



САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ

Зилинберг А.Ю., Калинина К.А., Корнеев А.Ю., Корнеев Ю.А.

«Повышение эффективности обработки информации в обзорных РЛС: проблемы и решения»

**Санкт-Петербург
2015**

ПЛАН ДОКЛАДА. ЧАСТЬ 1

1. Функции АСОИ

2. АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ РЛИ В СНРЛС: ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ

3. ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ПОМЕХОВЫХ СИТУАЦИЙ

4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

- 4.1. Экспериментальные РЛС на РЛ-полигоне в г. Геленджике**
- 4.2. Антенный пост на крыше корпуса ЧВВМУ им. П.С. Нахимова (г.Севастополь)**
- 4.3. РЛ-изображение "МПВ-1": выбросы от морской поверхности**
- 4.4. РЛ-изображение "БИП": МП, область суши, берега, ВЗИП**
- 4.5. РЛ-изображение "НВУ": носовые корабельные волны - "усы"**
- 4.6. Варианты РЛ-сцен (ИКО)**

5. ОБЩАЯ СТРУКТУРА АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ И ОТОБРАЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В ОБЗОРНОЙ РЛС (СНРЛС)

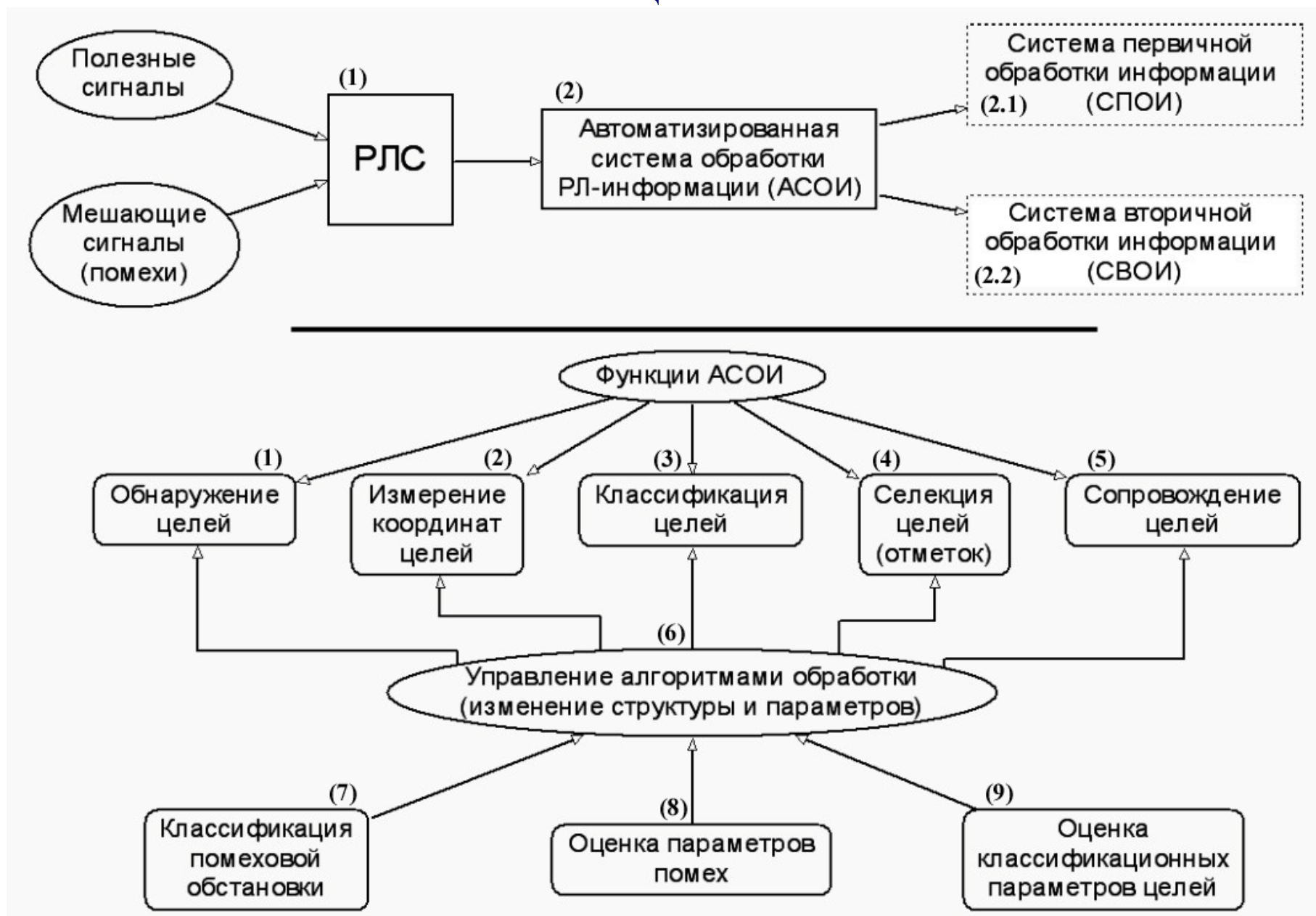
- 5.1. Укрупненный состав алгоритмов обработки РЛИ**
- 5.2. Детализованная структура обработки РЛ-информации СНРЛС**
- 5.3. Объединенная структурная схема формирования индикаторного массива**
- 5.4. Формирование индикаторного массива с принятием решений о структуре РЛИ: основные алгоритмы**
- 5.5. Общая блок-схема формирования индикаторного массива**

6. ПОЯСНЕНИЕ ОСНОВНЫХ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ

- 6.1. Реализация алгоритма Фоновой АРУ**
- 6.2. Защита от ВЗИП**
- 6.3. Сопровождение объектов с использованием ИДП-объектов**

- 6.4. Варианты формирования опорных ИДП-векторов**
- 6.5. Формирование метрик для отметок на s-ом обзоре**
- 6.6. Последовательность метрик и порогов ассоциирования отметок с трассой**
- 6.7. Сопровождение локально-протяженных объектов (пример)**
- 6.8. Использование гистограмм для редукции данных в ФРЛИ**

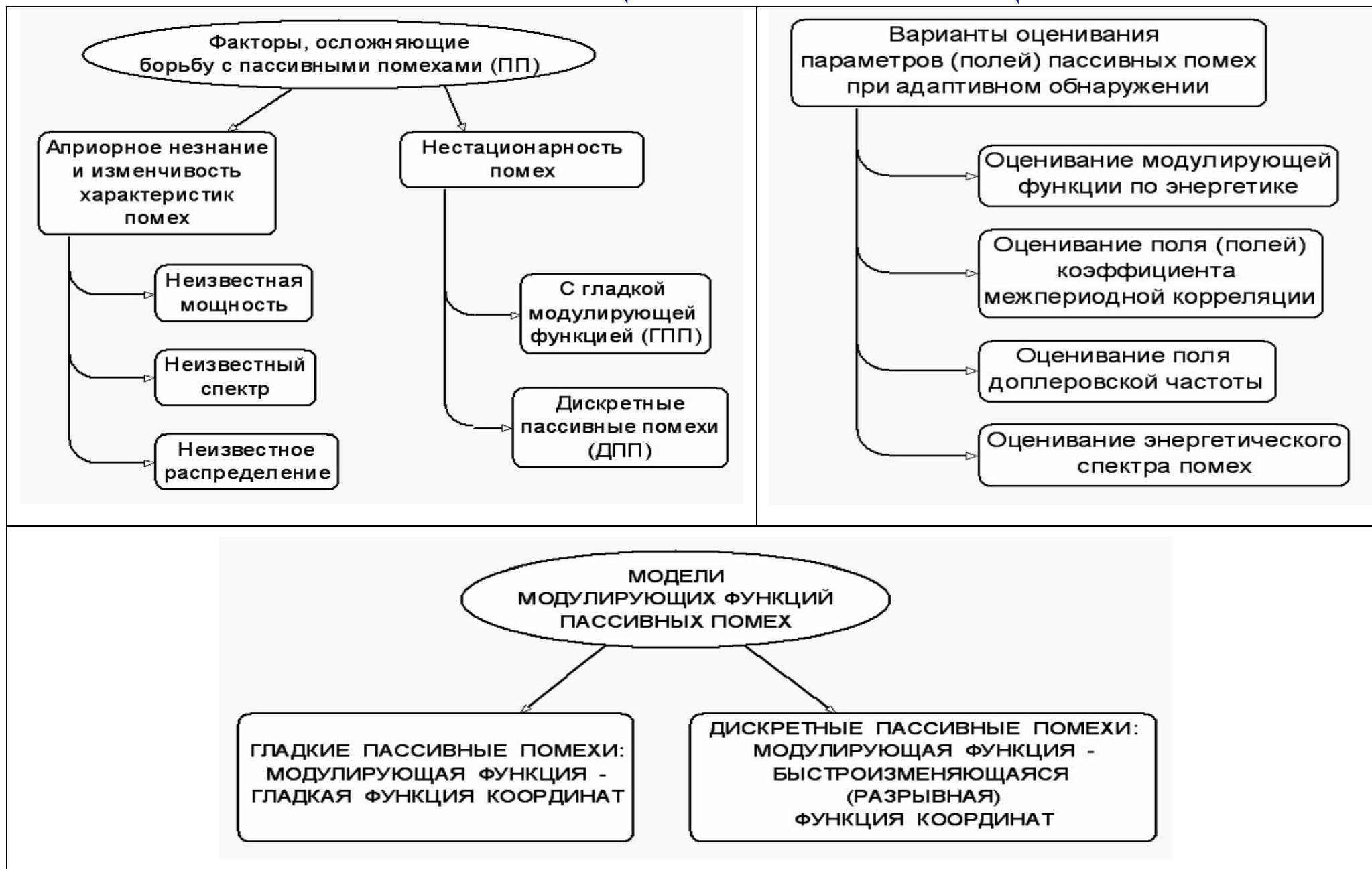
1. Функции АСОИ



2. АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ РЛИ В СНРЛС: ОСОБЕННОСТИ И ПРОБЛЕМЫ



3. ХАРАКТЕРИЗАЦИЯ ПОМЕХОВЫХ СИТУАЦИЙ



4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

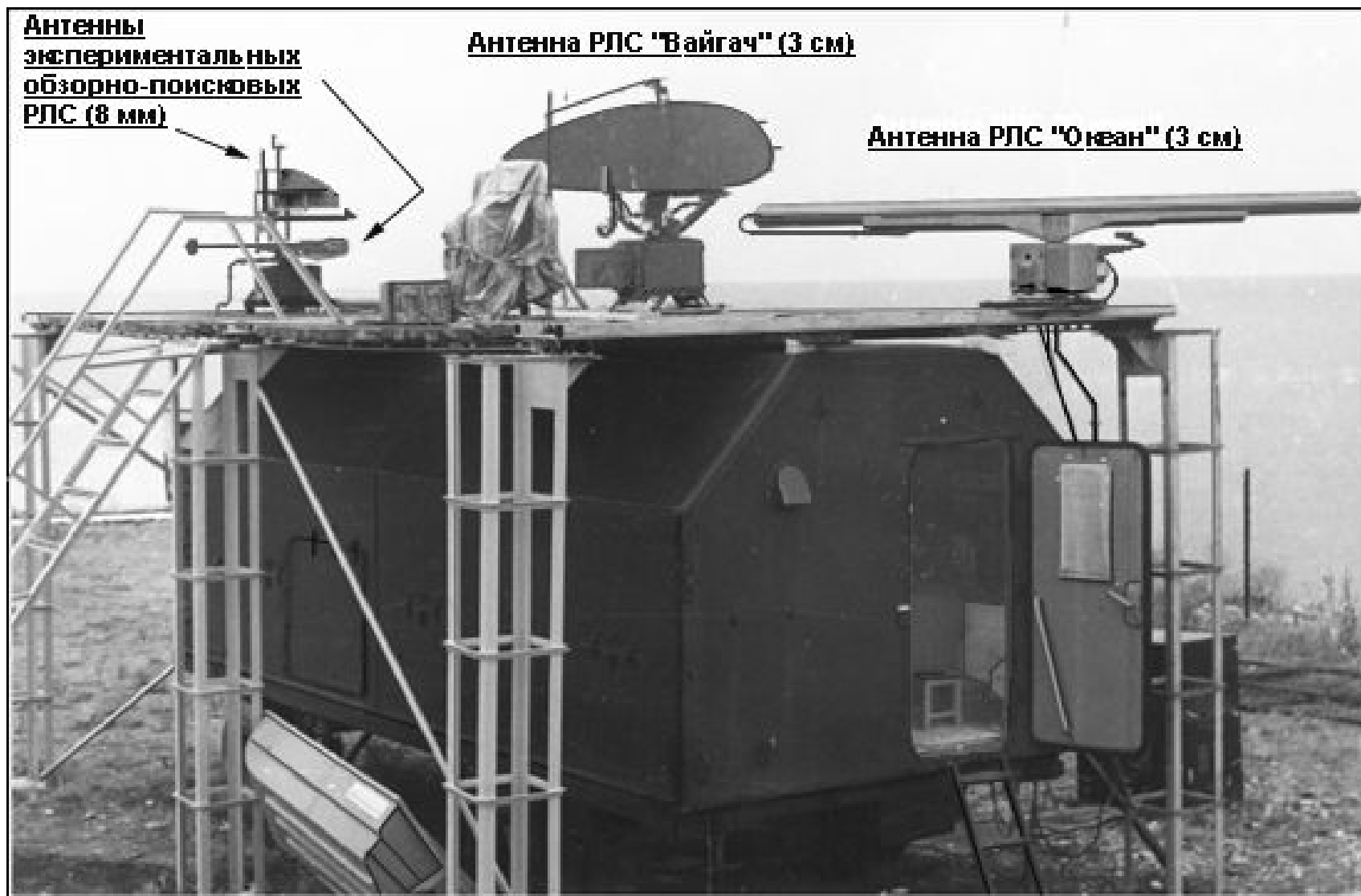


Рис.4.1. Экспериментальные РЛС на РЛ-полигоне в г. Геленджике

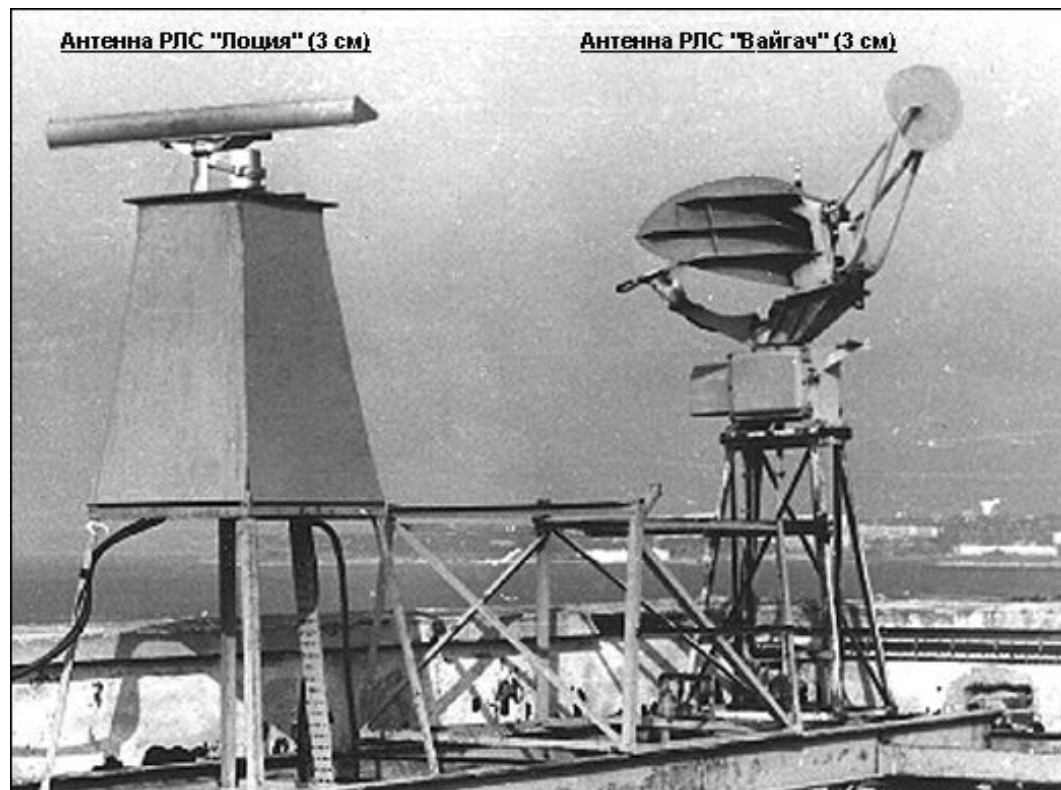


Рис.4.2. Антенный пост на крыше корпуса ЧВВМУ им. П.С. Нахимова (г.Севастополь)

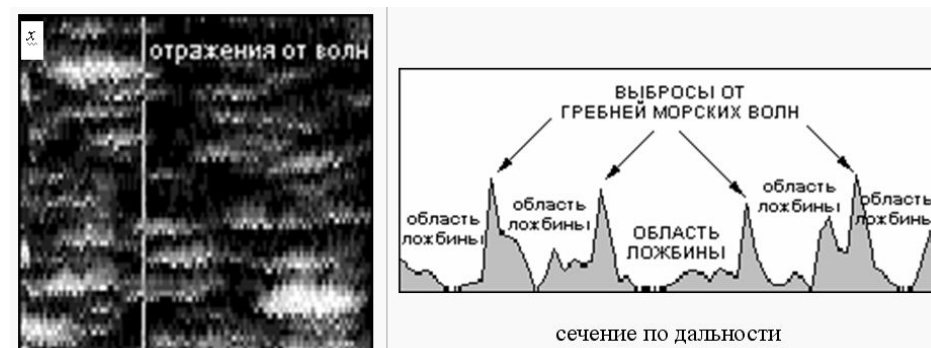


Рис.4.3. РЛ-изображение "МПВ-1": выбросы от морской поверхности

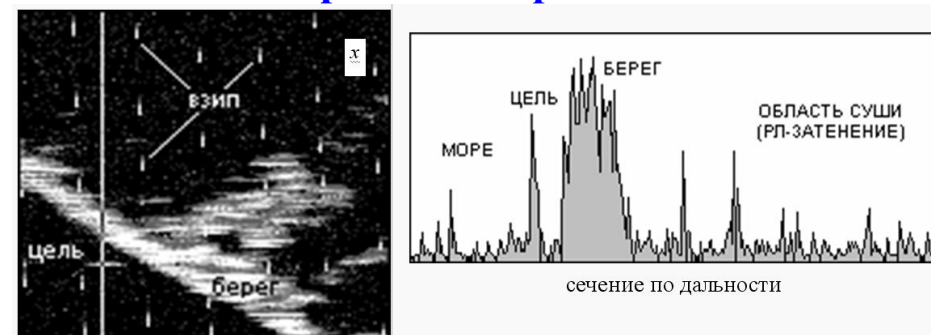


Рис.4.4. РЛ-изображение "БИП": МП, область суши, берега, ВЗИП

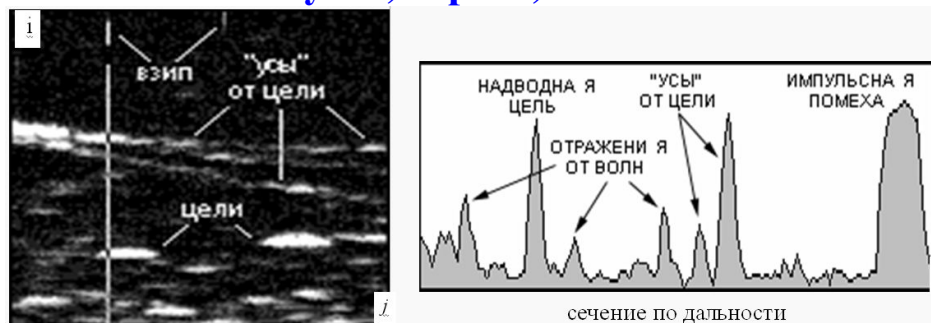
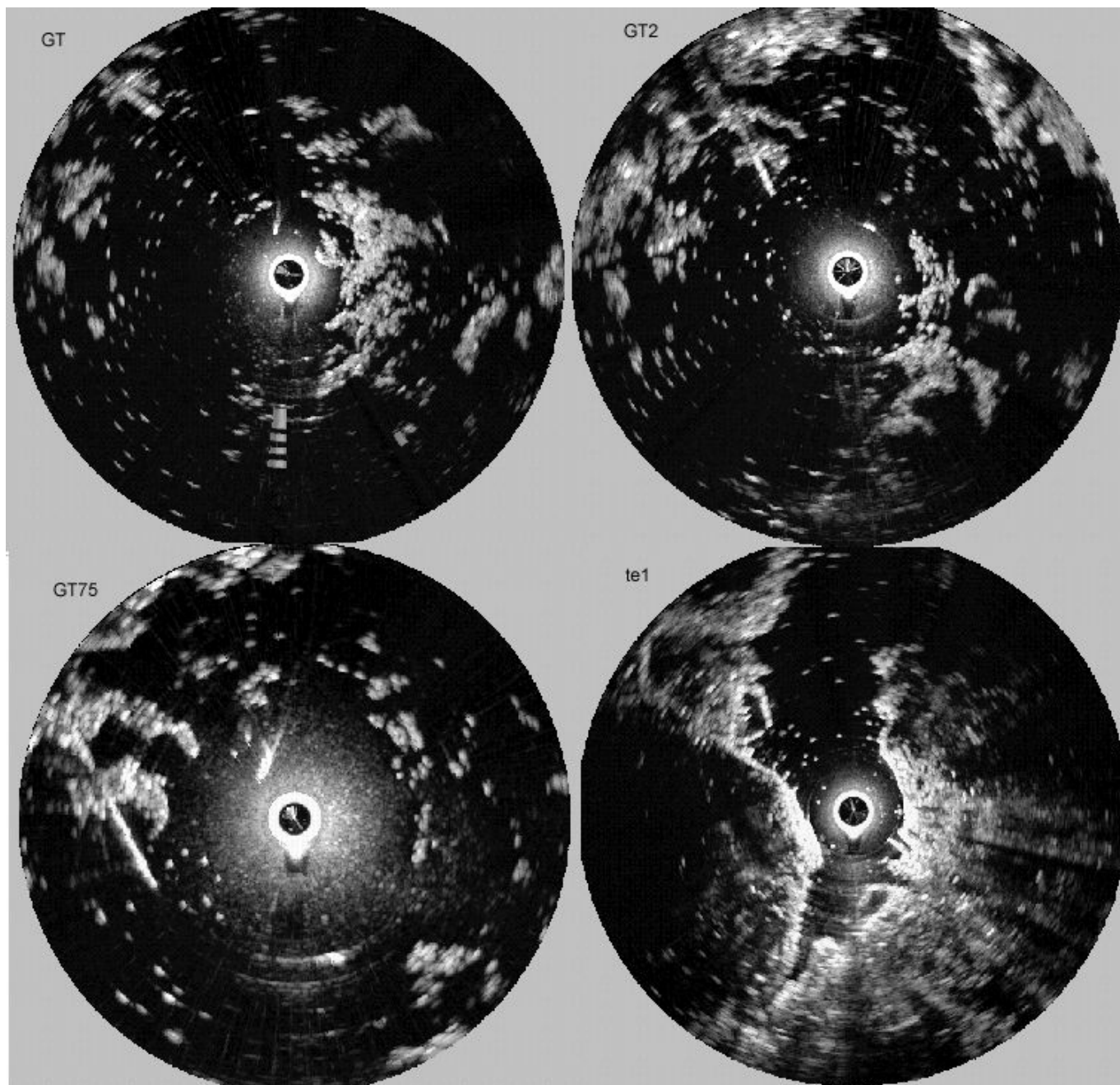
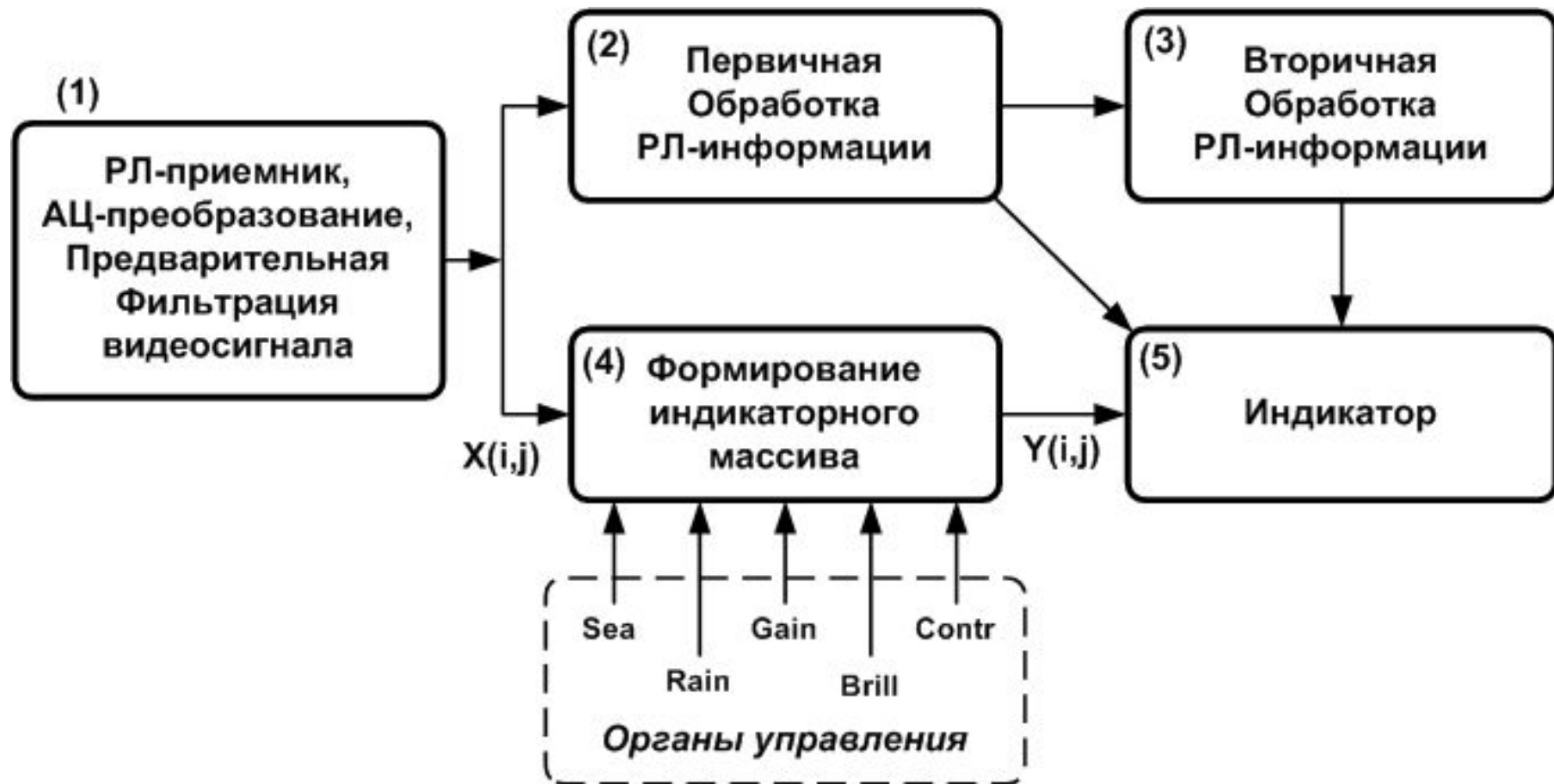


Рис.4.5. РЛ-изображение "НВУ": носовые корабельные волны - "усы"



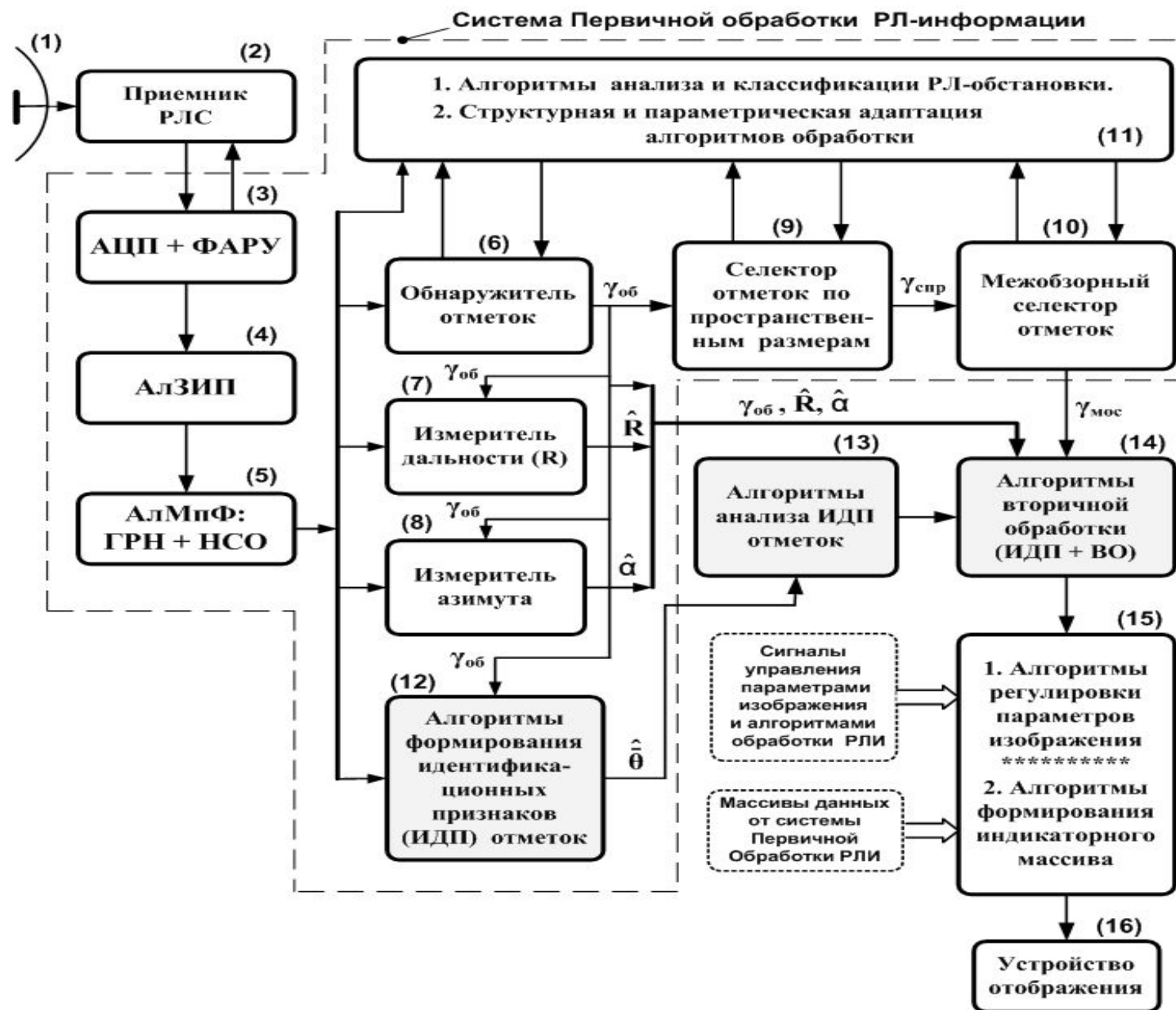
**Рис.4.6. Варианты
РЛ-сцен:
1, 2, 3 – разные
шкалы дальности,
4 – судно в гавани**

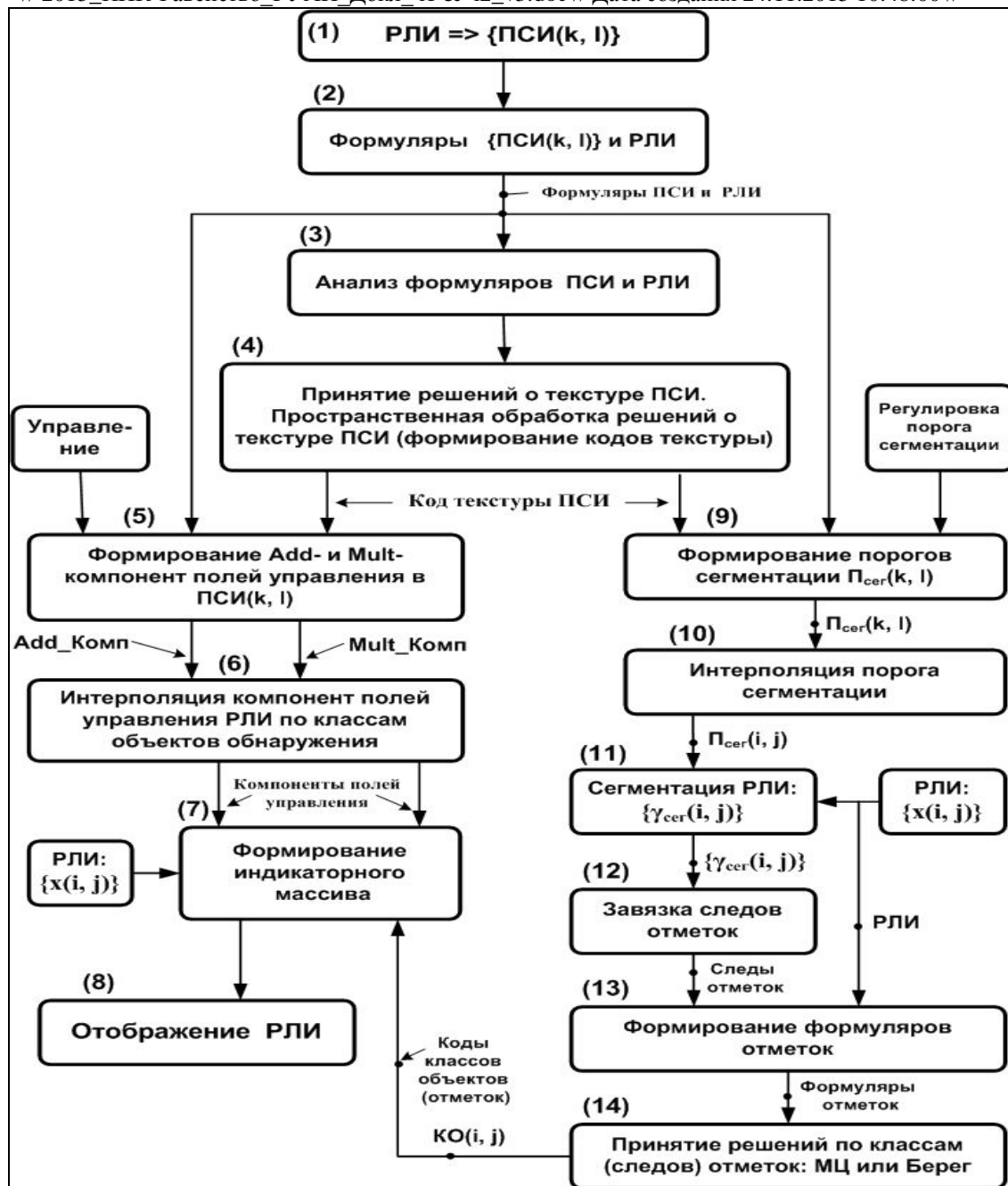
5. ОБЩАЯ СТРУКТУРА АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ И ОТОБРАЖЕНИЯ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ В СНРЛС



5.1. УКРУПНЕННЫЙ СОСТАВ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ РЛИ

5.2. ДЕТАЛИЗОВАННАЯ СТРУКТУРА ОБРАБОТКИ РЛ-ИНФОРМАЦИИ СНРЛС





**Рис.5.3. Объединенная структурная
схема формирования
индикаторного массива**

Блок 13: Формирование формуляров отметок.

В качестве формуляра отметок используется набор параметров, сформированных по следам отметок:

- 1) Координаты оконтуривающего след отметки прямоугольника,
- 2) Максимальная амплитуда отметки $A_{\max}(s)$ (в рамках следа), s – номер следа /отметки/,
- 3) Средняя амплитуда s -й отметки $A_{\text{ср}}(s)$ (в рамках следа),
- 4) Площадь следа s -й отметки $S_{\text{сл}}(s)$,
- 5) Объем s -й отметки над порогом сегментации $V(s)$.



Рис. 5.4. Формирование индикаторного массива с принятием решений о структуре РЛИ: основные алгоритмы

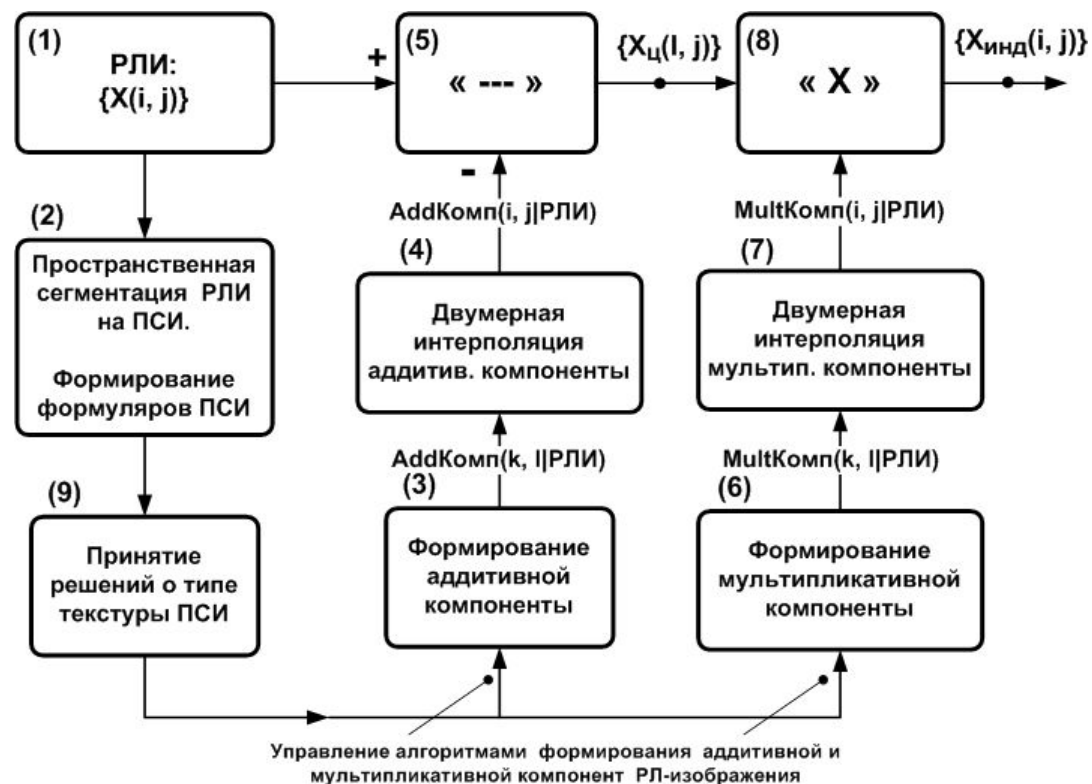
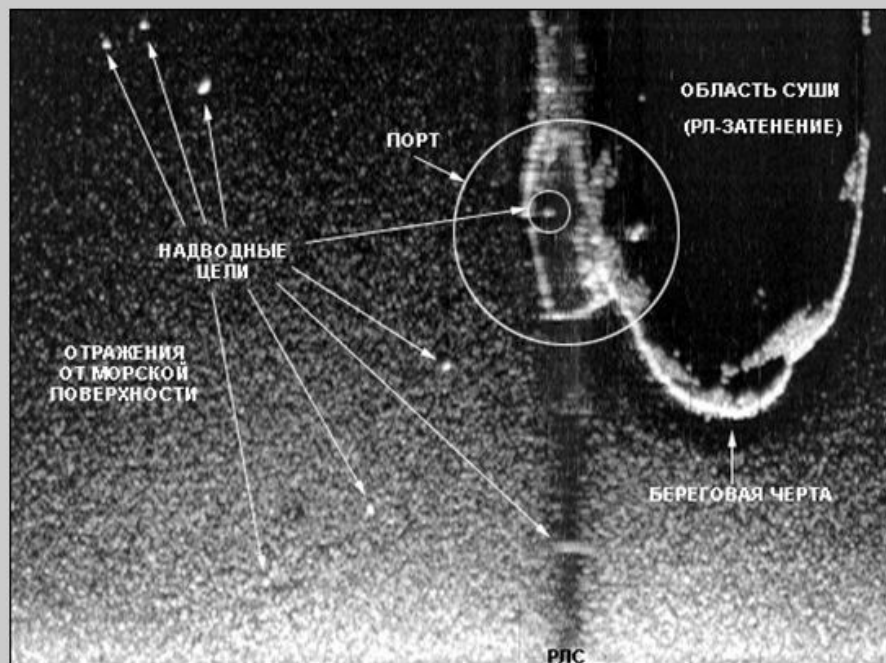


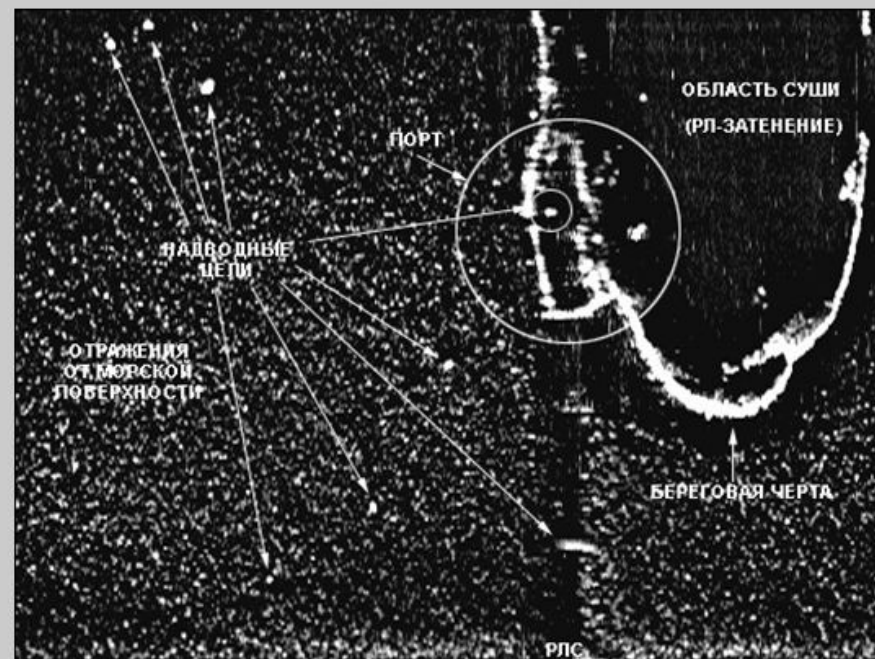
Рис. 5.5. Общая блок-схема формирования индикаторного массива

$$\text{ИндМасс}(i, j) = [X(i, j|\text{РЛИ}) - \text{AddКомп}(i, j|\text{РЛИ}_0) \cdot \text{MultКомп}(i, j|\text{РЛИ}_0)] \quad (1)$$

6. ПОЯСНЕНИЕ ОСНОВНЫХ АЛГОРИТМОВ ОБРАБОТКИ



ИСХОДНОЕ

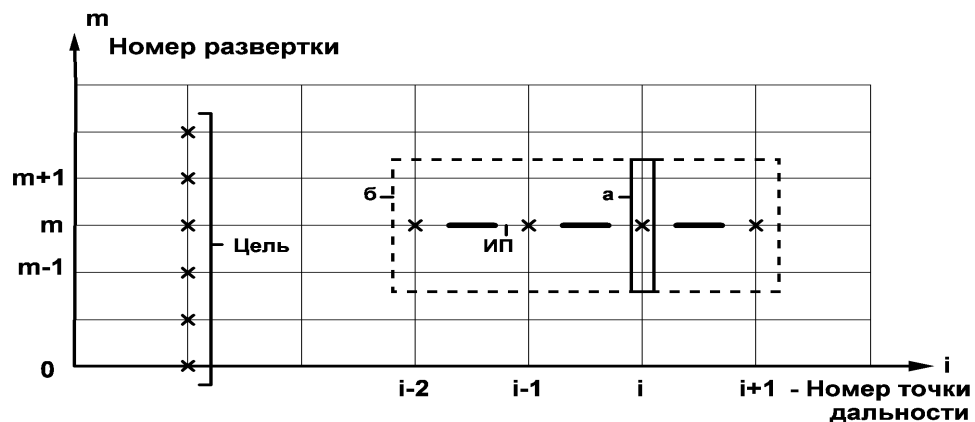


ОБРАБОТКА

Рис.6.1. Реализация алгоритма Фоновой АРУ

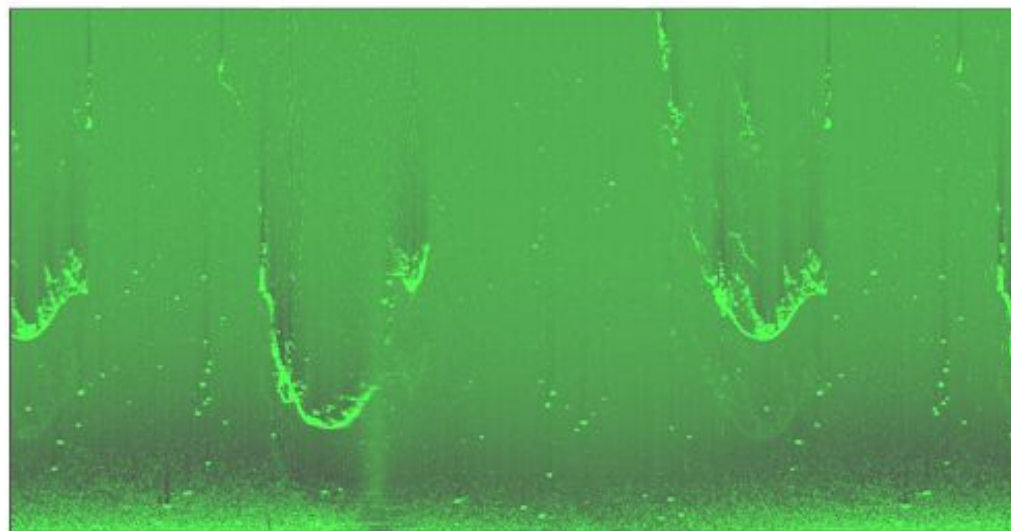
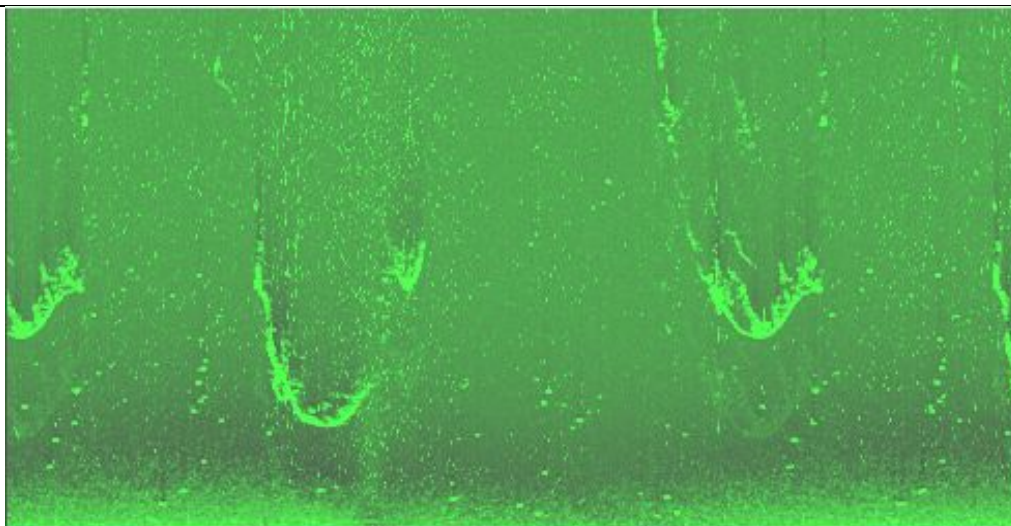
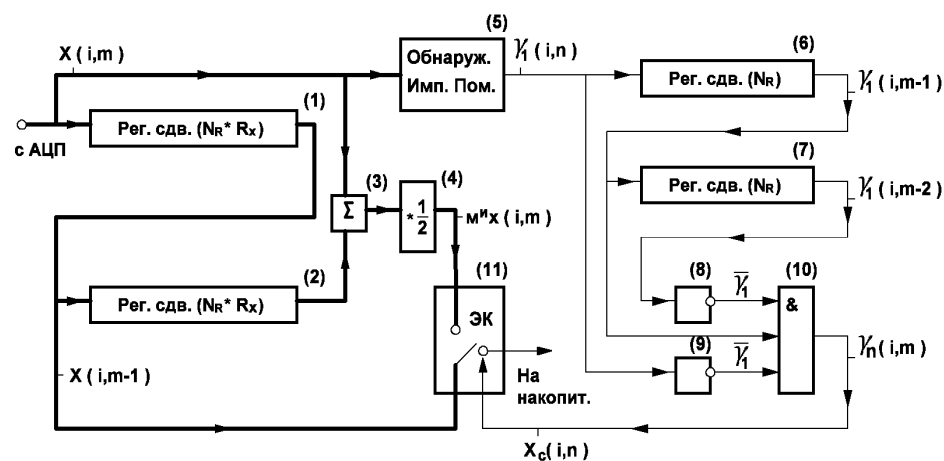
6.2. Защита от ВЗИП

А) Варианты апертур оценивания параметров фона



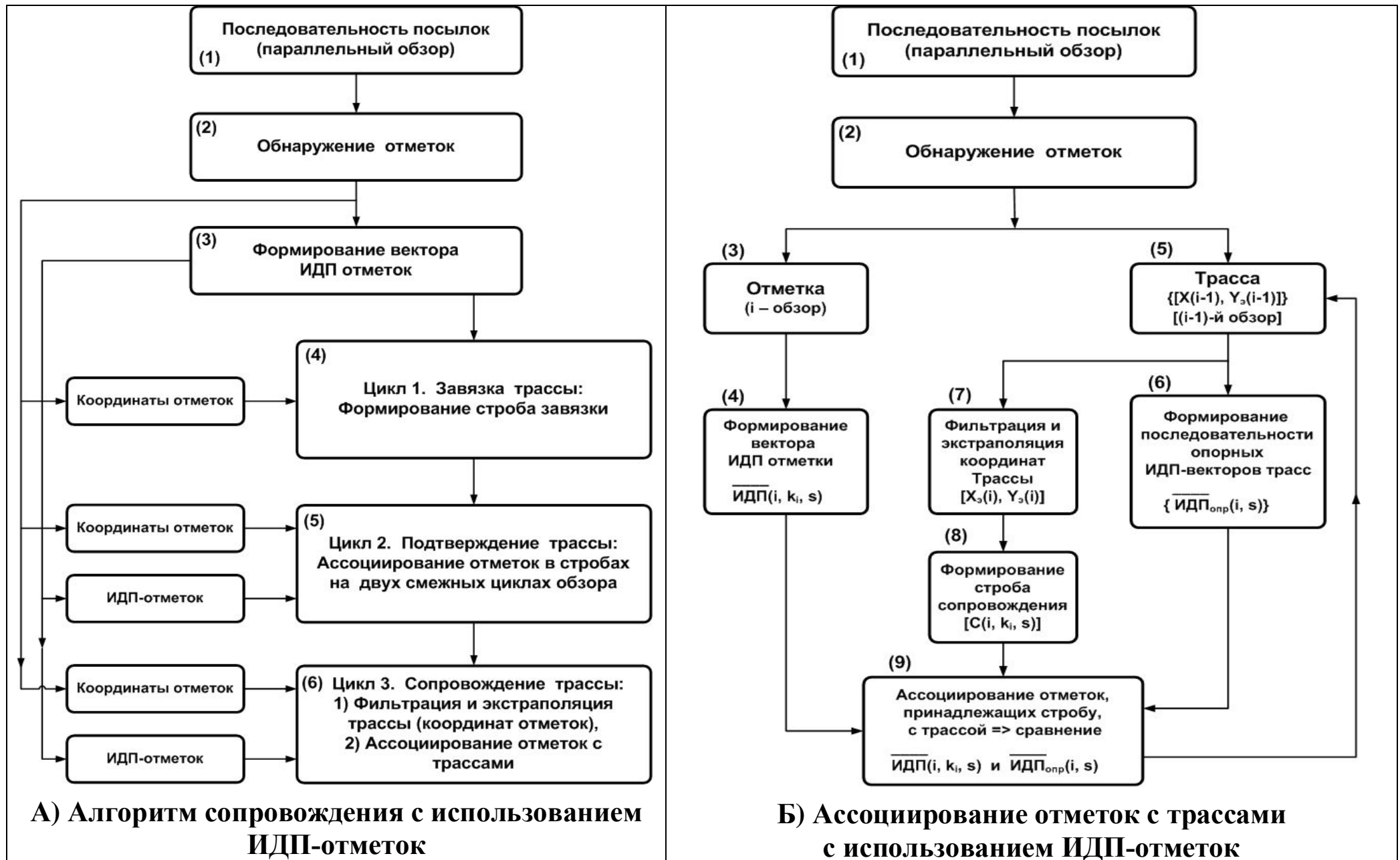
Варианты апертур оценивания параметров:
а - линейная (одномерная), б - двумерная (плоская)

Б) Структурная схема алгоритма защиты от ВЗИП



В) Защита от ВЗИП: сверху: В-индикатор,
РЛИ исходное, 1,3 оборота антенны,
РЛИ снизу: алгоритм подавления ВЗИП включен

6.3. Сопровождение объектов с использованием ИДП-объектов



6.4. Варианты формирования опорных ИДП-векторов



6.5. Формирование метрик для отметок на s -ом обзоре

Мерой сходства отметок с трассами является метрика по ИДП:

$$Metr1_b = \sum_j \frac{|ИДП(i, j, k_i, s) - ИДП_{acc}(i-1, j, s)|}{ИДП_{acc}(i-1, j, s)} \quad (1)$$

где i – номер обзора; k_i – номер отметки в строке на i -ом обзоре;

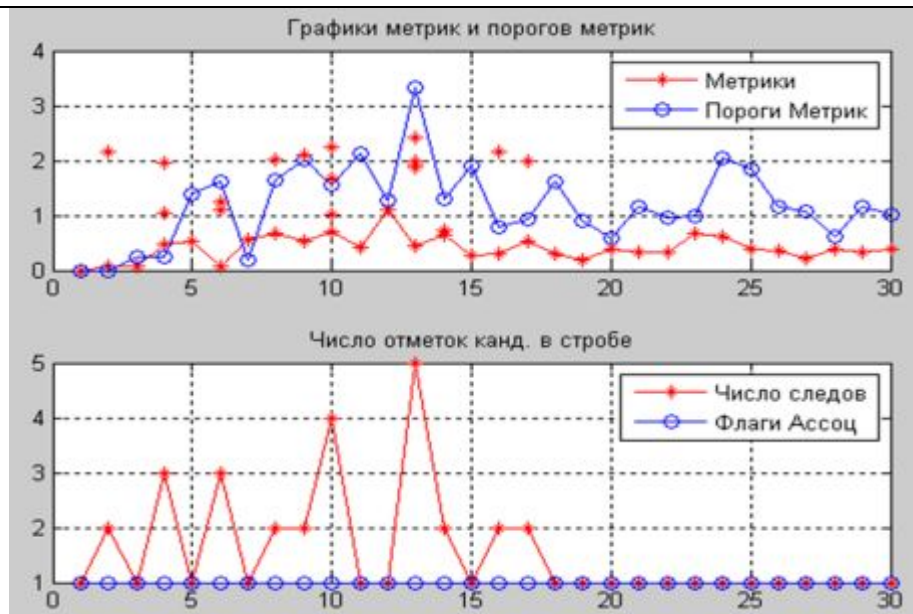
s – номер строка; j – номер компоненты вектора ИДП;

$ИДП(i, j, k_i, s)$ – j -я компонента вектора ИДП k_i -ой отметки на i -ом обзоре в s -ом строке;

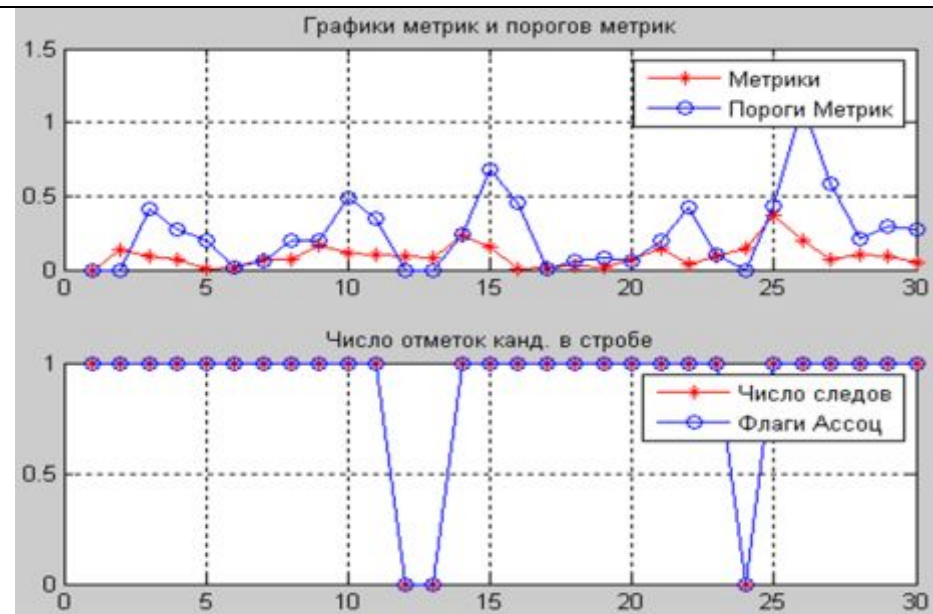
$ИДП_{acc}(i-1, j, s)$ – j -я компонента вектора ИДП на $(i-1)$ -ом обзоре для отметки, ассоциированной с s -ой трассой.

В качестве $ИДП_{acc}(i-1, j, s)$ необходимо брать ИДП последней *именно* ассоциированной отметки.

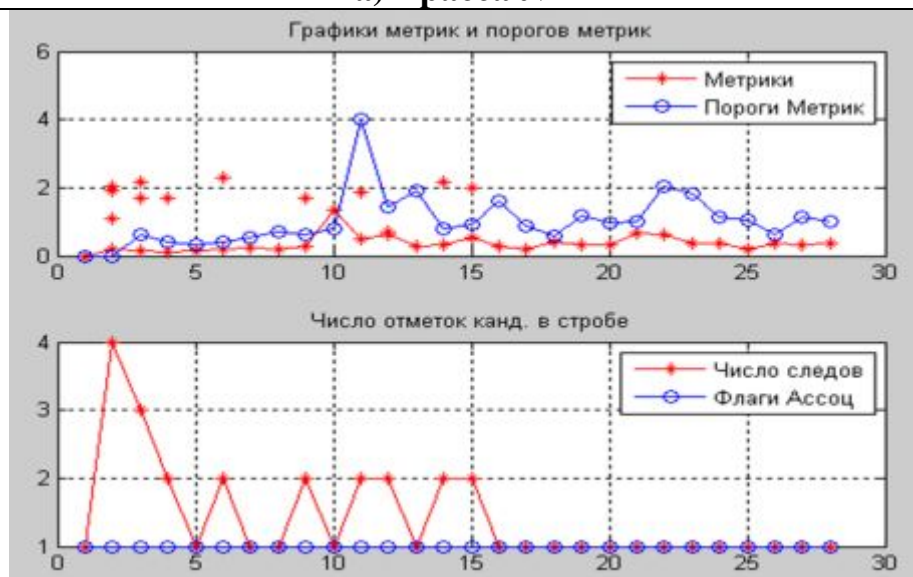
6.6. Последовательность метрик и порогов ассоциирования отметок с трассой



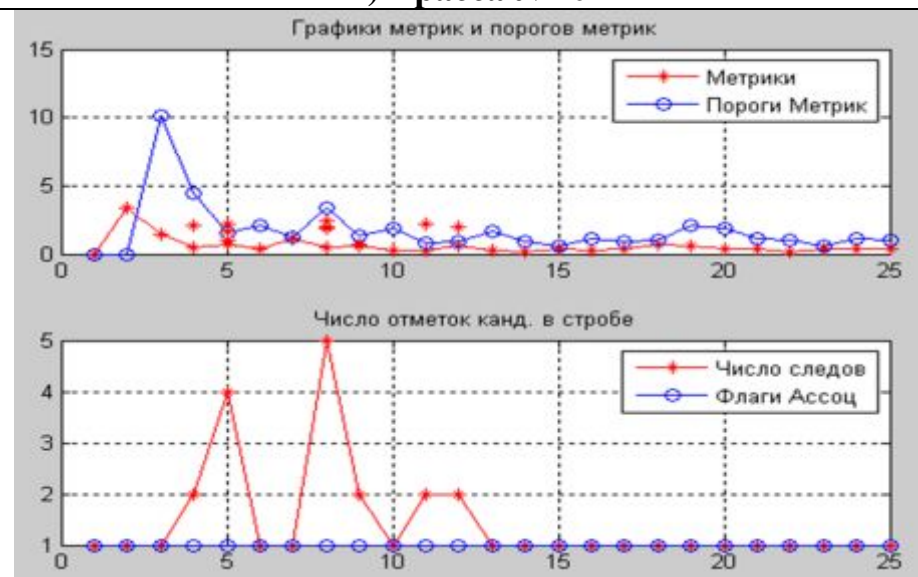
а) Трасса №4



в) Трасса №20

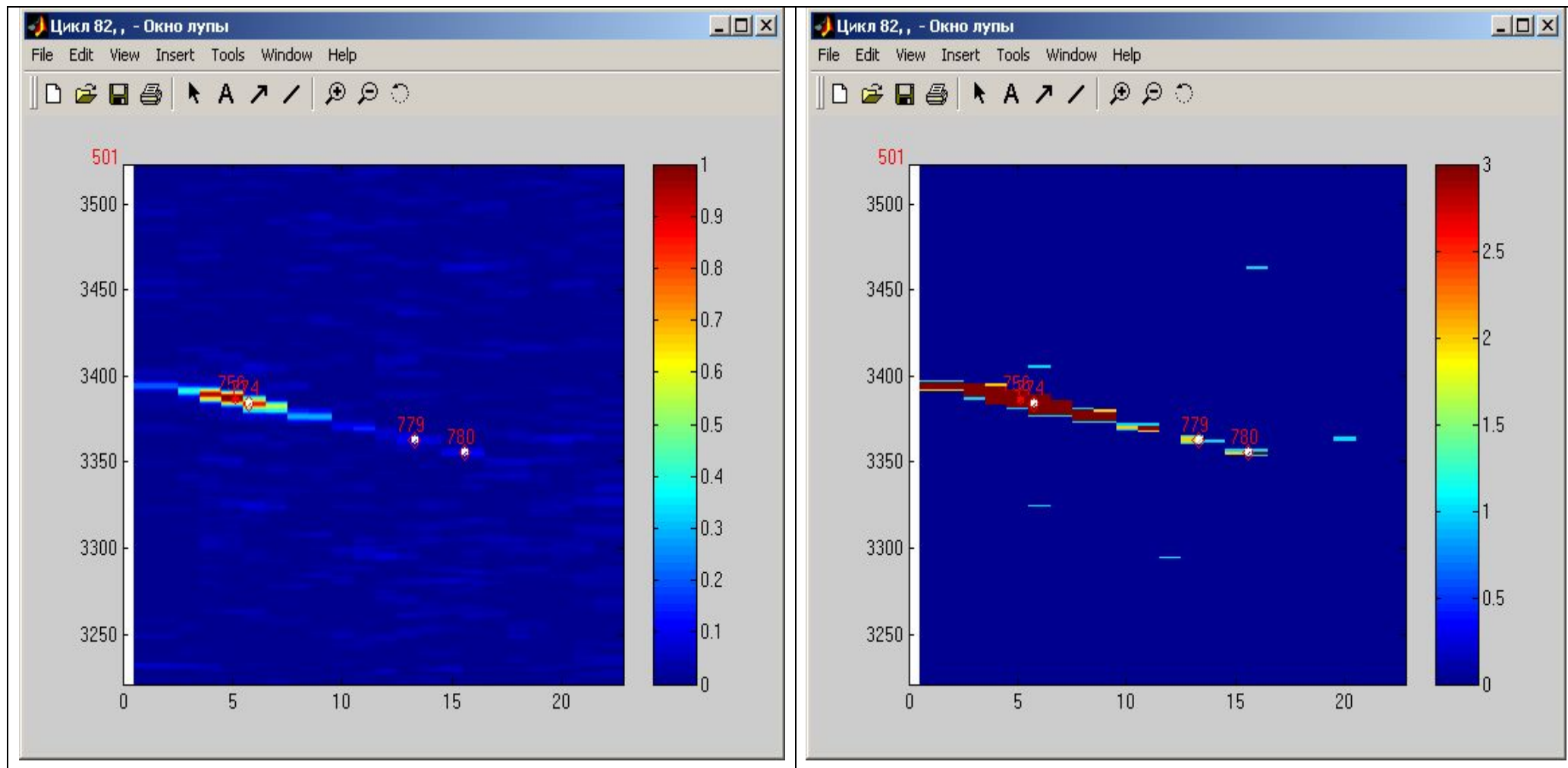


б) Трасса №59



г) Трасса №91

6.7. Сопровождение локально-протяженных объектов



Цель в «Лупе» (2140-2141)

Слева – цветная амплитудная палитра, справа – сегментированное РЛИ (3 уровня)
82-ой цикл сопровождения

Примеры анализа РЛ-изображений

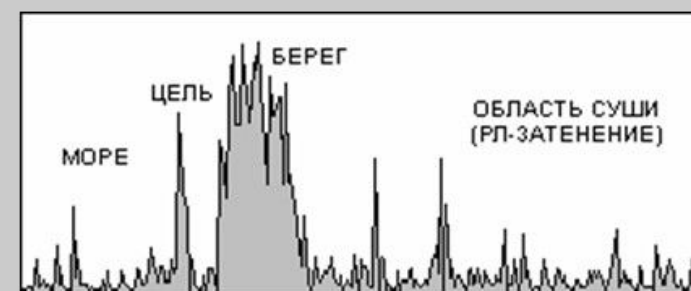


Рис.6.8. Использование гистограмм для редукции данных в ФРЛИ

ЧАСТЬ 2

«РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЛ-ИЗОБРАЖЕНИЙ (РЛ-СЦЕН)»

7. «ТЕХНОЛОГИЯ» ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЛ-ИЗОБРАЖЕНИЙ (РЛ-СЦЕН)

- 7.1. Шаги преобразования данных при интерпретации РЛИ**
- 7.2. Перечень ситуаций в ФРЛИ на РЛ-сценах**
- 7.3. Пример радиолокационного изображения (полный круговой обзор)**

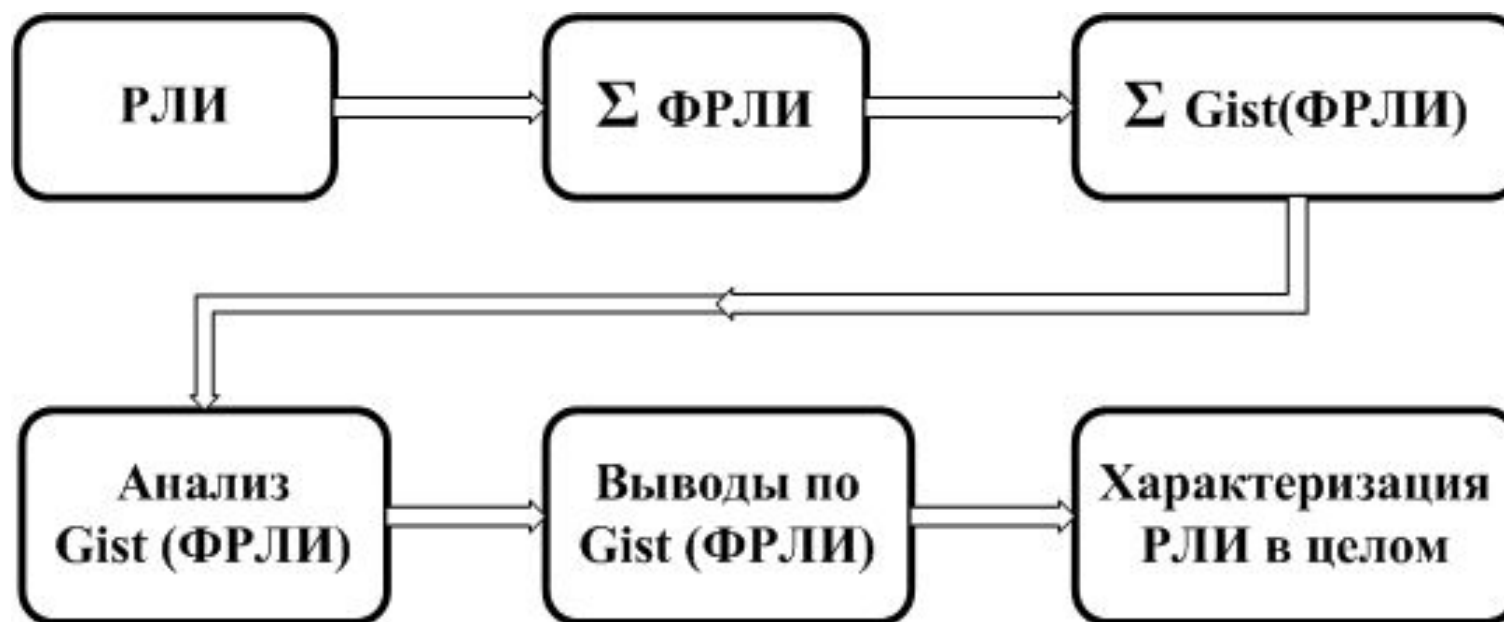
8. ТЕХНОЛОГИЯ КЛАССИФИКАЦИИ ТЕКСТУР РЛИ

- 8.1. Пространственные сегменты изображения (ПСИ) с разными компонентами изображения и их гистограммы**
- 8.2. Формирование смеси распределений в ПСИ**
- 8.3. Примеры расположения квантилей $C0,X$ выборочных распределений в сегментах $C1$**
- 8.4. Примеры фрагментов радиолокационных изображений (ФРЛИ)**
- 8.5. Квантили ПСИ $C0,01, C0,05, C0,1, C0,3, C0,5, C0,7, C0,9, C0,95, C0,99$. по всему РЛИ**
- 8.6. Квантильный размах $Rc = 0,01, Rc = 0,05$**
- 8.7. Нормированный квантильный размах $Rc=0,01, Rc=0,05$**
- 8.8. Варианты формируемых смесей распределений в ПСИ при различных текстурах ПСИ**

9. ПРИМЕР «ПОСЕГМЕНТНОЙ» КЛАССИФИКАЦИИ РЛ-СЦЕНЫ

- 9.1. Прохождение судном узкости. Судно из залива входит в канал**
- 9.2. Пример «посегментной» классификации РЛ-сцены**

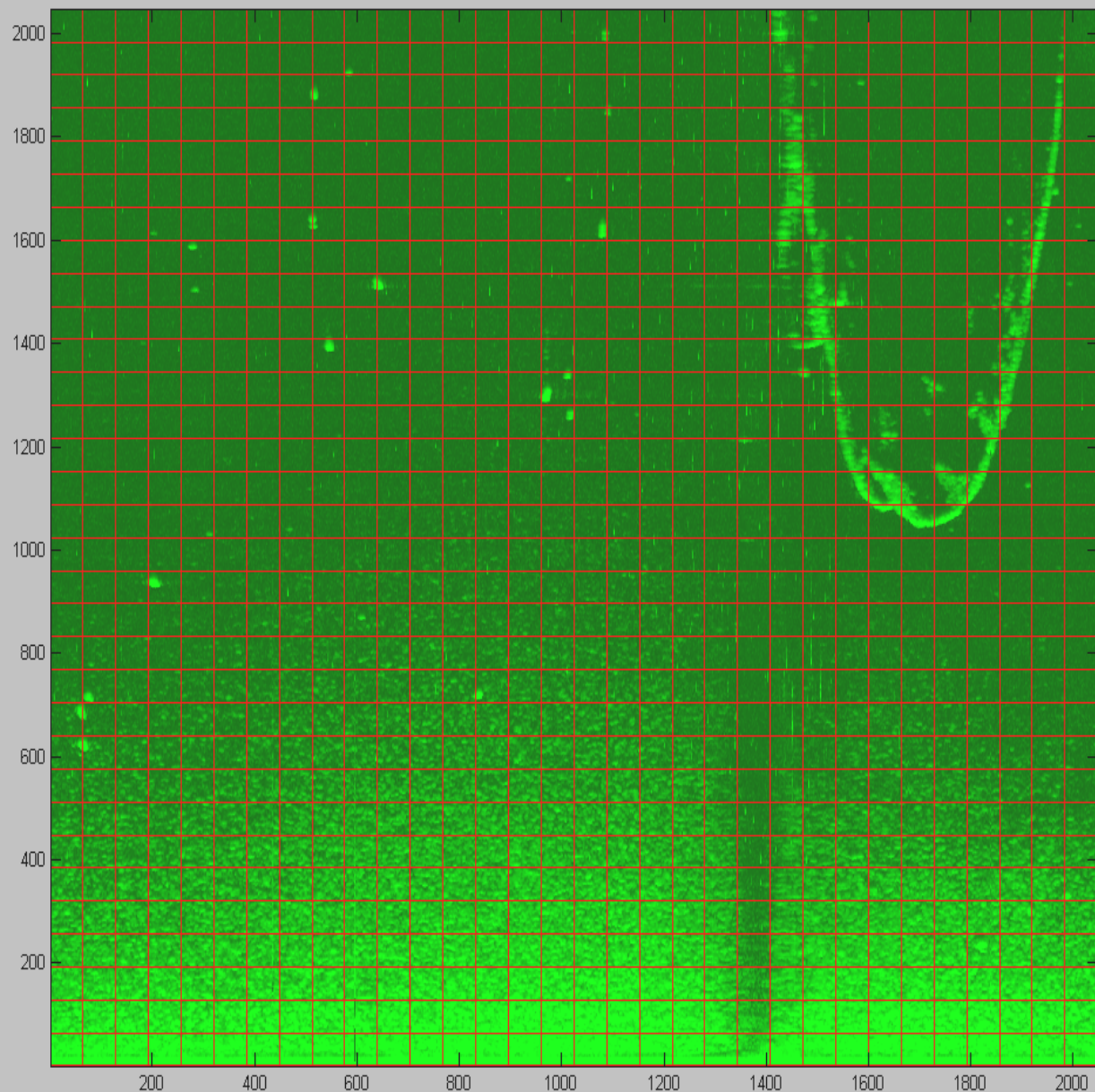
7. «ТЕХНОЛОГИЯ» ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЛ-ИЗОБРАЖЕНИЙ (РЛ-СЦЕН)



7.1. ШАГИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ДАННЫХ ПРИ ИНТЕРПРЕТАЦИИ РЛИ

7.2. Перечень ситуаций в ФРЛИ на РЛ-сценах

- 1) Береговая черта и массивы берегов**
- 2) Морская поверхность (для разного морского волнения):**
- 3) Гидрометеоры**
- 4) Морские цели (суда, корабли) разных классов**



**Рис.7.3. Пример
радиолокационного
изображения
(полный круговой обзор)**

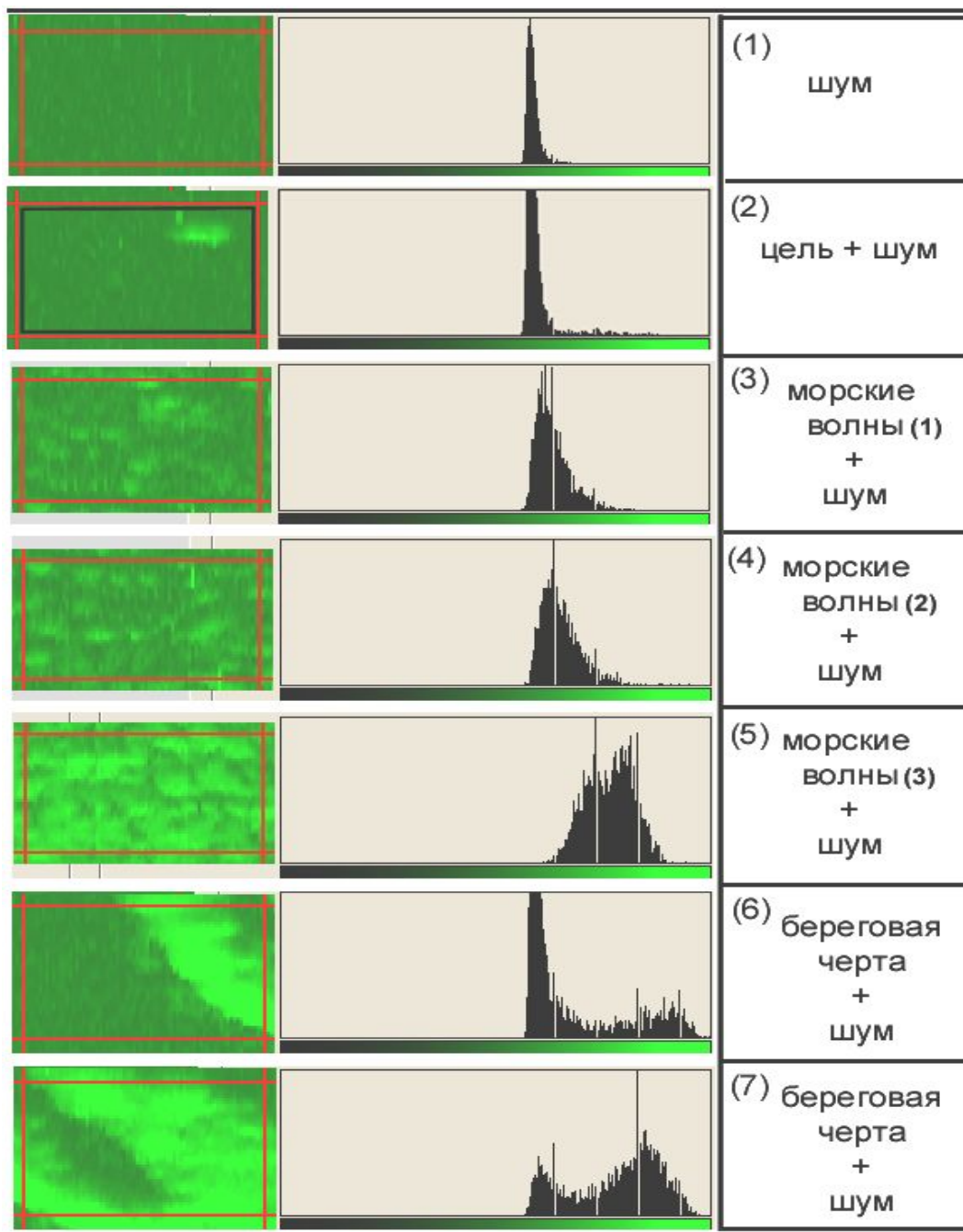
**Пространственная сегментация
изображения – клетки-сегменты
на изображении. Число
сегментов на изображении –
32x32.**

*Характеризация
радиолокационного изображения:*

- а) сверху справа – береговая
черта,**
- б) нижняя половина
изображения – отражения от
морских волн,**
- в) яркие точки в левой части
изображения – надводные
цели.**

**Отображаемый диапазон
дальностей – порядка 15 км.**

8. Технология классификации текстур РЛИ



На основе выводов об особенностях «содержимого» каждого ПСИ на РЛИ формируется «обобщающая» информация об особенностях кластеров ПСИ

Рис.8.1. Пространственные сегменты изображения (ПСИ) с разными компонентами изображения и их гистограммы:

слева – ПСИ с разной структурой,
в центре – гистограммы отсчетов данных
ПСИ

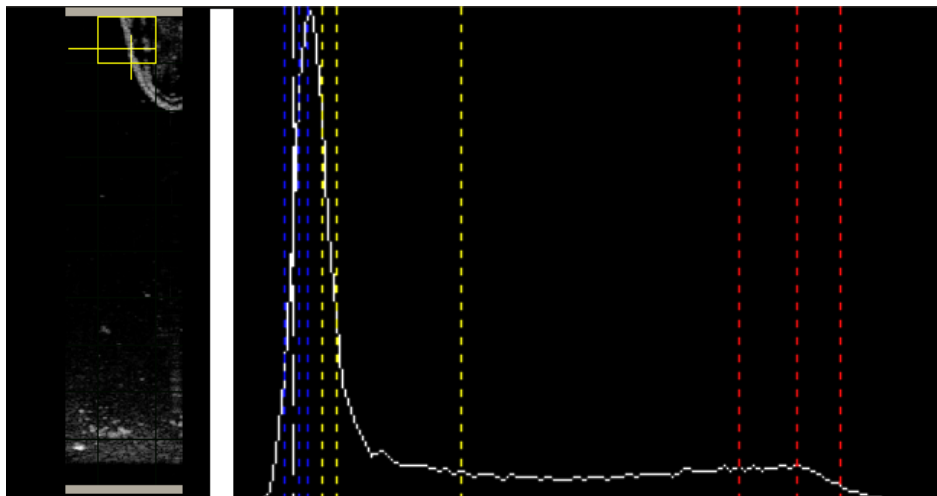


Рис.8.2. Формирование смеси распределений в ПСИ

$$W_{\text{пси}}(x) = W_{\text{см}}(x) = \sum_j p_j W_j(x) = \sum_s \sum_p W_{sp}(x) / N_{\text{пэр_пси}},$$

где: p_j - веса, соответствующие относительным площадям РЛ-компонент в ПСИ,

$W_j(x)$ – распределение j -ой РЛ-компоненты,

$W_{sp}(x)$ - распределение отсчетов в s, p -ом ПЭРе, $N_{\text{пэр_пси}}$ - число ПЭР в ПСИ.

Квантили выборочных распределений:

$C_{0,01}, C_{0,05}, C_{0,1}, C_{0,3}, C_{0,5}, C_{0,7}, C_{0,9}, C_{0,95}, C_{0,99}$.

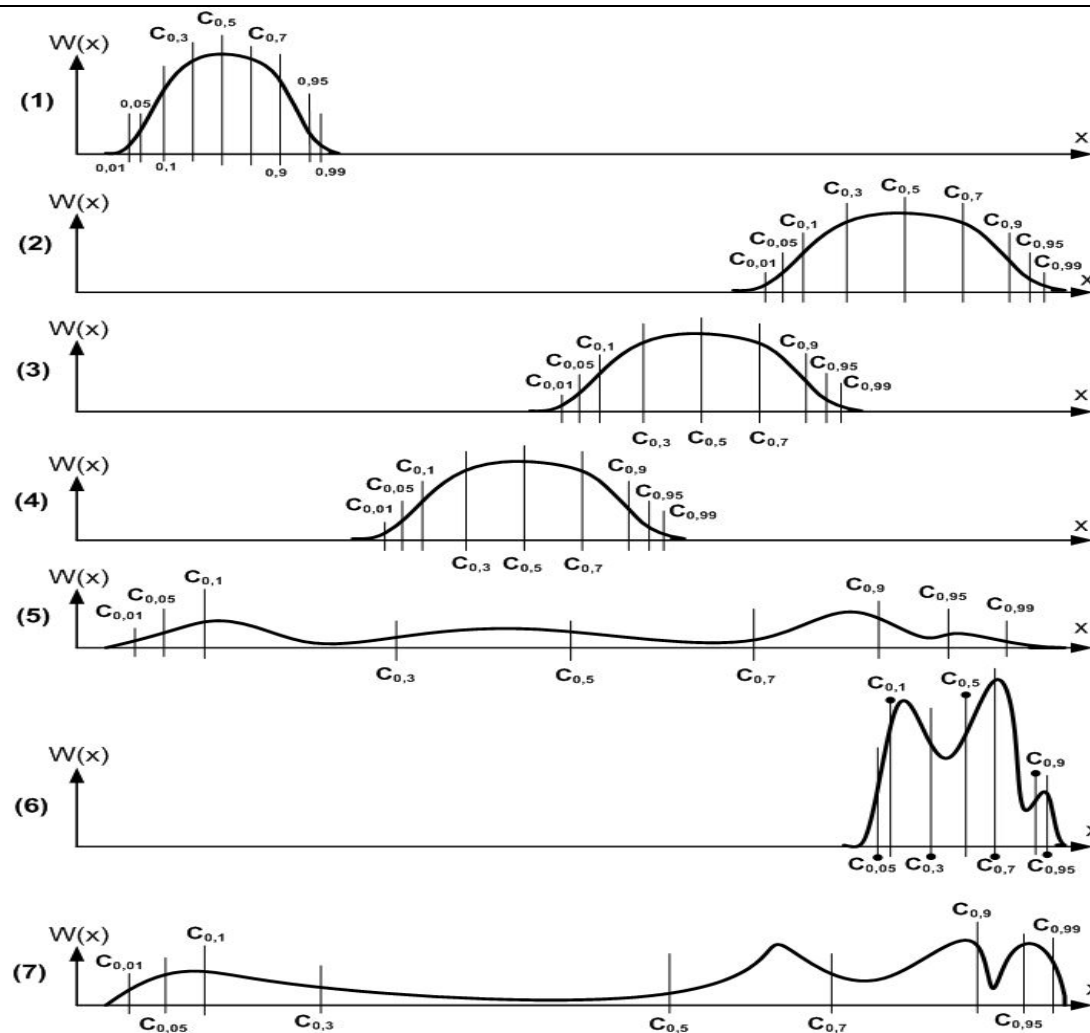


Рис.8.3. Примеры расположения квантилей $C_{0,x}$ выборочных распределений в сегментах C1:

$C_{0,01}, C_{0,05}, C_{0,1}, C_{0,3}, C_{0,5}, C_{0,7}, C_{0,9}, C_{0,95}, C_{0,99}$.

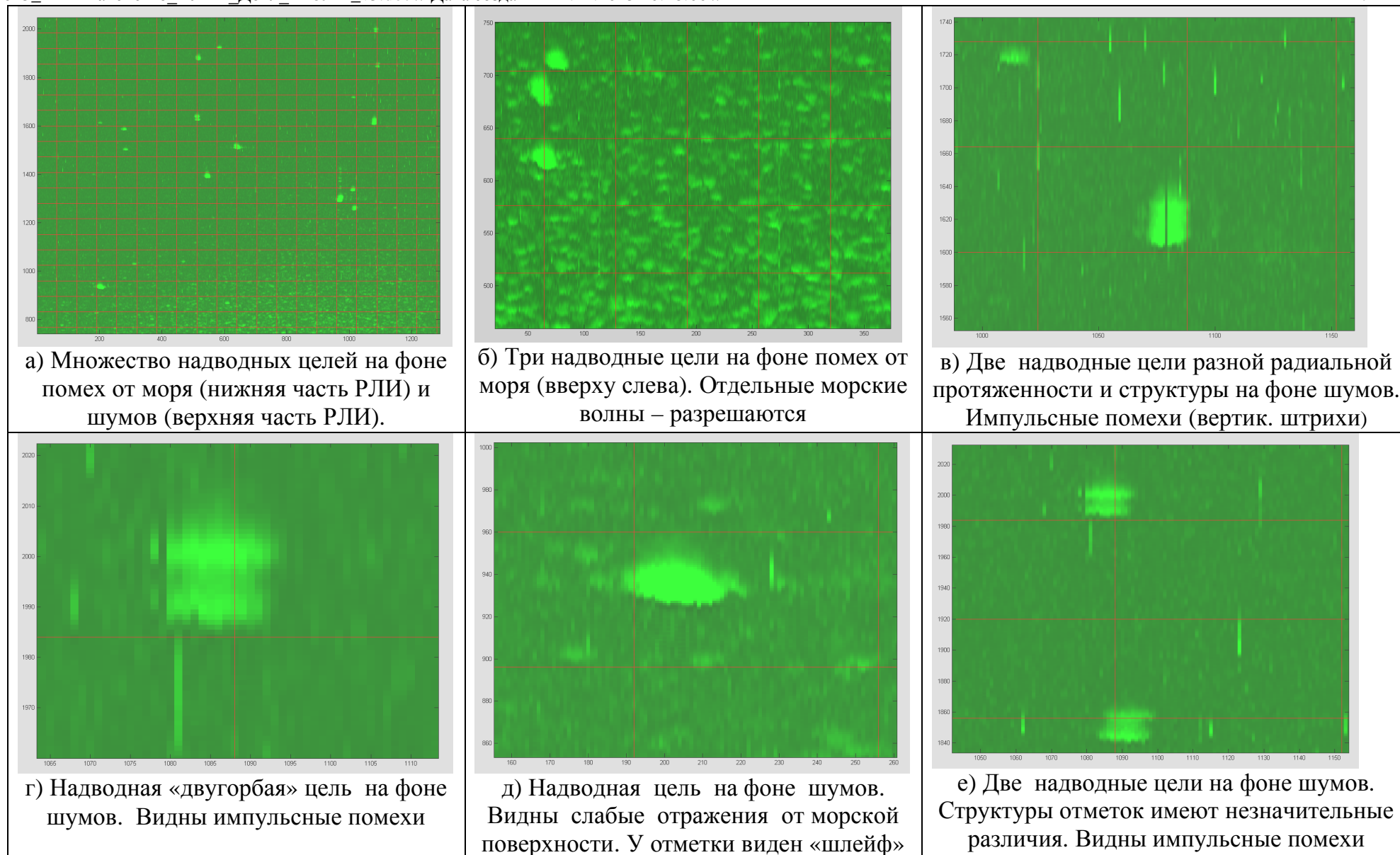


Рис.8.4. Примеры фрагментов радиолокационных изображений (ФРЛИ)

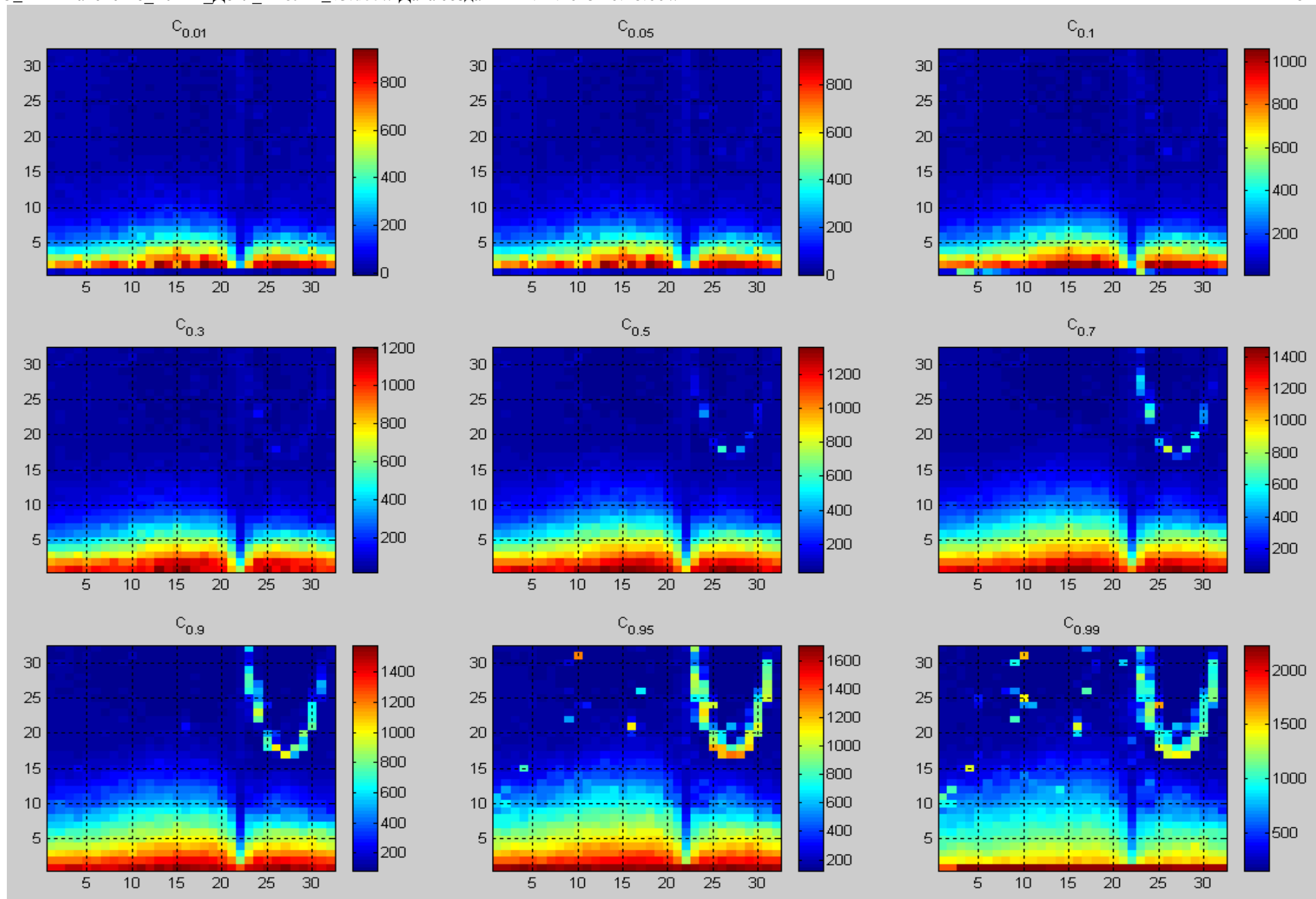


Рис.8.5. Квантили ПСИ $C_{0.01}$, $C_{0.05}$, $C_{0.1}$, $C_{0.3}$, $C_{0.5}$, $C_{0.7}$, $C_{0.9}$, $C_{0.95}$, $C_{0.99}$ по всему РЛИ

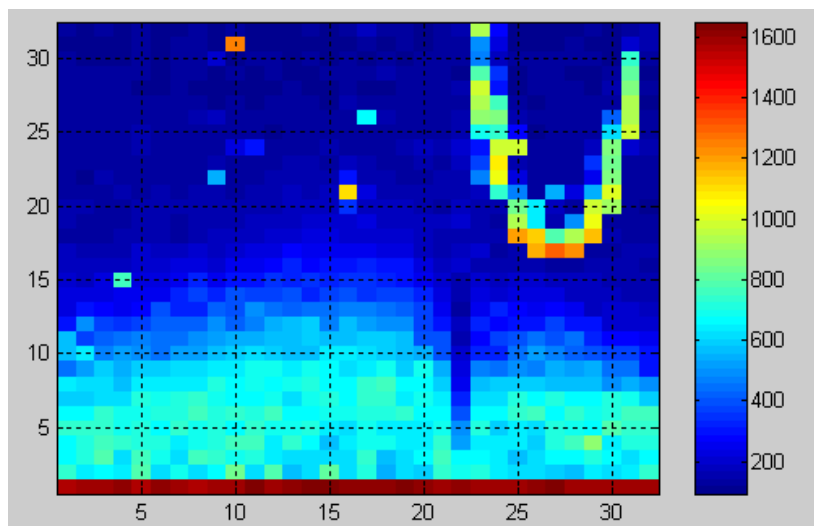


Рис.8.6 а. Квантильный размах $R_c = 0,05$

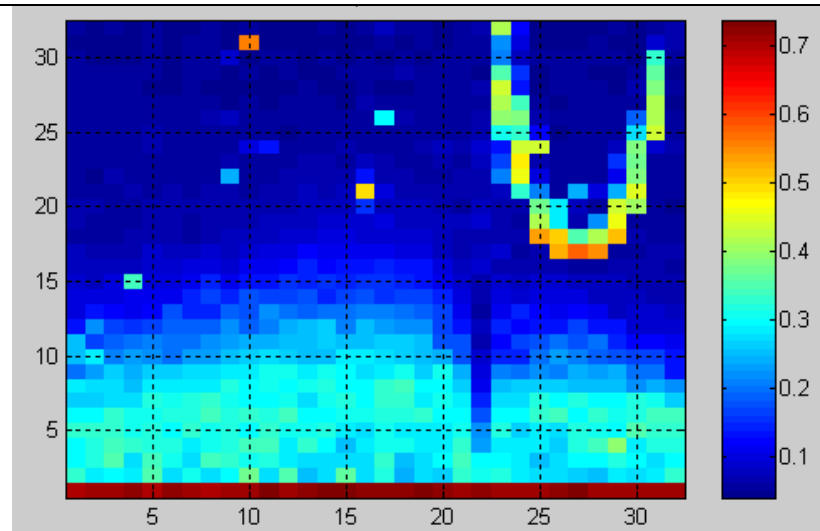


Рис.8.7 а. Нормированный квантильный размах $R_c=0,05$

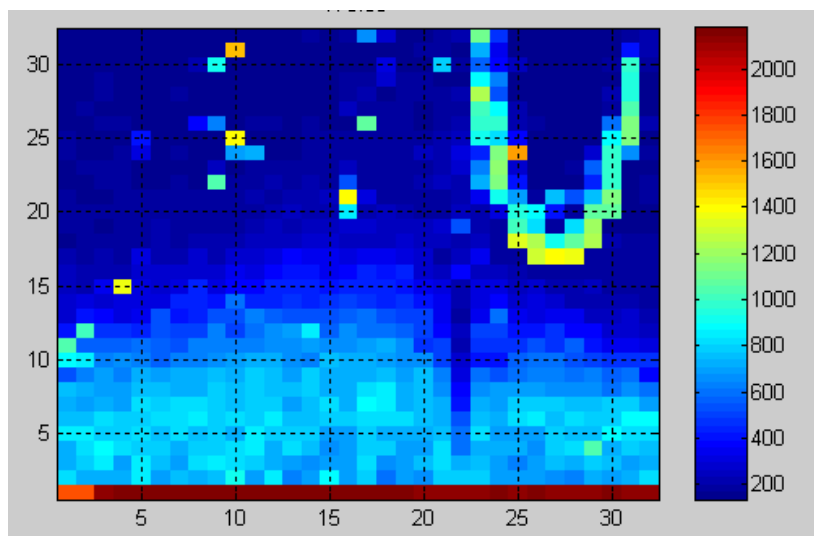


Рис.8.6 б. Квантильный размах $R_c = 0,01$,

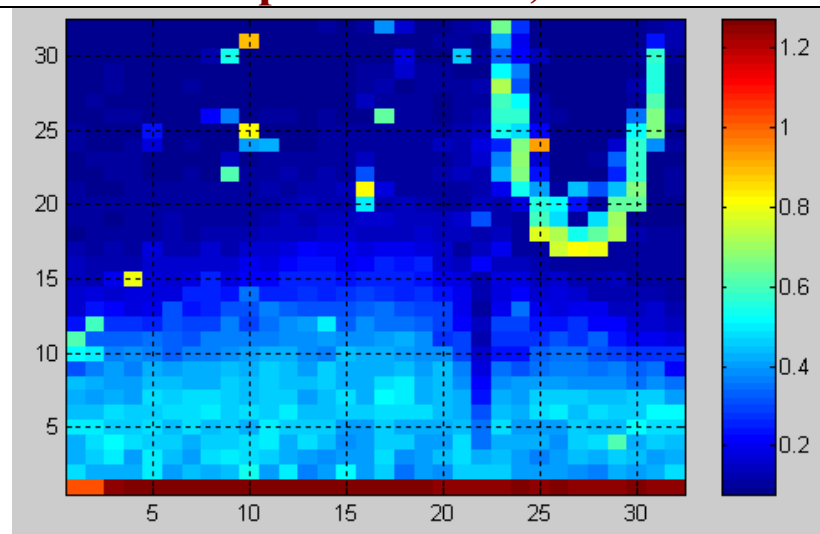


Рис.8.7 б. Нормированный квантильный размах $R_c=0,01$

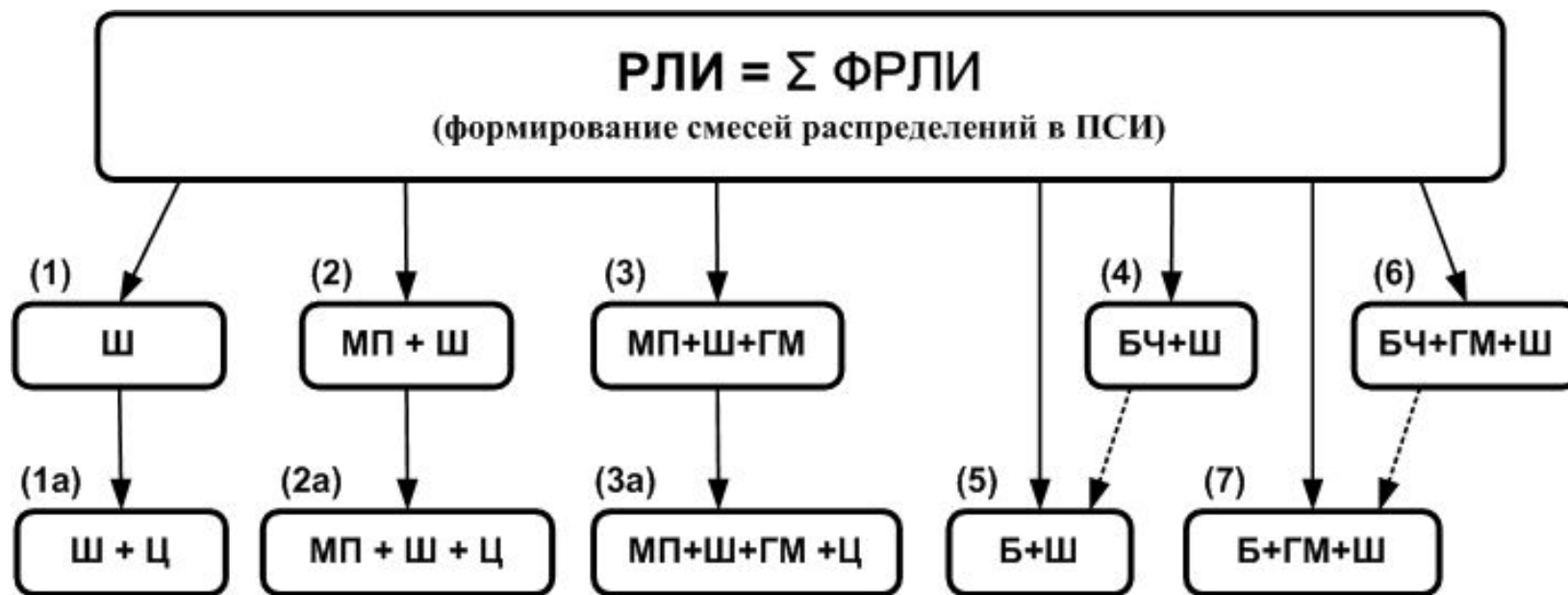


Рис.8.8. Варианты формируемых смесей распределений в ПСИ при различных текстурах ПСИ

Особенности текстур РЛ-изображения характеризуются признаками различной природы:

- а) Энергетические признаки.**
- б) Структурные признаки.**
- в) Координатные признаки.**
- г) Корреляционные признаки.**

9. ПРИМЕР «ПОСЕГМЕНТНОЙ» КЛАССИФИКАЦИИ РЛ-СЦЕНЫ

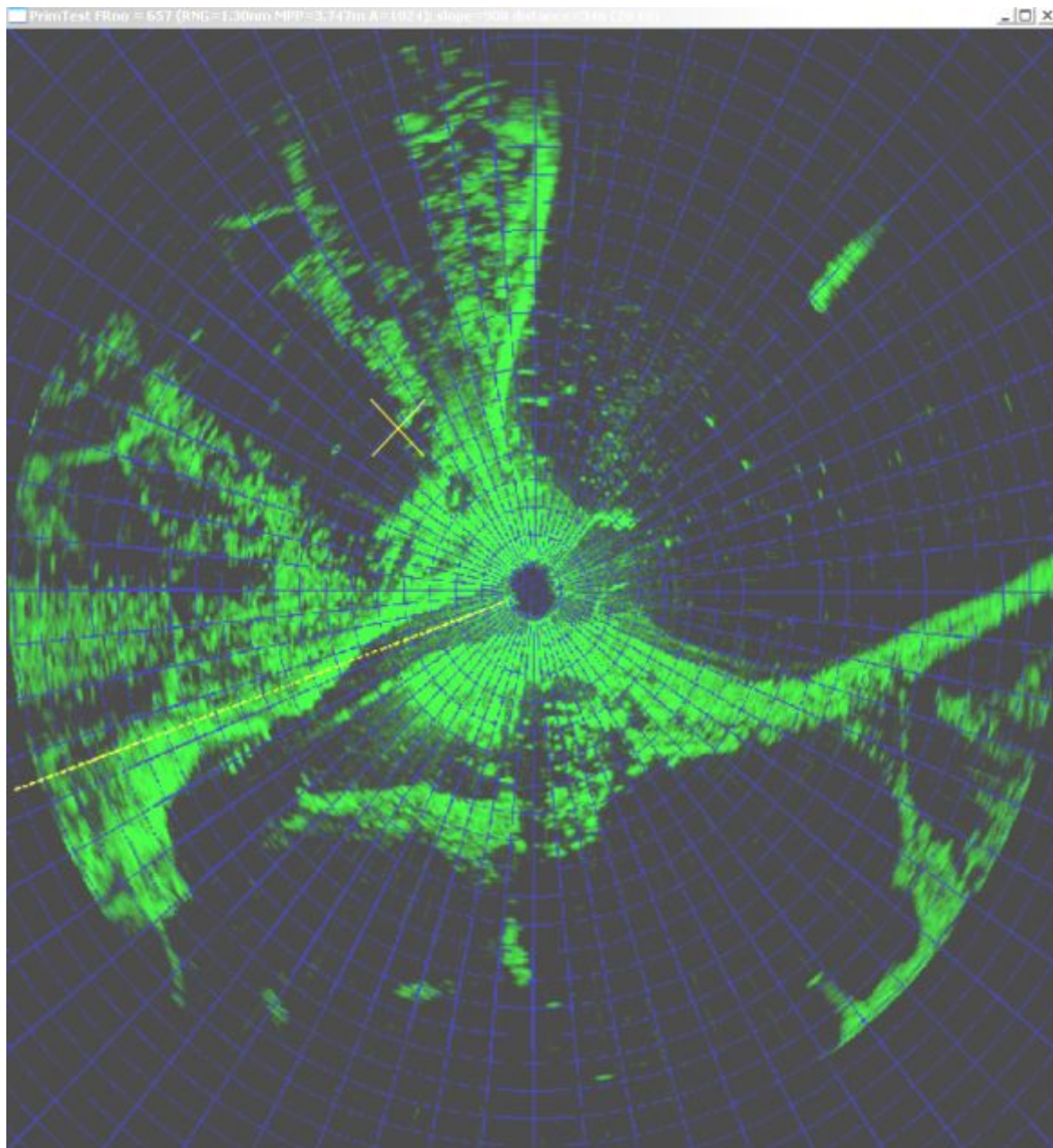


Рис.9.1. Прохождение судном узкости. Судно из залива ВХОДИТ в канал
(в заливе /сверху-справа/ виден «ответ» радиобуя)

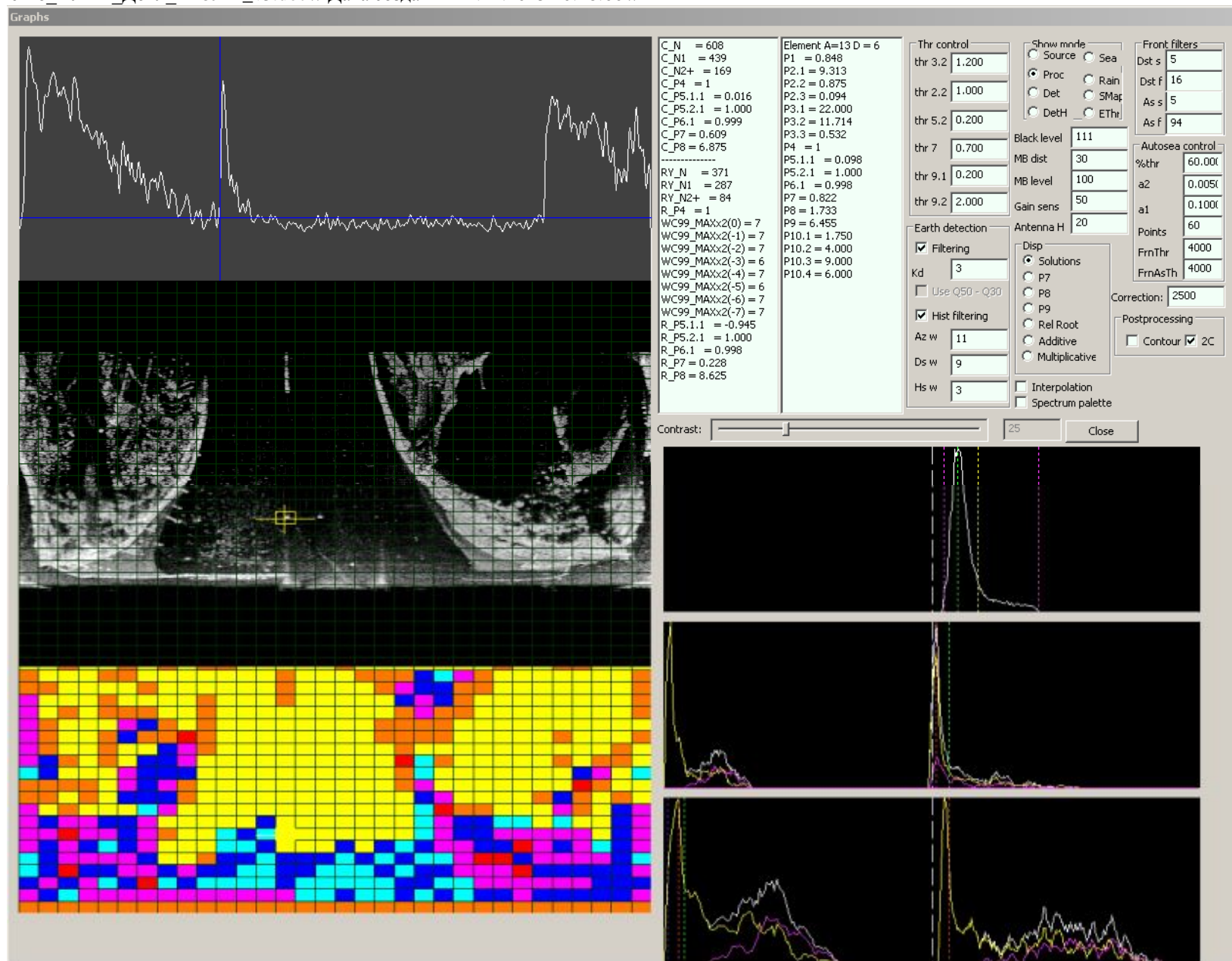


Рис.9.2. Пример «посегментной» классификации РЛ-сцены

!! Спасибо за внимание !!

Авторы доклада:

Зилинберг Андрей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент Санкт-Петербургского Государственного Университета Аэрокосмического Приборостроения (ГУАП), кафедра «Бортовой радиоэлектронной аппаратуры», e-mail: uaz13@yandex.ru, тел. (812) 5968398

Калинина Ксения Александровна, аспирантка Санкт-Петербургского Государственного Университета Аэрокосмического Приборостроения (ГУАП), кафедра «Бортовой радиоэлектронной аппаратуры»

Корнеев Алексей Юрьевич, научный сотрудник Санкт-Петербургского Государственного Университета Аэрокосмического Приборостроения (ГУАП), кафедра «Бортовой радиоэлектронной аппаратуры», e-mail: korn-1970@yandex.ru, тел. (812) 2975990

Корнеев Юрий Алексеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, доцент Санкт-Петербургского Государственного Университета Аэрокосмического Приборостроения (ГУАП), кафедра «Бортовой радиоэлектронной аппаратуры», e-mail: prpo@yandex.ru, тел. (812) 2975990