

Яркостные преобразования цифрового снимка

Радиометрическая коррекция.

Яркостные преобразования чёрно-белого снимка: гистограммные преобразования, сглаживание изображения, устранение шумов, подчёркивание контуров, квантование и цветокодирование.

Яркостные преобразования многозонального снимка: синтез цветного изображения, математические операции с матрицами значений яркости пикселей, вегетационный индекс, метод главных компонент.

Радиометрическая коррекция

- Перед отправкой космического аппарата на орбиту его съемочная аппаратура подвергается **калибровке** (каждый канал в отдельности). Однако в ходе эксплуатации возникают **погрешности в регистрации изображений**, которые необходимо учитывать при обработке снимков.
- **Радиометрическая коррекция** космических снимков обусловлена **необходимостью получения корректных значений спектральных яркостей объектов**. Калибровка данных такого рода необходима для приведения всех имеющихся ДДЗ к единым показателям спектральной яркости для дальнейшего совместного анализа.

- Так как радиометрическое улучшение имеет дело со значениями яркости индивидуальных пикселей изображения, то применяемый к одному спектральному каналу метод радиометрического улучшения, может не подходить для других спектральных каналов. Поэтому радиометрическое улучшение многоспектрального изображения рассматривают как ряд независимых улучшений каждого спектрального канала в отдельности.

Виды дефектов на изображениях, *которые устраняются путем радиометрической коррекции:*

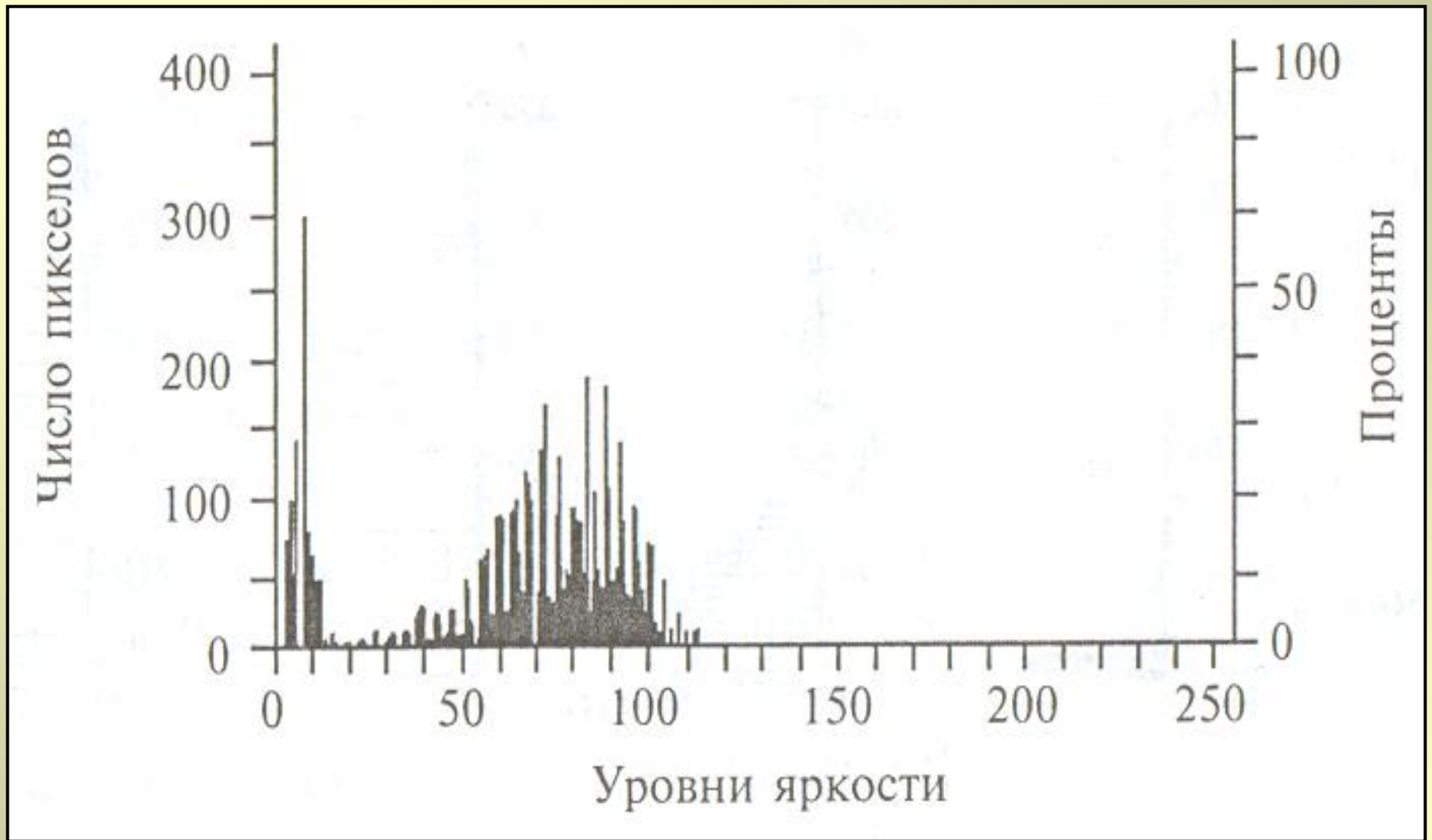
- сбойные пиксели,
- выпадающие строки,
- полосатость,
- искажения за счет влияния атмосферы

I. Яркостные преобразования черно-белого снимка

1. Контрастирование — выполняется путем преобразования гистограммы изображения.

Гистограмма характеризует распределение яркостей на снимке, показывая, **сколько пикселов изображения приходится на каждый из 256 уровней яркости.**

Она может быть представлена в табличном или графическом виде.



Гистограмма цифрового снимка

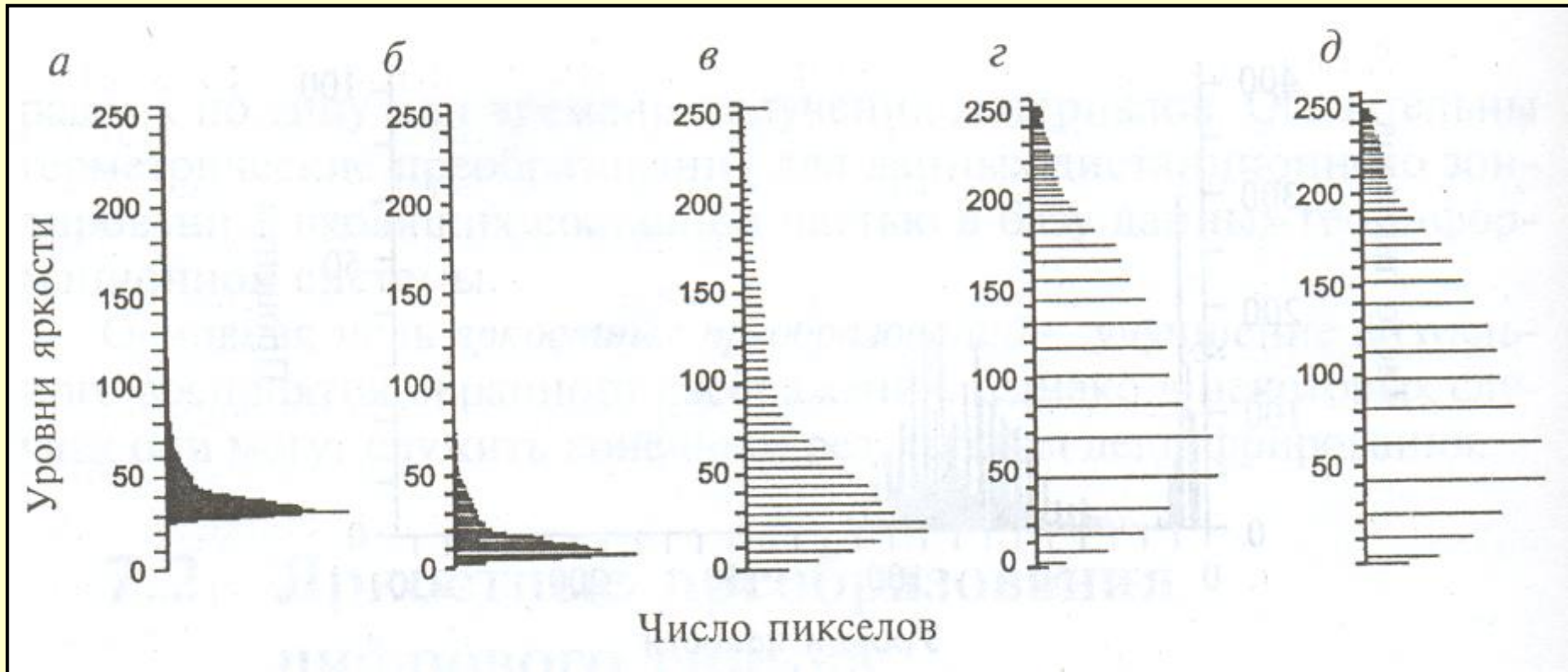
■ Известны **2 подхода** к решению задачи контрастирования изображения:

первый заключается **в растяжении гистограммы,**

второй — **в перераспределении значений яркости.**

■ **Первый вариант** включает несколько способов преобразования: **линейное или нелинейное**, когда пересчет значений яркости происходит **в соответствии с заданной математической зависимостью** (линейной, логарифмической или экспоненциальной), и **произвольное**, выбранное исполнителем и **не связанное с математическим выражением.**

Линейное контрастирование заключается в **растяжении существующего на снимке интервала яркостей**. Эта процедура выполняется **путем пересчета значений яркости в соответствии с заданным уравнением** (в приведенном примере — **линейным**).



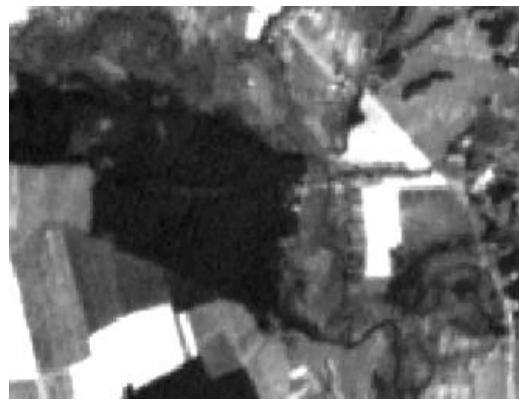
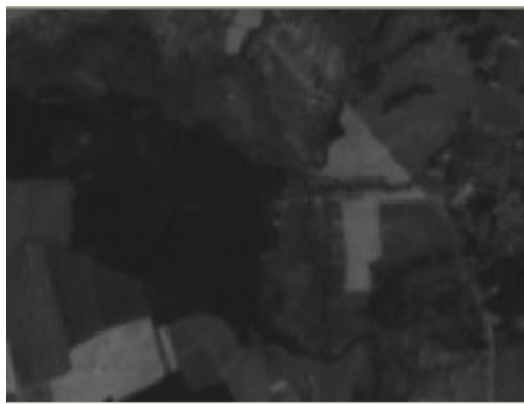
Виды преобразования гистограммы: **а** — исходная гистограмма; **б** — **линейное преобразование**; **в** — то же с исключением 1% крайних значений; **г** — **эквализация**; **д** — то же с исключением 1% крайних значений

- **Второй подход при контрастировании изображения** заключается в **выравнивании (эквализации) гистограммы**.

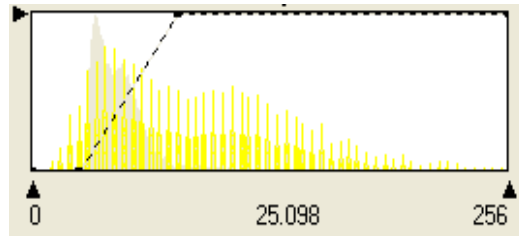
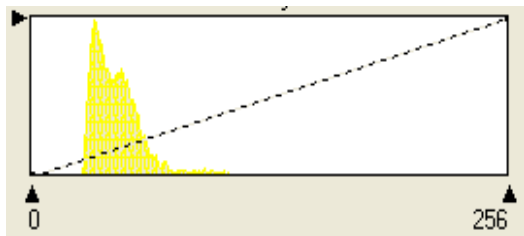
Это **нелинейное преобразование**, суть которого заключается в **аппроксимировании** исходной гистограммы **гистограммой идеальной формы**, в которой каждому значению яркости должно соответствовать одинаковое число пикселей.

Математически это преобразование описывается **интегральной зависимостью**.

Если увеличить контраст пропорционально частоте встречаемости пикселей определенного значения яркости, происходит перераспределение значений яркости и гистограмма становится более плоской. В результате для тех уровней яркости, на которые приходится больше пикселей, контраст растет, а для редко встречающихся значений остается без изменения или даже уменьшается (рис. **г**). Вклад крайних значений яркости настолько невелик, что форма гистограммы практически не изменяется при отбрасывании 1% значений с обоих концов (рис. **д**).



**Кусочно-линейная
растяжка гистограммы:**
а) исходное изображение;
б) преобразованное
изображение

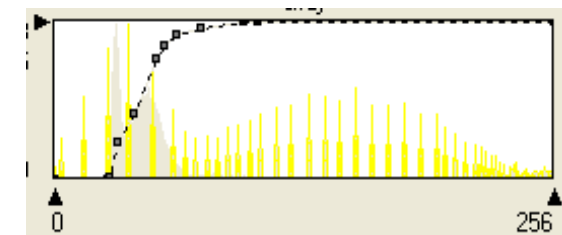
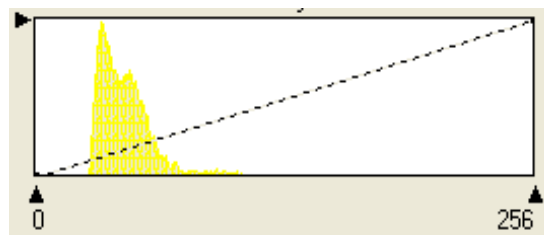


а

б



**Эквализация
гистограммы**




а)

б)

2. Подавление шума

Если основными объектами для анализа являются площадные объекты, то актуальным является **устранение** мелких деталей и **шума**, представляющего собой **резкие локальные скачки яркости**. Для решения данной проблемы используются **методы фильтрации**.

Принцип действия фильтров – это некоторое **преобразование значений яркости для каждой точки изображения на основе информации о яркости её соседей в какой-либо достаточно ограниченной окрестности**.



Наиболее часто используются следующие фильтры:

- Усредняющий фильтр**
- Пороговый фильтр**
- Медианный фильтр**

3. Подчеркивание контуров — другой весьма распространенный способ преобразования одиночного снимка.

Сопоставление значений яркости каждого из пикселов и его «ближайших соседей» (непосредственно граничащих с ним) и последующие математические операции направлены **на выявление пограничных пикселов и увеличение значения их яркости.**

Чтобы еще больше подчеркнуть контур, значениям пограничных пикселов присваивается определенный код или признак.

4. Квантование — еще один способ *ярких преобразований* одиночного снимка.

Человек уверенно различает **не более двух десятков уровней яркости**, поэтому изображение, имеющее 256 уровней, воспринимается им как непрерывное. **Если сгруппировать уровни яркости в несколько относительно крупных ступеней, можно получить новое изображение.**

В результате такого преобразования мелкие детали, как бы «зашумляющие» изображение, исчезают, постепенное изменение яркости заменяется четкой границей и закономерности распределения яркостей на снимке становятся более отчетливо выраженными.

Количество и размер ступеней квантования зависят от решаемой задачи и характера изучаемого объекта.

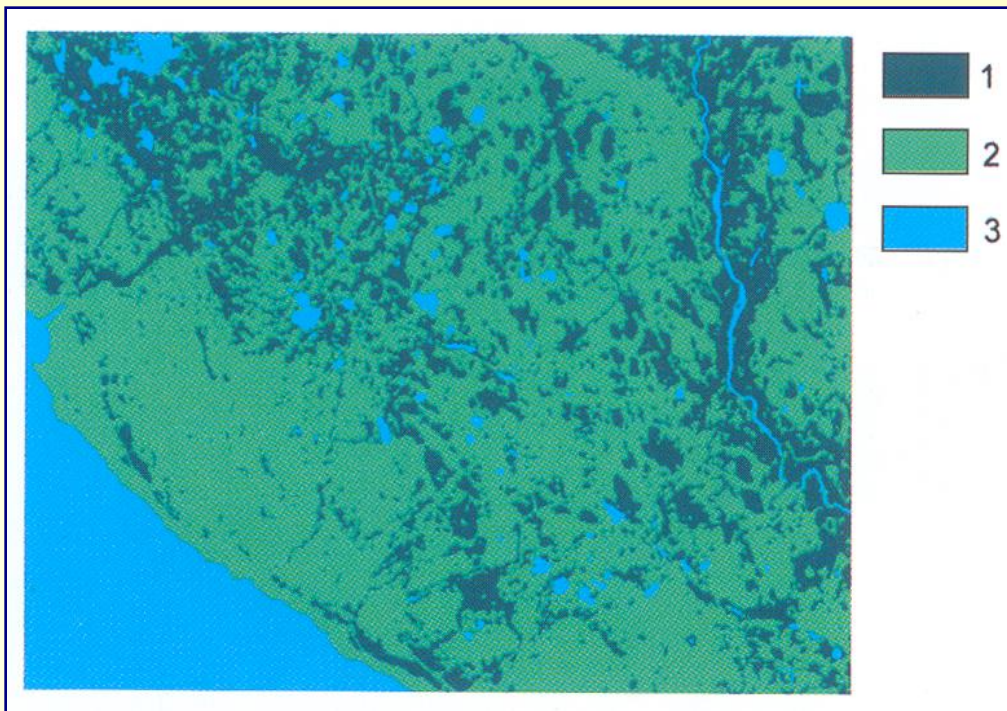
Квантование чаще используют в случаях неопределенных границ, постепенных переходов.

Например, при анализе снимков водных объектов на квантованном снимке лучше видны *закономерности изменения глубин или концентрации взвеси*, четкими становятся границы комплексных растительных сообществ.

5. Наше зрение различает цвета лучше, чем оттенки серой шкалы, поэтому **восприятие квантованных снимков можно еще улучшить, если черно-белую шкалу яркостей заменить цветной, т.е. присвоить выделенным ступеням определенные цвета. Это преобразование называют цветокодированием.**

Его использование особенно целесообразно, если количество уровней яркости на квантованном изображении больше 10.

Обычно для кодирования уровней яркости на квантованном изображении используют не более 30 цветов.



Результат квантования яркостей фрагмента космического снимка:

- 1 – сосновые леса;
- 2 – смешанные леса с преобладанием березы;
- 3 – водные объекты

II. Яркостные преобразования многозонального снимка

Визуальный сопоставительный анализ нескольких зональных снимков на экране малоэффективен, поэтому разработаны и применяются разнообразные преобразования, преследующие

две основные цели: **сжать информацию**, т.е. получить одно изображение вместо нескольких, и **улучшить визуальное восприятие** снимка.

1. Синтез цветного изображения.

Принцип его тот же, что и при синтезировании оптическим путем — **изображению в каждом из съемочных каналов присваивается свой цвет**, но реализуется этот принцип по-разному.

Существует **несколько моделей формирования цветного изображения.**

В программах, предназначенных для обработки растровых изображений, чаще других применяется **система RGB** (по первым буквам английских названий основных цветов). Реже используется **система IHS**, где цвет характеризуется яркостью, тоном и насыщенностью.

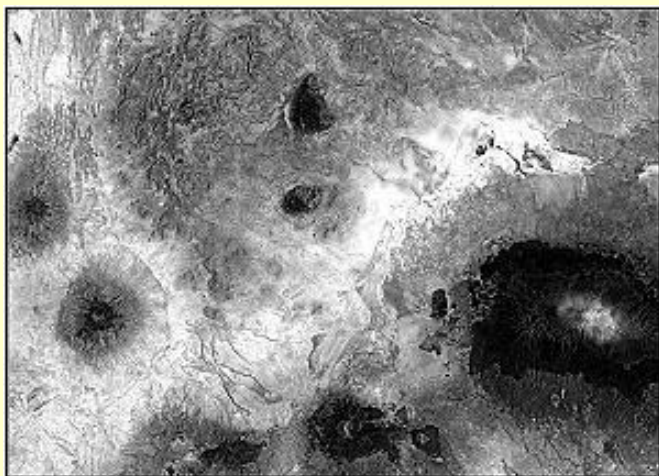
Система RGB



Изображение 1 - Канал R
(красный)



Изображение 2 - Канал G
(зеленый)



Изображение 3 - Канал B
(синий)



Итог (RGB)

2. Широко распространены преобразования изображений, основанные на различиях яркости природных объектов в **видимой и ближней инфракрасной частях спектра**.

Их результаты дают эффект **при дешифрировании зеленой, вегетирующей растительности**, отделении ее изображения от других объектов, в первую очередь, *от почвенного покрова и водной поверхности*.

Отношение значений яркости в двух спектральных зонах («простое отношение»):

$$D = \frac{B_r}{B_{ir}}$$

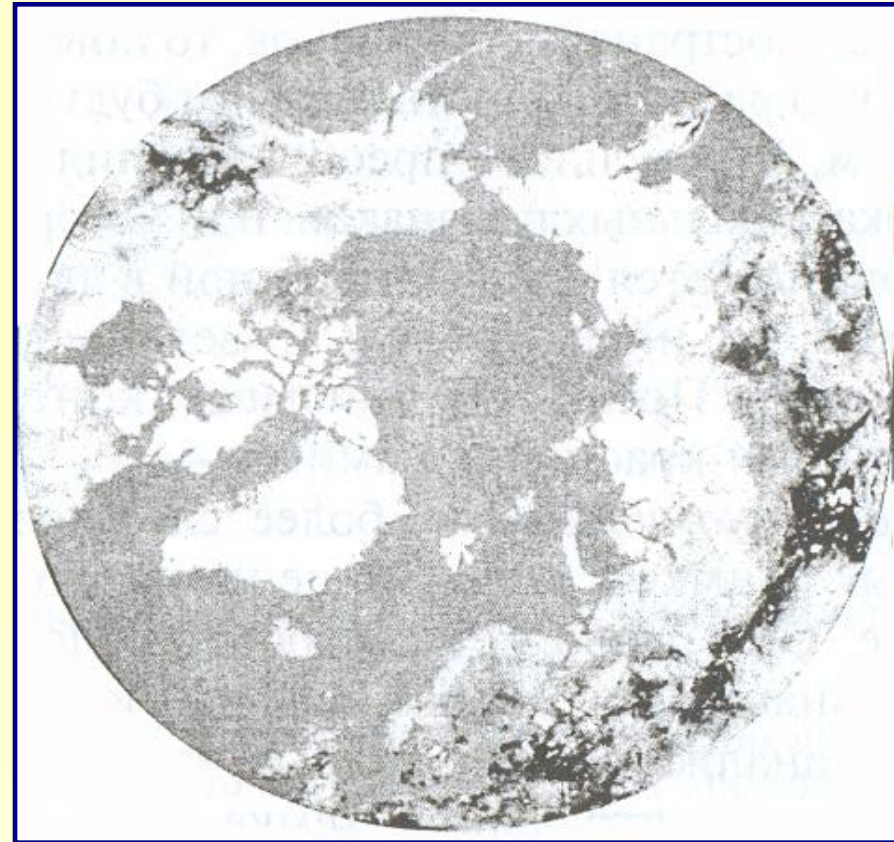
где B_r и B_{ir} — яркости соответственно в **красной и ближней инфракрасной зонах**, позволяет исключить или существенно уменьшить влияние неравномерности освещенности склонов разной экспозиции при дешифрировании растительности.

- Другой вид преобразования многозонального снимка — так называемый **вегетационный индекс** (*Normalized Difference Vegetation Index*).
- Измерение **VI** основывается на различии отражающих свойств хлорофилла в видимом диапазоне и ближнем ИК диапазоне
- Он представляет собой **нормированную разность уровней яркости на снимках в ближней инфракрасной и красной съемочных зонах**:

$$NDVI = \frac{B_{ir} - B_r}{B_{ir} + B_r}$$

НРВИ - нормализованный разностный вегетационный индекс

Распределение значений вегетационного индекса весной в северном полушарии (прохождение «зеленой волны» весной)



Расчет NDVI базируется на двух наиболее стабильных (не зависящих от прочих факторов) участках спектральной кривой отражения сосудистых растений.

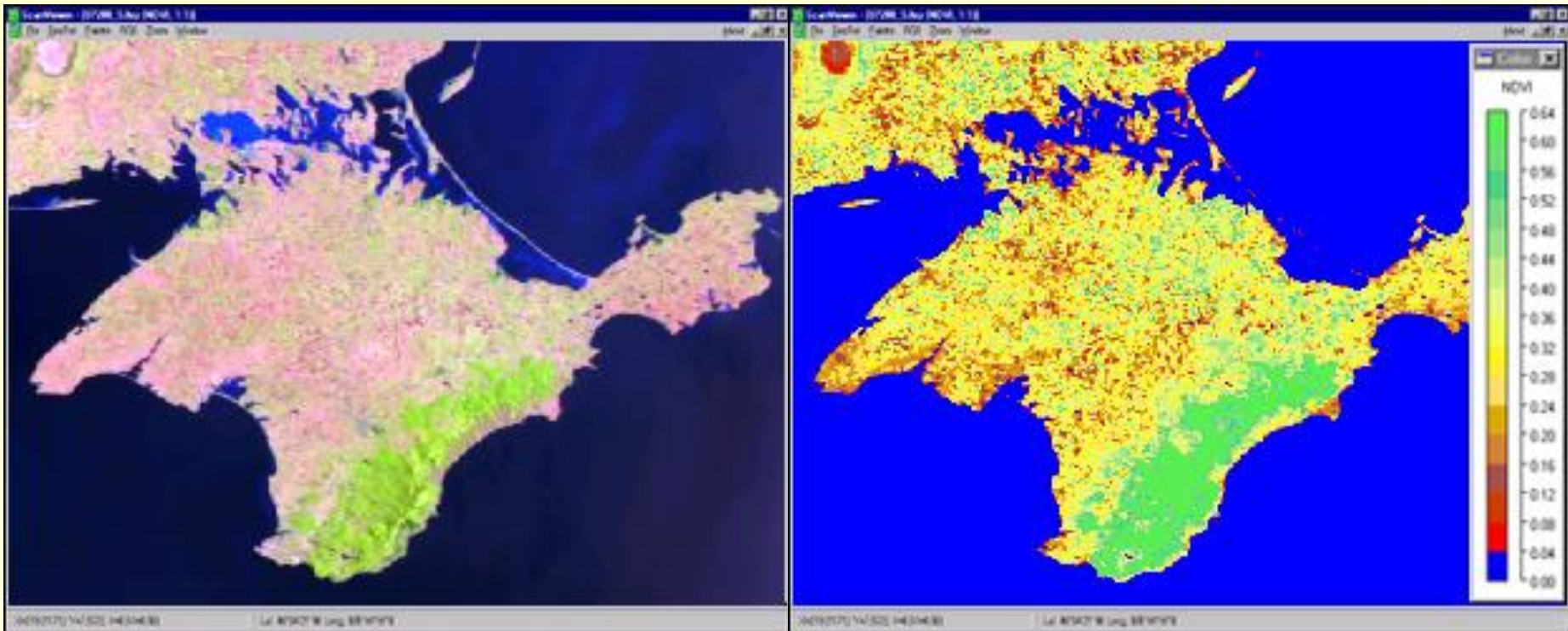
В красной области спектра (0,6-0,7 мкм) лежит максимум поглощения солнечной радиации хлорофиллом высших сосудистых растений, а в инфракрасной области (0,7-1,0 мкм) находится область максимального отражения клеточных структур листа.

Т.е. высокая фотосинтетическая активность (связанная, как правило, с густой растительностью) ведет к меньшему отражению в красной области спектра и большему в инфракрасной.

Отношение этих показателей друг к другу позволяет четко отделять и анализировать растительные объекты от прочих природных объектов.

- **Облачность, снежный покров и водная поверхность** имеют большую отражающую способность в видимом диапазоне, чем в ближнем ИК и имеют **отрицательные значения НРВИ**.
- **Обнаженная почва** без растительности примерно одинаково отражает в 1-м и 2-м каналах, и **НРВИ** для нее лежит вблизи нулевого значения.
- **Поверхность с большим содержанием хлорофилла имеет большие значения НРВИ**.
- Особенно ценной является возможность накопления обобщенных карт вегетационного индекса в рамках конкретного региона в различные месяцы, сезоны и в разные годы.

- **Анализ и мониторинг VI** может применяться для оценки *состояния растительности, выявления типа растительного покрова, подсчета занимаемых площадей и мониторинга состояния растительности.*



**Исходное изображение
(полуостров Крым, RGB синтез)**

Карта вегетационного индекса

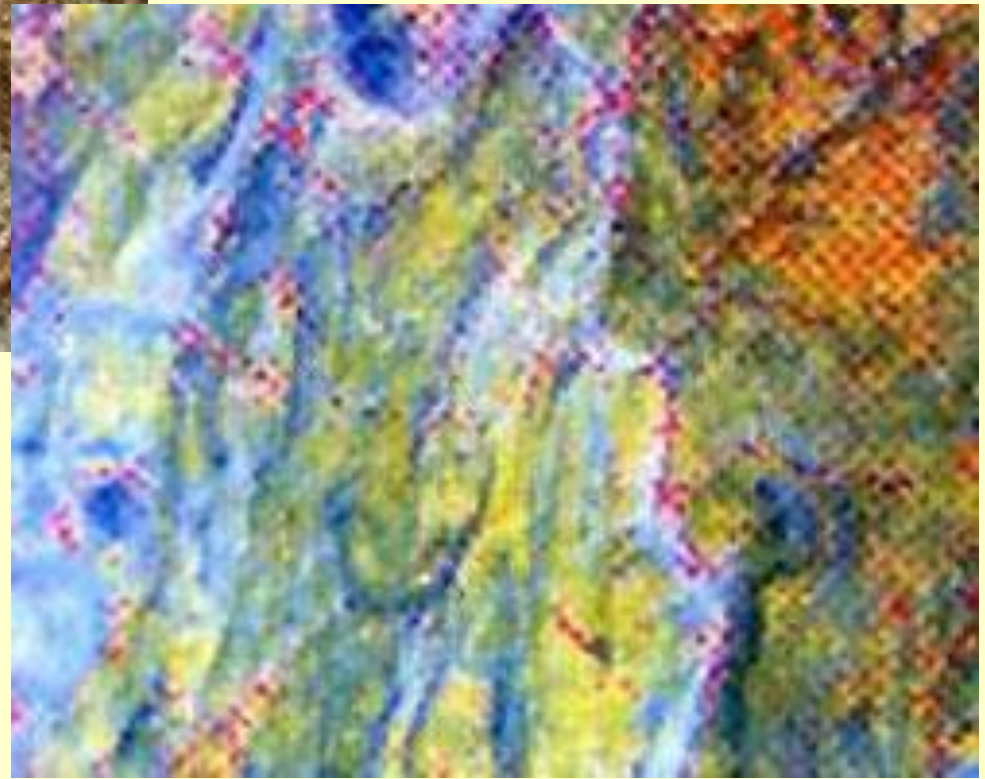
3. Метод главных компонент — более сложное преобразование многозональных снимков, основанное на многомерном статистическом анализе. Оно позволяет построить **более информативные линейные комбинации исходных зональных изображений и сократить количество анализируемых данных.** В особенности это имеет значение при гиперспектральной съемке.

Смысл метода заключается в преобразовании исходного многозонального снимка путем **создания новых зон — компонент,** корреляция между которыми практически отсутствует.

Преобразование по методу главных компонент выполняется **поворотом системы координат в пространстве исходных спектральных признаков с сохранением эвклидова расстояния между точками.**



Фрагмент снимка,
представленного в ложных
цветах.



Снимок, обработанный по методу
главных компонент