

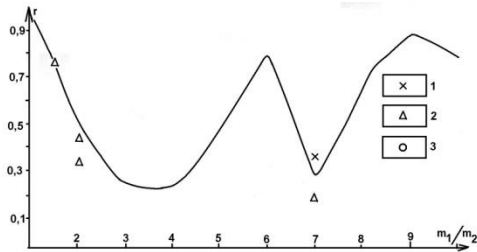
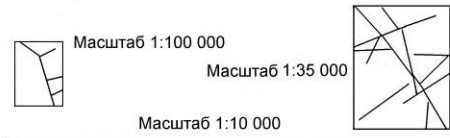


Ямал - пример линеаментов, рассекающих погружающуюся плиту при разных разрешениях. Снимок

Аэрокосмос 2023 Милосердова Л.В. 19-
технология дешифрирования)

LANDSAT-7

Дешифрирующиеся разломы и их характеристики при изменении детальности изображения

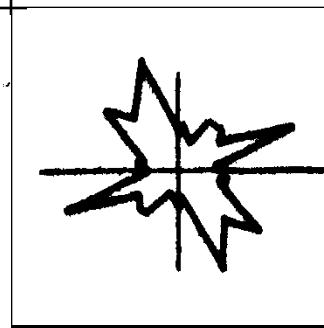
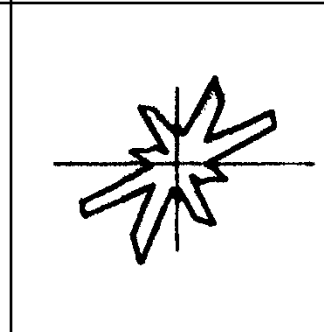
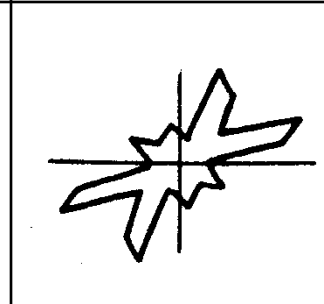
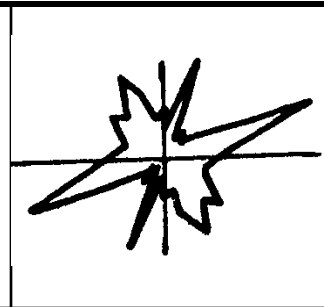
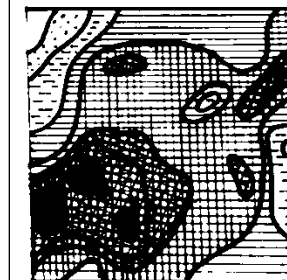
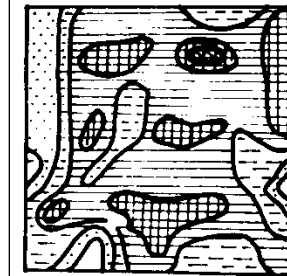
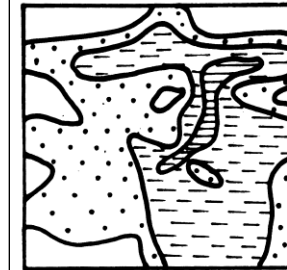
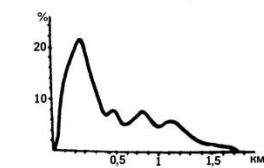
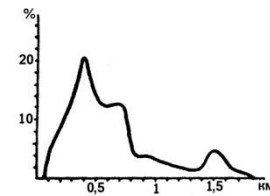
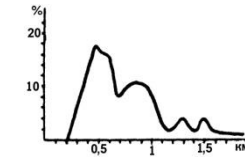
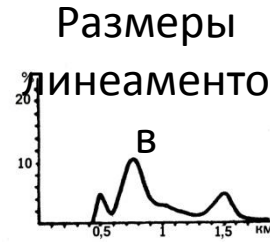
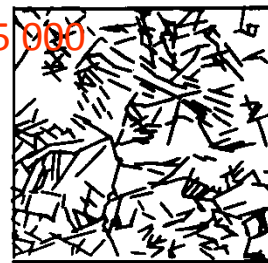
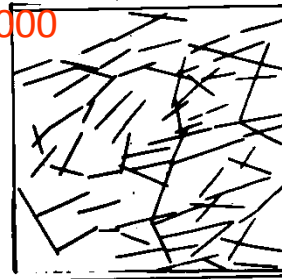
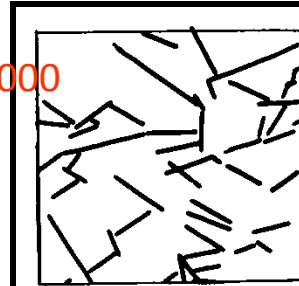


1:100 000

1:50 000

1:25 000

1:10 000



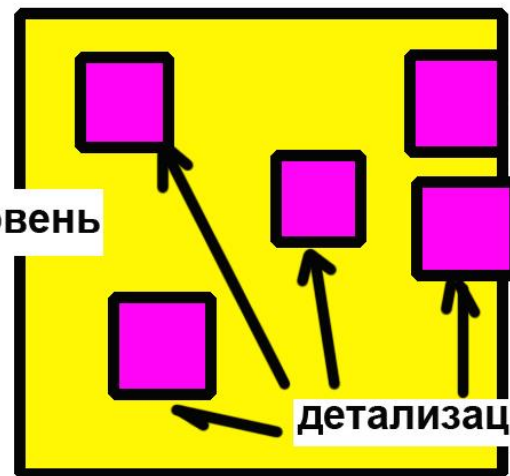
© 2010 Милосердова Л.В. 10-е издание (с изменениями и дополнениями)

График зависимости коэффициента корреляции между розами-диаграммами (r) от отношения масштабов сравниваемых снимков



Обзорный уровень

Целевой участок

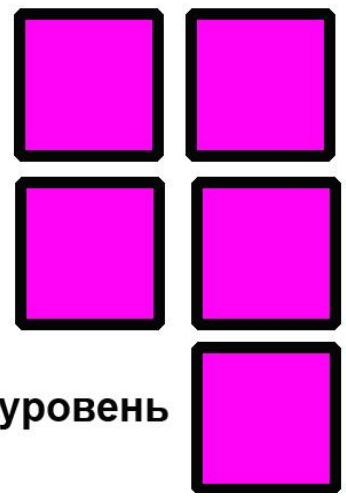


Рабочий уровень

детализационные участки

Масштаб изображения
Работа должна вестись не менее, чем в трех разных масштабах (масштабная этажерка)

! Рабочий масштаб изображения определяется масштабом выполняемых работ.
Он связан с уровнем генерализации, обзорностью и разрешающей способностью изображений.



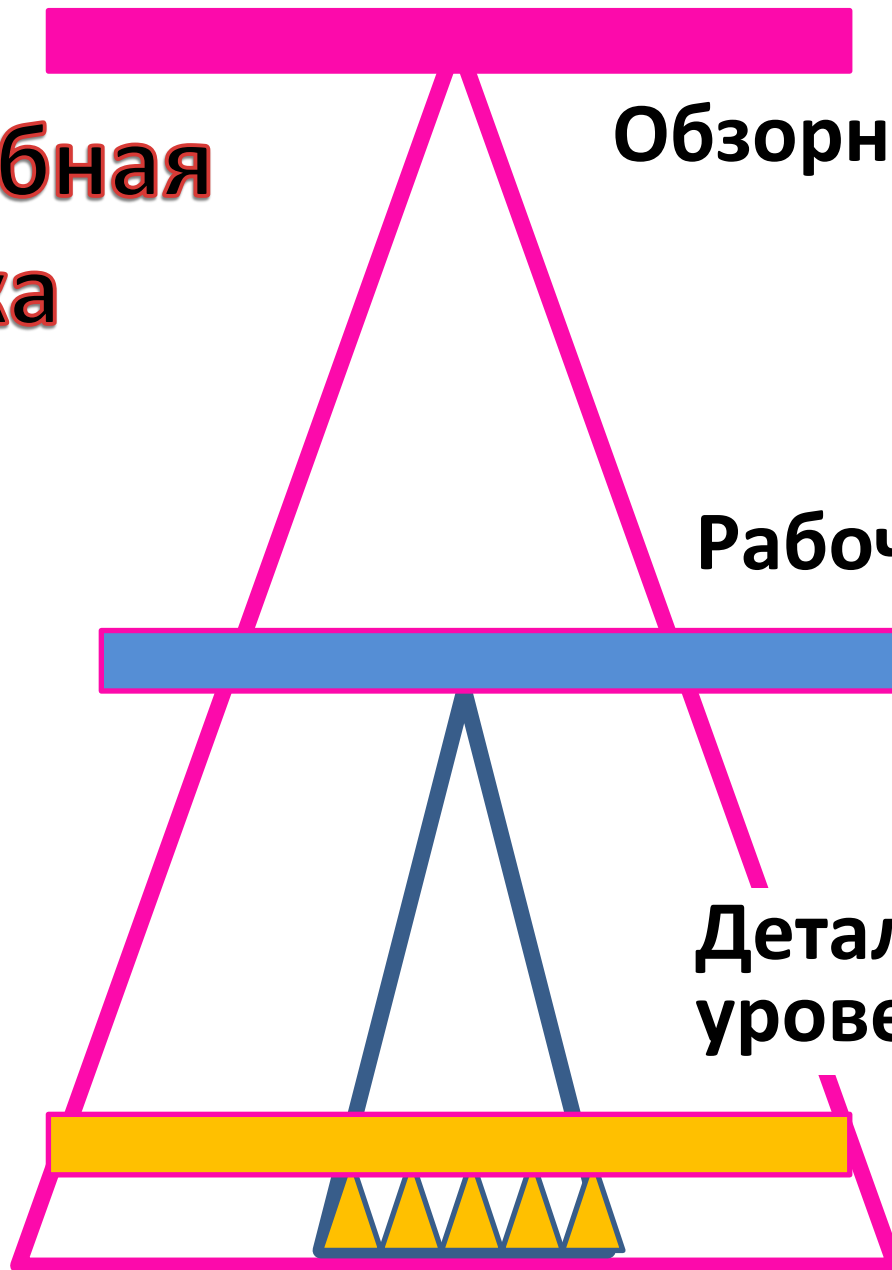
Детализационный уровень

**Масштабная
этажерка**

Обзорный уровень

Рабочий уровень

**Детализационный
уровень**

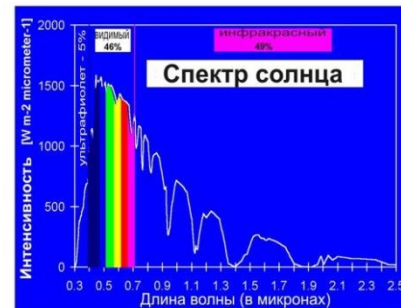
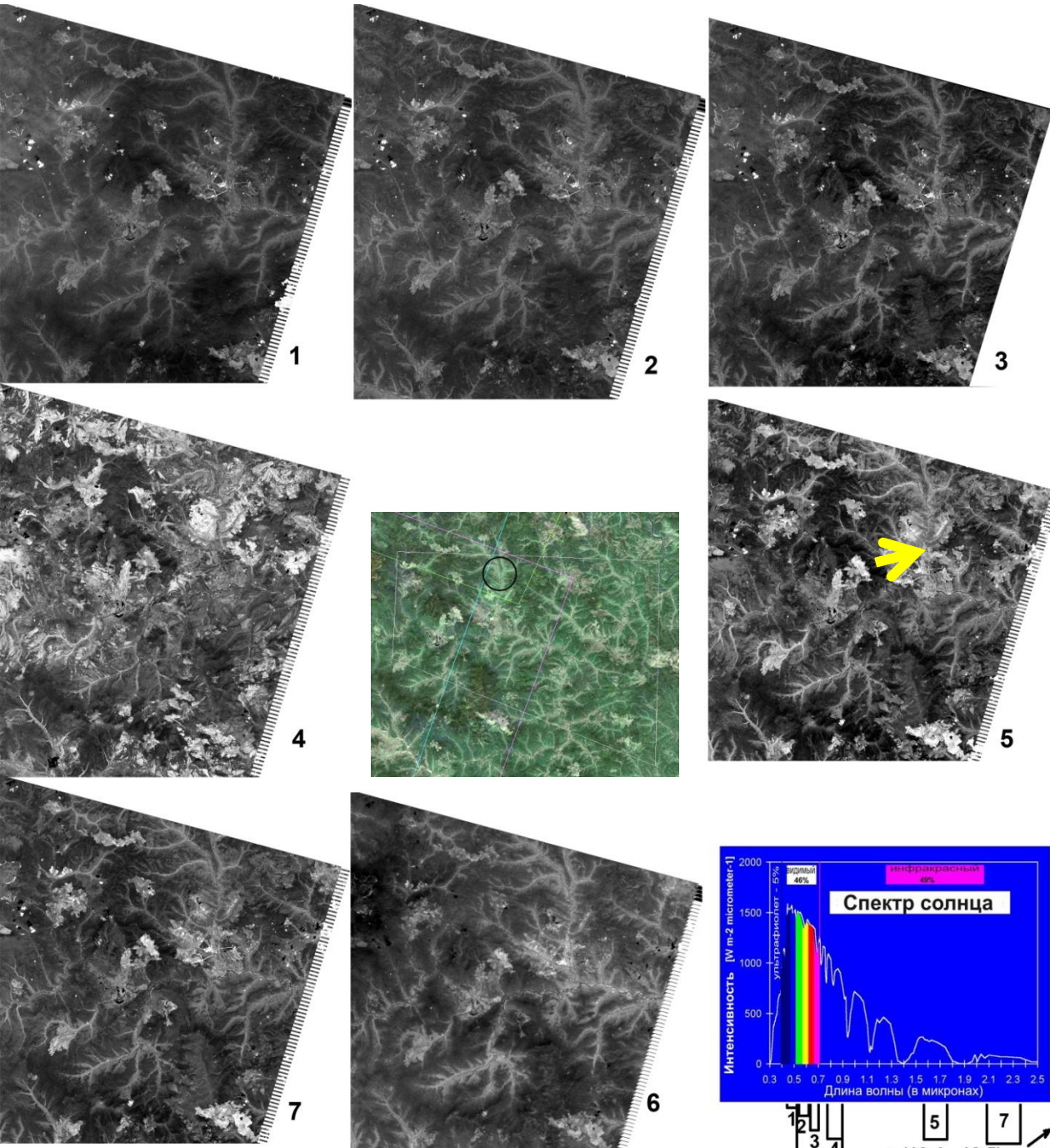


СПЕКТРАЛЬНЫЕ ДИАПАЗОНЫ

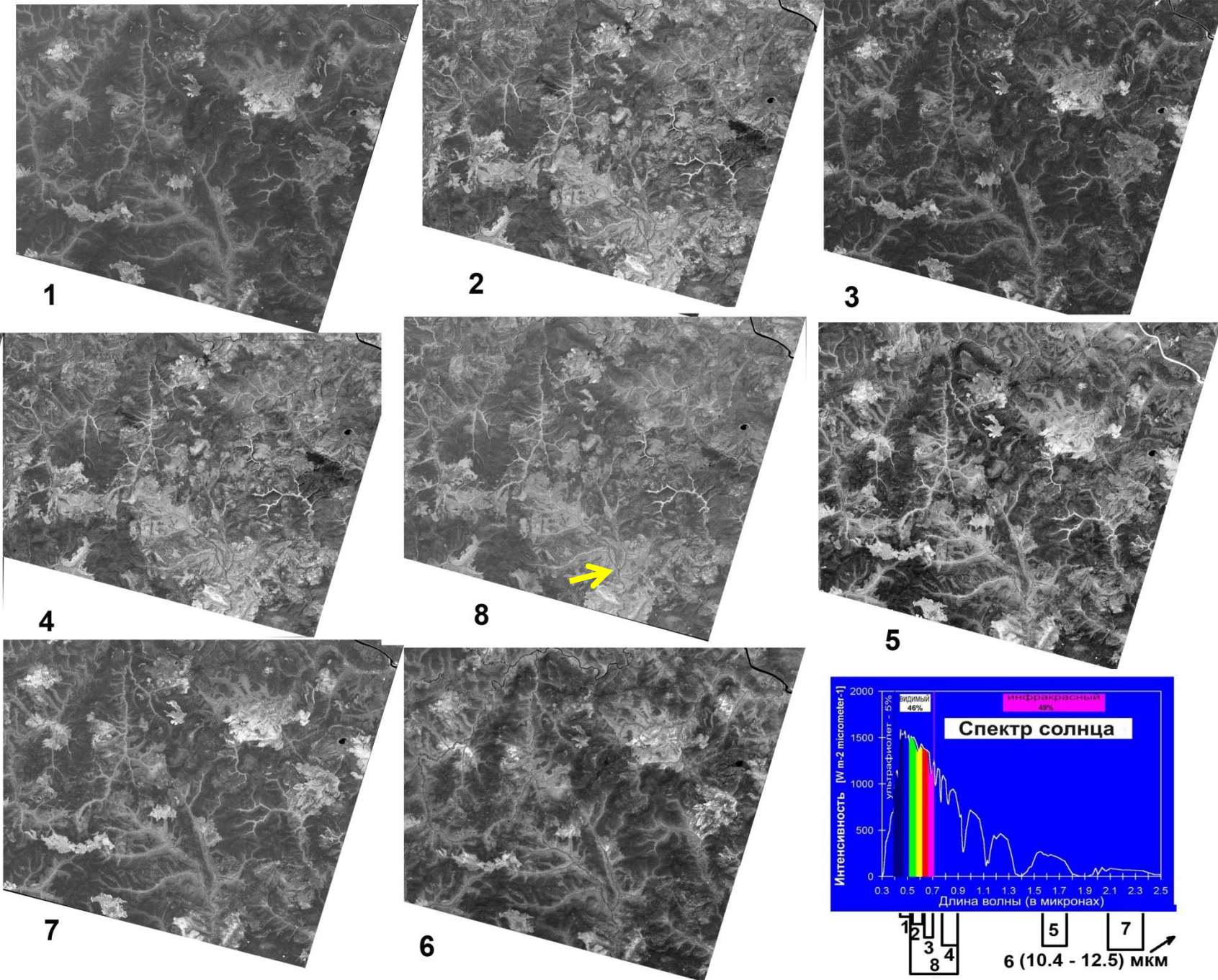
Подбор спектральных диапазонов зависит, в первую очередь, от решаемой задачи, физико-географических условий района работ и характера новейших тектонических движений. При любом выборе в комплект для дешифрирования обязательно должны быть включены изображения оптического диапазона для привязки изображения и ландшафтного контроля за результатом работ.

1.2. Съемка в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне

Юрубченкско-Тохомское месторождение. Ландсат 7
Фрагмент 2002. 06. 19



1.2. Съемка в видимом и ближнем инфракрасном диапазоне



! Съемка в коротковолновой части спектра используется при работах на шельфе, так как это излучение проходит сквозь воду, а также в пустынных засушливых регионах.

! На изображениях, сделанных в ближней инфракрасной области спектра, структура территории выступает обычно наиболее выразительно.

! В инфракрасном (1,6-1,7; 2 – 2,4 мкм) диапазонах видно углеводородное загрязнение и нарушение почвенного покрова – 2.27-2.46 мкм (фиксируется адсорбция углеводородов).

! В диапазоне 2,0-2,4 мкм наилучшим образом отражаются минералы, образующиеся под действием мигрирующих от залежей флюидов

Оптимальные сезоны съемки выбирают в зависимости от конкретных природных зон.

В тундре в отсутствие снежного покрова.

В лесной зоне - весной и осень,

В степных и лесостепных районах, весна до появления густого растительного покрова.

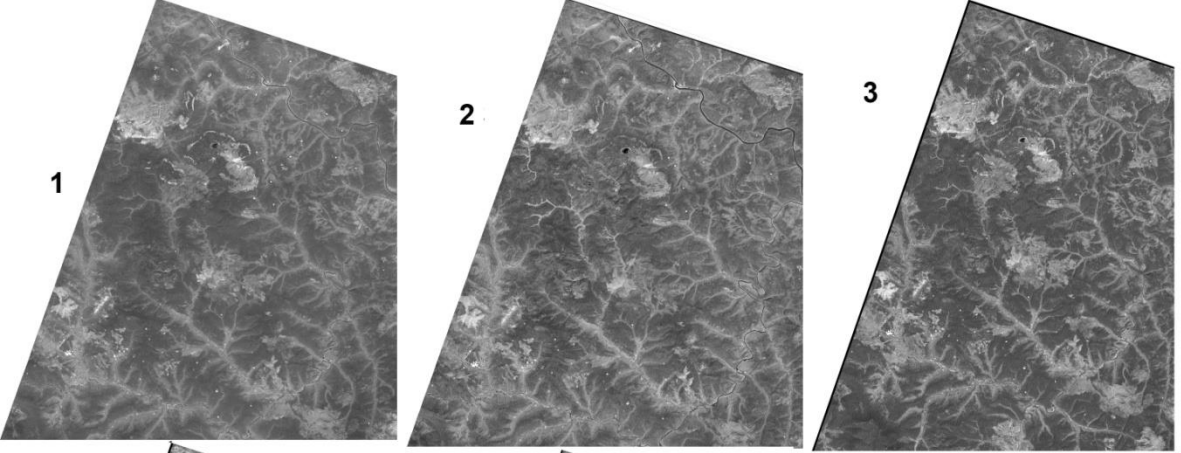
В пустынях весна и осень (в период вегетации).

В общем, предпочтительны те сезоны, в которых **ключевые компоненты ландшафта будут наиболее информативны (то есть иметь "пограничные" значения).**

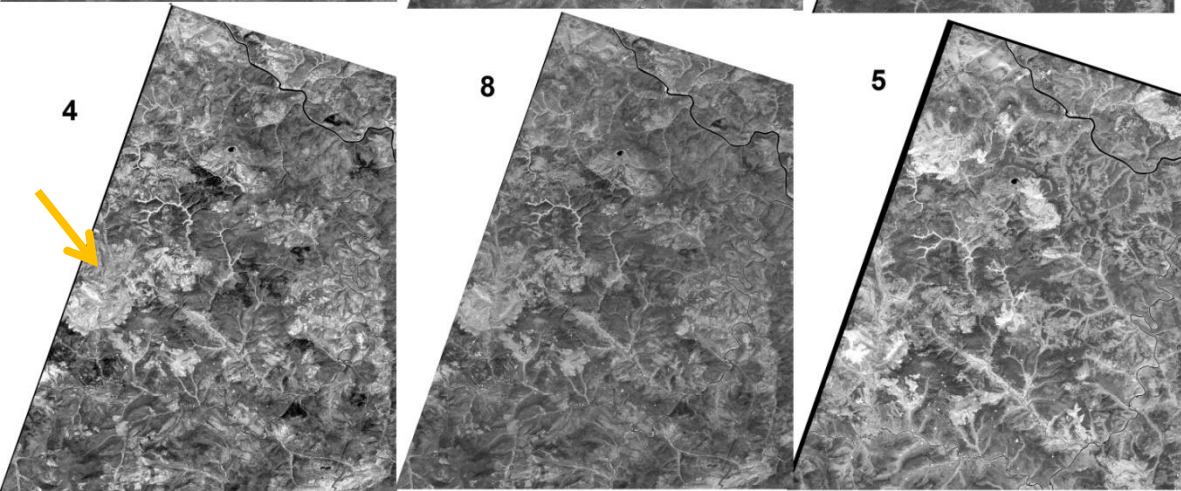
СЕЗОНЫ СЪЕМОК

В равнинных нефтегазоносных районах, приемлемое время суток - утренние и вечерние часы – при угле солнца над горизонтом в 10-20°, так как при этом растут тени и повышаются контрасты слабо выраженных элементов рельефа.

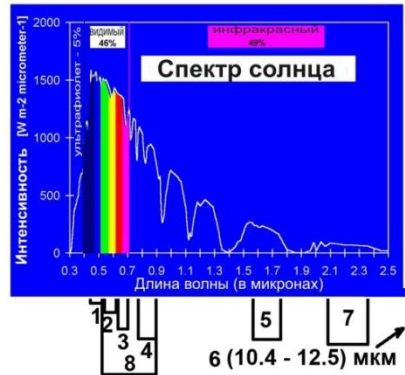
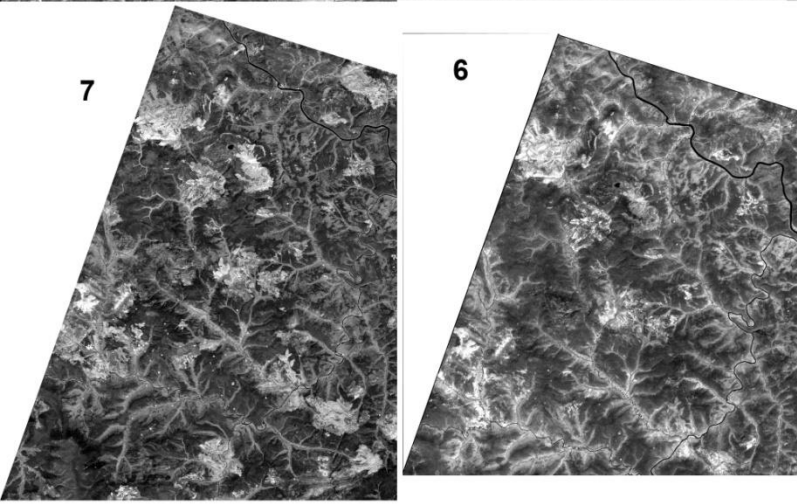
! ВРЕМЯ СЪЕМОК



Юрубченкско-Тохомское месторождение. Ландсат 7 Фрагмент 2001. 08. 05



Все изображения различные. Поэтому нельзя ограничиваться только одним изображением в одной зоне спектра. Смотреть все. Различны также и для разных сезонов.



Заказ изображений

1.Предоставляет заказчик

2.Специализированные лицензированные фирмы (можно контролировать уровни предобработки, архивные, актуальные, специальные моменты съемки)

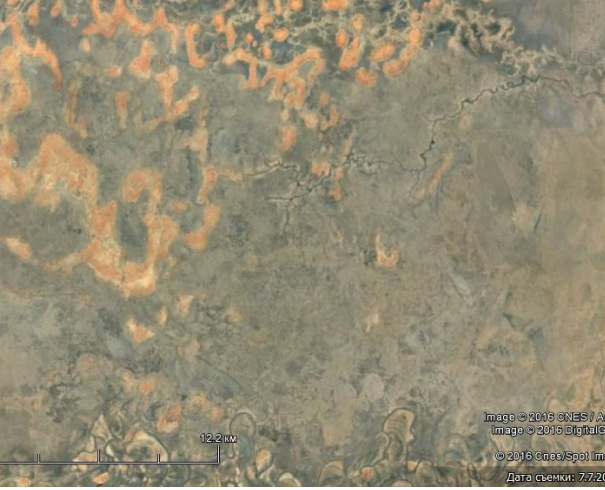
3.«Свободный поиск»

Что предлагается. Предобработка

Пример “Созвездие” TripleSat Три идентичных спутника

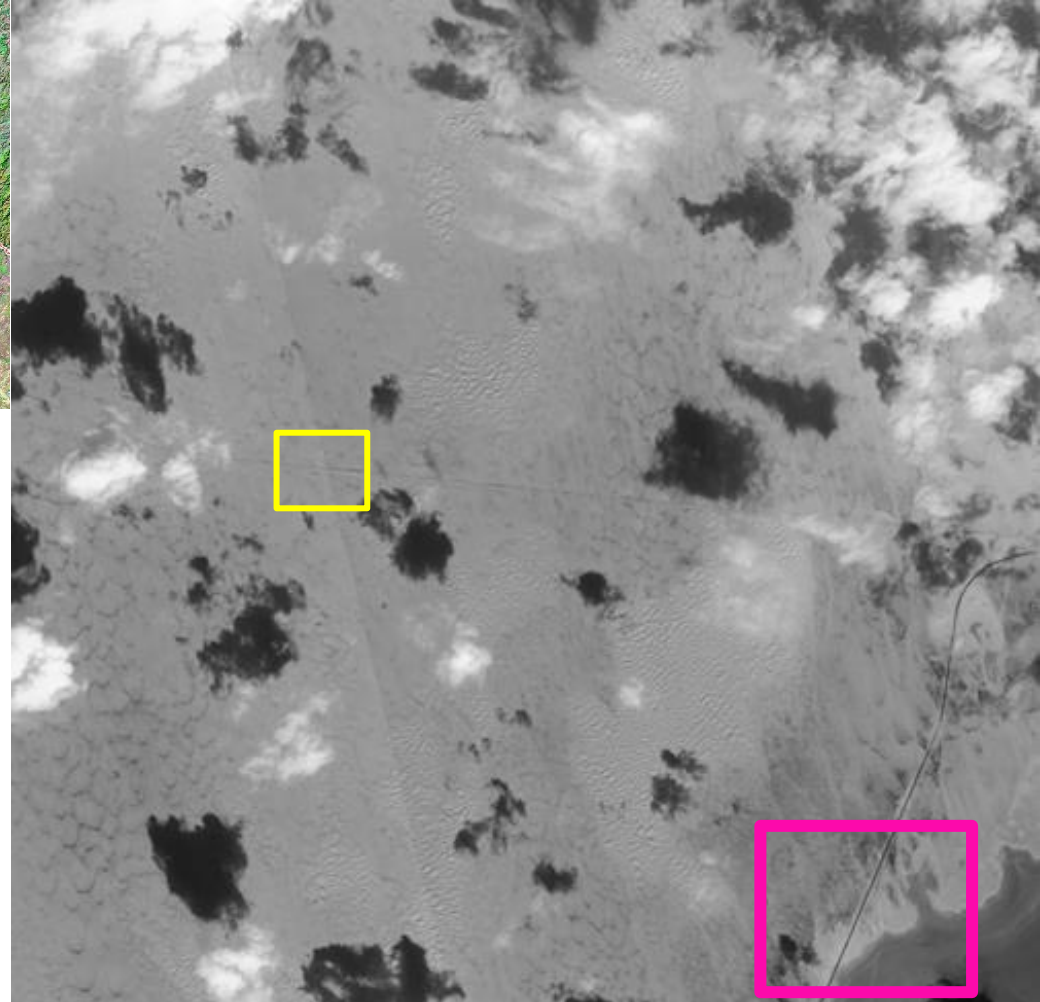
Тип продукта	Описание
Базовый	Базовые продукты радиометрически скорректированы и предназначены для клиентов, которые хотят создавать свои собственные продукты, основанные на снимках и включающие повышение стоимости
Точная геометрическая коррекция	После радиометрической коррекции или систематической геометрической коррекции выполняется <u>точная геометрическая коррекция</u> с использованием контрольных точек на местности, чтобы исключить ошибки, вызванные применением модели прямого геометрического позиционирования, а затем помещением обработанных снимков на поверхность <u>определенной модели эллипсоида</u>
орто	Продукты с орто коррекцией получены путем обработки стандартных изображений с использованием контрольных точек на местности и цифровой модели превышений (DEM) с тем, чтобы <u>исключить влияние, вызванное колебаниями рельефа на геометрических позициях, с последующим помещением обработанных снимков на поверхность определенной модели эллипсоида</u>
Pansharp	Продукты Pansharp – это <u>объединенные (обогащенные) продукты, объединяющие мультиспектральные изображения с высоким разрешением, генерированные из скорректированных мультиспектральных изображений со средним разрешением и панхроматические изображения с высоким разрешением в соответствии со специальным алгоритмом</u>
Мозаика	Мозаичные продукты - это продукты регионального покрытия, полученные путем объединения множества изображений, однородных по цвету. Продукт может быть получен в соответствии с областью покрытия и разрешением, которые требуются заказчику. Это идеальные данные с географической привязкой, которые могут быть использованы для визуализации, картирования и планирования

О необходимости визуального контроля





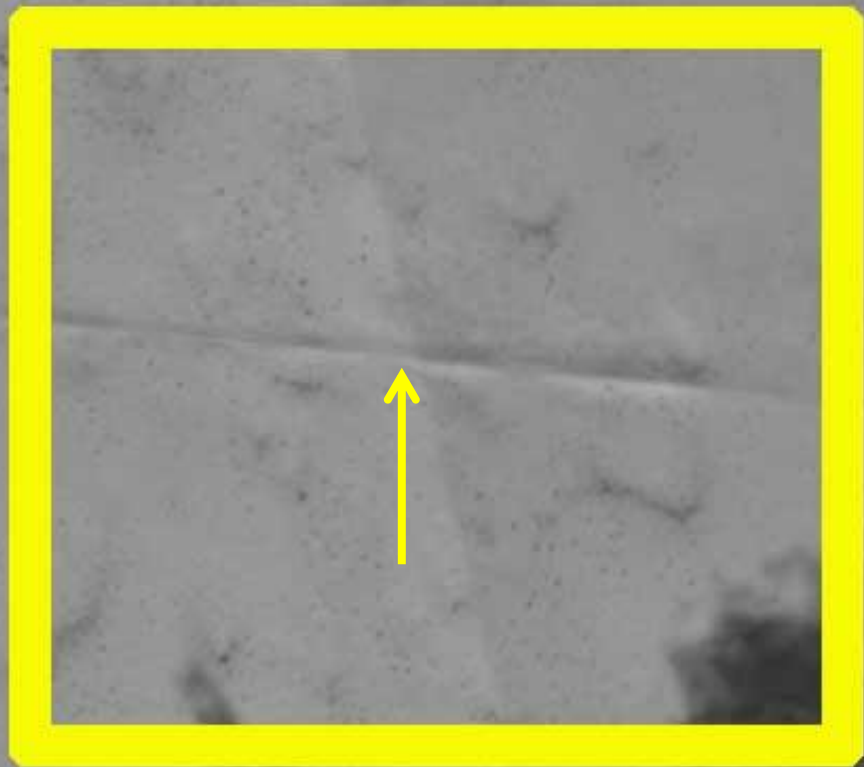
Рын-пески



**Почему хорошо
пользоваться готовыми
изображениями**

(технология дешифрирования)

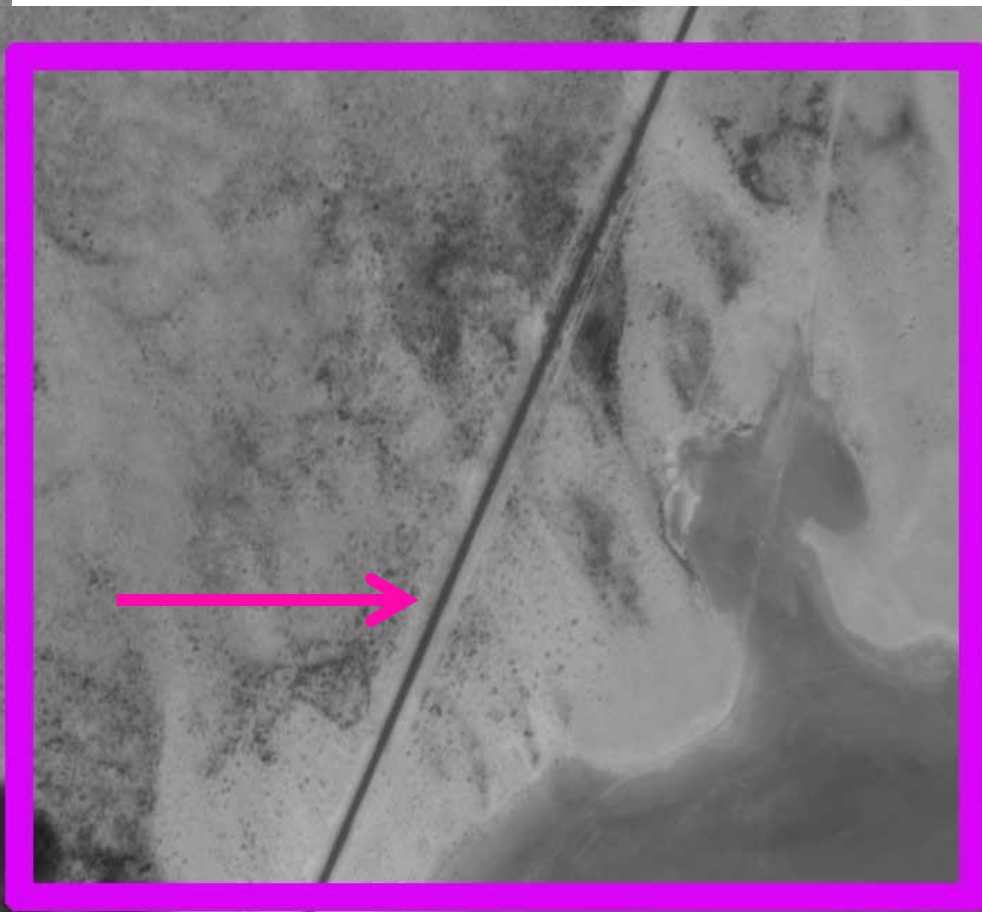
Канопус



Дорога и трубопровод

Литораль
Обратите внимание, как
дорога искажает природные
ландшафты

Аэрокосмос 207
технология



Предварительное дешифрирование.

Территория изучается в контексте окружающего региона в **обзорном** масштабе.

Проводится **предварительное** тематическое дешифрирование материалов рабочего масштаба, в результате чего создается

схема(-ы) предварительного дешифрирования,
на которой, как правило:

Схема предварительного дешифрирования:









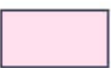











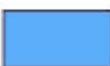

- 1. показан разломно-блоковый каркас территории,**
- 2. выделены целевые объекты, геологическая природа которых определяется однозначно. Они описываются в легенде как конкретные геологические объекты и характеризуются своими дешифровочными признаками.**
- 3. выделены целевые объекты, геологическая природа которых определяется предположительно и описываются своими дешифровочными признаками, из которых должна следовать причина, по которой они отнесены к тому, или иному типу геологических объектов (сходство с известным эталоном, соответствие общим признакам и т.д.).**
- 4. выделены объекты, геологическая природа которых не определяется. Это объекты, про которые говорят, что их генезис не установлен.**
- 5. Чаще всего такие объекты сопоставляются с предполагаемыми глубинными структурами.**
- 6. Выделяются участки, требующие детальной проверки.**
- 7. Составляется предварительная легенда (легенды) будущих отчетных материалов.**

Рекомендуемые условные знаки для схемы предварительного дешифрирования

Дешифровочный признак	Линейный рисунок изображения (красный цвет)	Фототон или цвет (зеленый цвет),	Фоторисунок (сиреневый цвет)	Совокупность признаков (черный цвет)
Генерализация				
Обзорный масштаб (обзорность)				
Рабочий масштаб (обзорность)				
Детализационный масштаб (обзорность)				
Интерполируемые границы		Структурные линии		
Линеаментные зоны (ширина штриховки соответствует реальным размерам зоны в масштабе изображения)				

а – отчетливо дешифрирующиеся

б – неотчетливо (неуверенно) дешифрирующиеся

Геологические объекты Порядок	Границы кольцевые и линейные ¹			Площадные единицы		
	Известные, плохо дешифрирующиеся	Известные, хорошо дешифрирующиеся	Выделенные впервые	Известные, плохо дешифрирующиеся	Известные, хорошо дешифрирующиеся	Выделенные впервые
Надпорядковые						
Порядковые						
Внутрипорядковые						
Сквозные ²						

¹ Границы структур могут сопровождаться навесными знаками, соответствующими морфологии геологического прототипа

² Сквозные элементы – дешифрирующиеся на изображениях разных рангов

Результат предварительного этапа

- 1. Прогнозируются общие и частные эталоны дешифрирования, общие и частные ландшафтные индикаторы дешифрируемых объектов.**
- 2. Определяются методы и приемы геологического дешифрирования (виды дешифрирования, необходимость аэровизуальных работ)**
- 3. Определяются эталоны дешифрирования Территории эталонов – открытые месторождения, выявленные детальной геофизикой ловушки и другие объекты, как правило, несут на себе следы антропогенного преобразования местности.**

Поэтому ландшафтные характеристики эталонных территорий правильно выявлять по архивным изображениям, сделанным до антропогенного воздействия на ландшафт. Если же частные ландшафтные индикаторы характеризуются рисунком гидросети, типом рельефа и другими структурными характеристиками, обычно можно использовать и синхронные снимки.

Основной этап

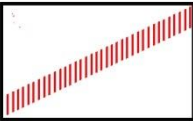


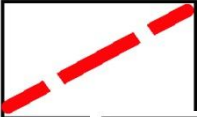


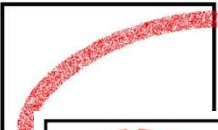

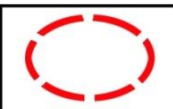

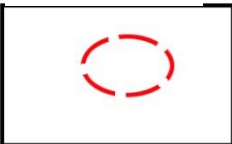
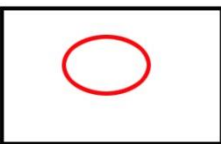
- 1. Схема предварительного дешифрирования сопоставляется с имеющимися эталонами и геофизическими материалами – проводится идентификация выделенных контуров.**
- 2. Находится соответствие между фотоаномалиями и искомыми геологическими объектами и процессами.**
- 3. В процессе поиска в изображении выявляются**
- 4. элементы и компоненты ландшафта (дешифровочные**
- 5. признаки), которые, возможно, отражают целевые объекты.**

На этом этапе возможны аэровизуальные работы.

- 6. Создается или макет отчетной карты, представляющий собой предварительный эскиз отчетной карты, или отчетная карта.**

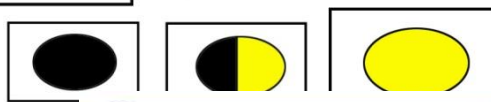
Идентификация и заверка моделей космических изображений (4 способа)

1. Самый хороший способ выявления соответствия объектов дешифрирования и объектов сцены - это *полевая проверка материалов дешифрирования*. Прямая идентификация осуществима при дешифрировании, ориентированном на обнаружение конкретных, не слишком крупных объектов, расположенных на поверхности
2. *Соотнесение с данными независимых исследований.*
 - Частичная полевая проверка,
 - Сравнение с материалами других исследований (геофизика, геохимия и др.). Например, "региональные линеаменты" могут пространственно соответствовать линейным градиентам геофизических полей, крупные нефтегазоперспективные зоны проявляют себя в тепловых полях, "открытые" разломы практически всегда связаны с геохимическими аномалиями и т. д. Для выбора независимых данных с целью идентификации объектов дешифрирования требуется знание методов геологических исследований. Совпадение результатов дешифрирования и независимых данных еще не гарантирует реальности существования объекта, так же как несовпадение не говорит о "выдуманности" объекта дешифрирования.

Геологические объекты	Известные ранее	Выделенные впервые
Линейные объекты		
Зоны разломов – тектонические швы, границы крупных единиц нефтегазогеологического районирования, дешифрирующиеся зонами линеаментов		
Региональные разломы – дешифрирующиеся крупными линеаменами		
Локальные разломы и зоны трещиноватости, дешифрирующиеся линеаменами		
Площадные объекты, выраженные фототоном, фоторисунком и другими признаками		
Надранговые структурные элементы (выходящие за пределы целевого участка),		
Целевые структурные формы и ландшафтные аномалии, отражающие целевые объекты		
Локальные площадные структуры и ландшафтные аномалии		



Месторождения углеводородов



Направления дальнейших работ

Аэрокосмос 2022 Милосердова Л.В. 10

Первой очереди (технология дешифрирования) Второй очереди

Третьей очереди

2. Эталонные и ключевые участки изучаются на изображениях:

- детализационного масштаба,**
- в дополнительных зонах спектра, другого времени (сезона).**

3. Проводится линеаментный анализ, создаются карты (схемы) структурного, ландшафтного, неотектонического и других видов дешифрирования. Результаты сопоставляются со схемой предварительного дешифрирования.

Исключаются аномалии, НЕ связанные с целевыми объектами.

При сопоставлении схем геологического дешифрирования с геолого-геофизическими и геохимическими материалами возможны три случая

1 – совпадение. Значит результаты интерпретации достаточно надежные. Геологическая природа определена

2 – несовпадение. Здесь требуется дополнительный анализ изображений с привлечением материалов других уровней генерализации, спектральных диапазонов и сезонов, разнообразных методов фильтрации.

3. Многократное дешифрирование различных материалов дистанционного зондирования.

На изображение влияют даже небольшие изменения изучаемой поверхности (сезонные, погодные, условия освещенности и пр.), а также технические условия измерения, передачи и регистрации данных. Поэтому причины (зачастую случайные), которые обуславливают формирование образа при анализе одного космического снимка, могут отсутствовать при анализе другого. При этом некоторые структуры земной коры регистрируются на единичных снимках.

Излишне критическое сравнение такого снимка с другими может привести к потере важной информации (мерцание структур).

4. Выявление системной упорядоченности объектов дешифрирования.

Этот метод заключается в проверке моделей космических изображений на «логическую прочность». Объекты дешифрирования должны иметь геологический смысл.

! Проверочная стадия

Отчетная карта проверяется в её основных (путем сопоставления с резервными геолого-геофизическими материалами) (ретроспективный анализ), или прогнозных частях путем проведения проверочных геофизических работ или бурения.

Иногда проверочный этап выходит за пределы выполняемых работ и производится заказчиком самостоятельно

2. Эталонные и ключевые участки изучаются на изображениях:

- детализационного масштаба,**
- в дополнительных зонах спектра, другого времени (сезона).**

3. Проводится линеаментный анализ, создаются карты (схемы) структурного, ландшафтного, неотектонического и других видов дешифрирования. Результаты сопоставляются со схемой предварительного дешифрирования.

Исключаются аномалии, НЕ связанные с целевыми объектами.

При сопоставлении схем геологического дешифрирования с геолого-геофизическими и геохимическими материалами возможны три случая

1 – совпадение. Значит результаты интерпретации достаточно надежные. Геологическая природа определена

2 – несовпадение. Здесь требуется дополнительный анализ изображений с привлечением материалов других уровней генерализации, спектральных диапазонов и сезонов, разнообразных методов фильтрации.

ДОСТОВЕРНОСТЬ И ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ДЕШИФРИРОВАНИЯ.

Достоверность - суждение, подтверждённое на практике какими-либо специальными экспериментами или наблюдениями.

В нашем случае - достоверностью геологического дешифрирования следует считать карту (схему) дешифрирования, подтвержденную, в целом, независимыми данными.

Воспроизводимость – обязательный атрибут достоверности.

Приемы увеличения достоверности

- 1. Дешифрирование в «две» или «три» руки.**
- 2. Игнорирование «мерцающих» структур**
- 3. Игнорирование неустановленных объектов**
- 4. Применение разнообразной базы данных**

**Увеличивая достоверность мы
уменьшаем семантическую
информативность**

Завершающий этап

На завершающем этапе проводится окончательная заверка результатов дешифрирования. Она может осуществляться не только в рамках текущей работы в течение нескольких последующих лет – бурением, детальными сейсмическими работами и независимыми исследователями.

Создаются результирующая карта (карты), отчет и другие предусмотренные техническим заданием документы.

Ответить на 5 любых вопросов

1. Перечислите методы и принципы геологического дешифрирования
2. В чем заключается метод последовательной детализации?
3. В чем заключается метод многоступенчатой генерализации?
4. В чем заключается принцип последовательного съема информации?
5. В чем заключается принцип возвращения?
6. Что такое контрастно-аналоговый метод?
7. Что такое ландшафтно-индикационный метод?
8. На какие этапы разделяется геологическое дешифрирование?
9. В чем заключаются работы подготовительного этапа?
10. В чем заключаются работы предварительного этапа?
11. В чем заключаются работы основного этапа?
12. В чем заключаются работы заключительного этапа?
13. По каким принципам подбирают снимки для работы?
14. Что такое масштабная этажерка и зачем она нужна?
15. Что такое обзорный, рабочий и детализационный масштабы изображения?
16. Из чего исходят для подбора спектральных каналов для дешифрирования?
17. Из чего исходят подбирая сезоны съемок для дешифрирования?
18. Что показывают на схеме предварительного дешифрирования?
19. Каков результат предварительного этапа дешифрирования?
20. Каков результат основного этапа дешифрирования?
21. Какие существуют способы идентификации и заверки результатов дешифрирования?
22. Что такое достоверность результатов дешифрирования?
23. Что такое воспроизводимость результатов дешифрирования?
24. Каков результат завершающего этапа дешифрирования?