

Режимы функционирования многофункциональной бортовой РЛС БЛА малой и средней дальности

Е. М. Ильин, Д. А. Репников, В. Ю. Савостьянов, О. Ф. Самарин,
А. И. Полубехин, А. Г. Черевко

Рассмотрены основные режимы функционирования многофункциональной бортовой радиолокационной системы беспилотного летательного аппарата (МБРЛС БЛА) малой и средней дальности. Эффективное использование оператором БЛА реализованных в МБРЛС возможностей потребовало разработки соответствующей тактики применения тех или иных режимов при выполнении конкретных разведывательно-ударных задач (обнаружения и идентификации, мониторинга, сопровождения) по различным объектам. Представлены некоторые возможные сценарии решения этих задач, а также результаты натурных испытаний МБРЛС

Ключевые слова: многофункциональная бортовая радиолокационная станция, радиолокационная целевая нагрузка, беспилотный летательный аппарат, режимы функционирования, тактика, разведывательно-ударные задачи, картографирование, селекция целей.

1. Введение

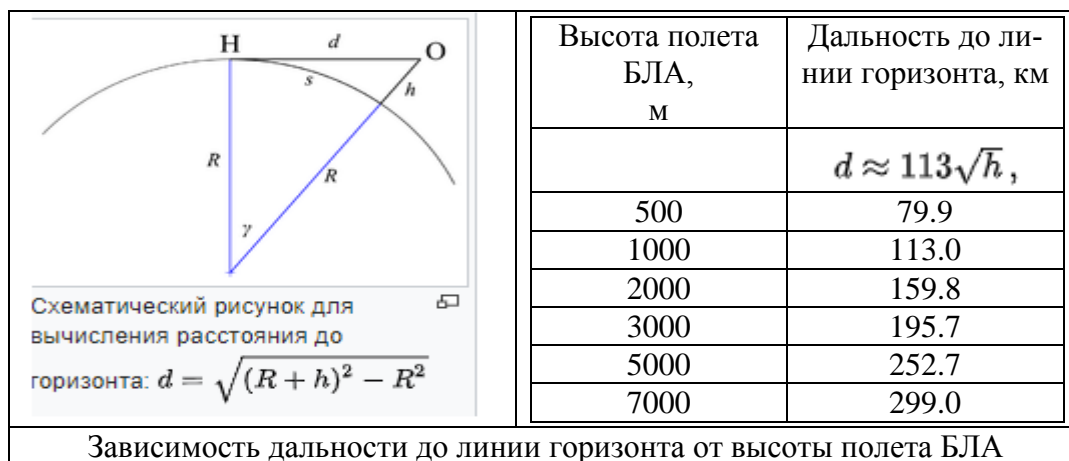
Комплексы с беспилотными летательными аппаратами (КБЛА) находят самое широкое применение при решении народнохозяйственных и военных задач.

На разных стадиях разработки находятся отечественные БЛА малой и средней дальности (МД и СД) типа «Корсар», «Иноходец», «Форпост-Р» и др. (табл. 1). Интенсивно идет разработка радиоэлектронного оборудования для этих БЛА, в частности, оптико-электронных и радиолокационных средств, средств радиотехнической разведки. При этом допустимая масса создаваемых радиоэлектронных средств разведки, обеспечивающая их применение в составе перспективных БЛА, не может превышать 30–60 кг, поскольку масса радиоэлектронных средств, как правило, не превышает 30 % от общей массы целевой нагрузки.

Таблица 1 Технические характеристики отечественных БЛА МД и СД

Наименование БЛА	Высота полета, км	Скорость, км/ч	Дальность полета, км	Масса целевой нагрузки, кг
БЛА «Корсар»	до 7	80...220	250	до 45
БЛА «Иноходец»	до 7.5	120...150	250	до 55
БЛА «Форпост»	до 5.8	200	250	до 50
БЛА «Платформа»	до 3	70	350	до 50
БЛА «Катран»	до 4	130	250	до 120

Сформулируем общие требования к многофункциональной радиолокационной целевой нагрузке (МРЛЦН) КБЛА МД и СД.



При предельной высоте полета БЛА 7 км дальность до линии горизонта (ДЛГ) составляет около 300 км. При средней высоте полета БЛА 3...5 км ДЛГ лежит в пределах 190...250 км. На суше ДЛГ еще зависит от рельефа местности. Эти параметры определяют основное требование к МРЛЦН по дальности лоцирования наземных и морских объектов. В режимах картографирования дальность определяется требуемым разрешением и для приемлемых разрешений лежит в пределах до 100 км.

Исходя из вышеназванных задач и требований к КБЛА формируются требования по составу и тактико-техническим характеристикам (ТТХ) целевых нагрузок КБЛА и, в частности, радиолокационных целевых нагрузок:

- функционирование в различных частотных диапазонах в пределах 0.1...100 ГГц;
- картографирование/мониторинг земной/морской поверхности на дальностях до 100 км с разрешением от 0.25 м;
- мониторинг окружающего пространства с полосой обзора до 60 км;
- обнаружение и измерение координат неподвижных радиоконтрастных и движущихся наземных (надводных) объектов на дальностях до 300 км;
- радиомониторинг окружающего пространства в рабочей полосе частот МРЛЦН;
- оценка метеобстановки с дальностью обнаружения метеообразований с отражаемостью 40 дБЗ до 200 км.

В результате исследований, проведенных МГТУ имени Н. Э. Баумана совместно с соисполнителями, разработана многофункциональная малогабаритная бортовая РЛС (МБРЛС) Ku-диапазона (рис. 1), предназначенная для применения в составе разведывательно-ударных комплексов с беспилотными летательными аппаратами оперативно-тактического звена малой и средней дальности [1–3].

Выбор Ku-диапазона длин волн обусловлен тем, что позволяет получать детальные радиолокационные изображения объектов в любое время суток, в любых погодных условиях, на поле боя в условиях дымовых и пылевых завес.

Прототип этой МБРЛС [4] демонстрировался на III-й Научно-практической конференции «Роботизация Вооружённых Сил Российской Федерации» и Международном военно-техническом форуме «Армия-2018».

Созданная МБРЛС отличается от прототипа:

- более эффективным функциональным программным обеспечением (ФПО) за счёт введения новых функций в режимах работы;
- безредукторным приводом антенной системы, обеспечивающим углы прокачки антенны до $\pm 140^\circ$ по азимуту и до $-45...+5^\circ$ по наклону, а также погрешность позиционирования луча антенны не более 2 угл. мин.;
- увеличенными значениями частоты дискретизации аналого-цифрового преобразователя (с 160 до 320 МГц) и полосы пропускания цифрового приёмника (с 20 до 40 МГц);
- повышенными значениями производительности центрального процессора (с 16 до 38.4 Гфлопс), объёма оперативной памяти (с 4 до 16 Гбайт) и объёма накопителя SSD БЦВМ

(с 32 до 128 Гбайт);

- аппаратно-программной интеграцией подсистемы микронавигации (ПМН) в состав РЛС;
- сниженной массой РЛС (с 38.5 до 30.5 кг без ПМН).

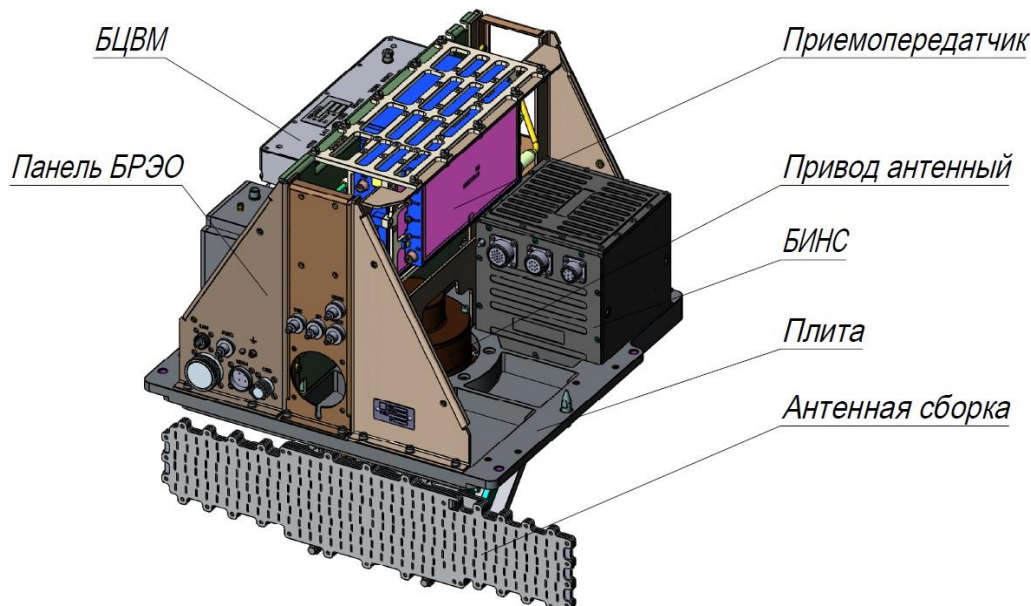


Рис. 1. МБРЛС Ку-диапазона длин волн

2. Основные режимы функционирования МБРЛС БЛА МД и СД

Основные режимы работы МБРЛС:

- картографирование с реальным лучом или с синтезированием апертуры антенны при полосовом, секторном или телескопическом обзоре с формированием радиолокационных изображений (РЛИ) подстилающей поверхности размером 1024×1024 пикселей с возможностью оперативного изменения разрешения, дальности и угла наблюдения по азимуту;
- селекция наземных (надводных) движущихся целей (СНДЦ), в том числе с одновременным формированием РЛИ подстилающей поверхности;
- оценка метеообстановки с формированием РЛИ сечений метеообразований (вертикальных, горизонтальных) размером 512×512 пикселей с обнаружением и индикацией зон опасной турбулентности и опасного низковысотного «сдвига ветра»;
- измерение наклонной дальности до поверхности по заданному угловому целеуказанию;
- информационное обеспечение полёта на малых высотах с формированием РЛИ сечений рельефа впередилежащей местности (вертикальных, горизонтальных, плановых) размером 512×512 пикселей;
- радиомониторинг в пределах полосы рабочих частот МБРЛС с формированием РЛИ азимутально-спектральных карт внешних излучений размером 512×512 пикселей с возможностью оперативного изменения оператором угла наблюдения по наклону;
- встроенная система контроля с возможностью выполнения текущих, расширенных или диагностических проверок.

В соответствии с требованиями к оперативному обнаружению и сопровождению объектов разработанные аппаратная и программная платформы МБРЛС позволяют формировать целевую информацию (радиолокационные изображения подстилающей поверхности, сечений метеообразований и рельефа местности, координаты и параметры движения объектов) непосредственно в МБРЛС в реальном масштабе времени без вмешательства оператора

наземного пункта управления (НПУ). При этом в процессе формирования сообщения в его заголовок записывается информация (геодезические координаты центра РЛИ, азимут, межпиксельное расстояние), позволяющая автоматизировать «привязку» целевой информации к топографической карте. Сформированная целевая информация с борта БЛА по радиоканалу передается на НПУ, где осуществляется её визуализация, дешифрирование и «сколка» объектов.

Для эффективного решения различных тактических задач в МБРЛС используется секторный, полосовой, телескопический или многократный телескопический обзор поверхности, любой из которых, в принципе, позволяет производить просмотр больших участков местности, представляющих интерес (рис. 2).

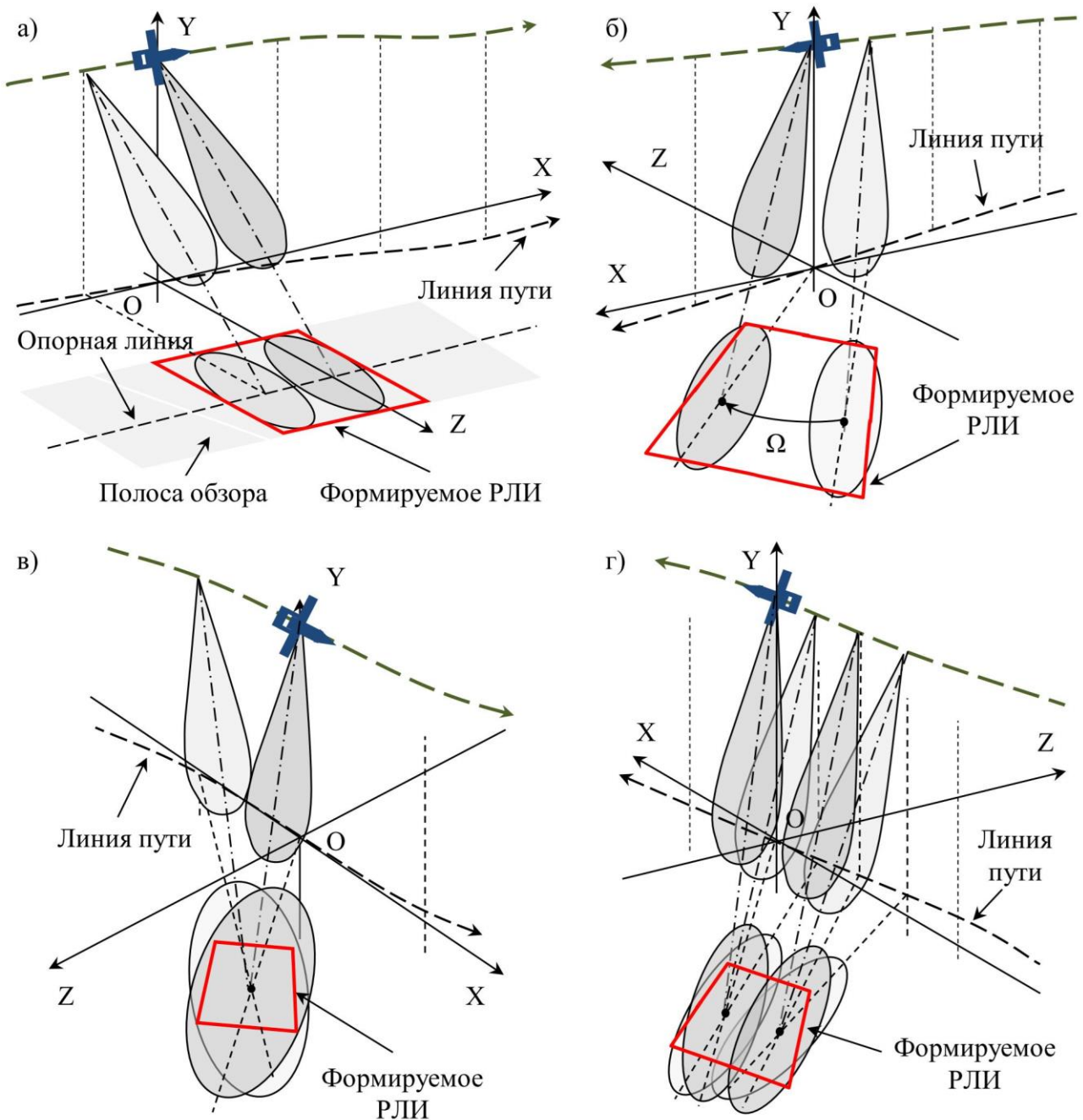


Рис. 2. Виды обзора поверхности

В случае полосового обзора БЛА перемещается вдоль некоторой линии по заданному курсу, при этом антенна МБРЛС стабилизирована в пространстве, и в течение длительного времени ведётся обзор местности с непрерывным формированием РЛИ в виде ленты (рис. 2а).

Секторный обзор используется для расширения по азимуту участка местности, помещающегося в кадр РЛИ. Антенна РСА сканирует в горизонтальной плоскости с некоторой угловой скоростью Ω , которая определяется требуемой разрешающей способностью, путевой скоростью носителя и углами наблюдения. Траектория центральной точки на поверхности стремится к окружности, при этом форма зоны обзора оказывается близка к форме сектора (рис. 2б).

Телескопический (прожекторный) обзор характеризуется тем, что в течение всего времени наблюдения обеспечивается наблюдение участка местности в окрестности некоторой точки (рис. 2в). Этот вид обзора позволяет реализовать наиболее высокое разрешение. Недостатком телескопического обзора является ограниченность размера картографируемого участка поверхности.

При многократном телескопическом обзоре РЛИ формируется из нескольких фрагментов – парциальных кадров (ПК), в каждом из которых осуществляется телескопический обзор (рис. 2г). Размер картографируемого участка поверхности здесь может быть произвольным, способы стыковки ПК в изображении также могут быть любыми. Алгоритм обработки сигналов при этом будет один и тот же, а РЛИ заданного разрешения может быть получено за минимальное физически реализуемое время. Становится возможным оперативно изменять разрешение в РЛИ, дальность наблюдения и углы картографирования, решая различные тактические задачи. Именно этот вид обзора, часто используемый в РЛС фронтовой авиации, представляется наиболее удачным вариантом с точки зрения применения в МБРЛС для БЛА малой и средней дальности.

В МБРЛС используются частотно-манипулированные зондирующие сигналы с быстрой перестройкой несущей и псевдослучайным изменением закона следования частот, а также внутриимпульсная линейно-частотная модуляция с изменяемыми значениями девиации частоты, длительности импульсов и количества частот. Применение таких сигналов позволило не только снизить требования к аппаратуре, но и повысить скрытность и помехозащищённость радиолокатора. Получение требуемого высокого разрешения по дальности (до 0.25 м) достигается путём синтеза спектра частот.

Для обеспечения функционирования режимов в состав МБРЛС введена подсистема микронавигации (ПМН), созданная на базе БИНС ГЛ-100 и установленная на общем основании с МБРЛС. ПМН комплексирована с приёмником глобальной навигационной спутниковой системы, а также навигационной системой БЛА и МБРЛС. По данным, получаемым от ПМН, в реальном масштабе времени в ФПО МБРЛС осуществляется управление лучом антенны, периодом повторения зондирующих импульсов, положением зоны приёма и параметрами опорных функций.

3. Результаты натурных испытаний МБРЛС БЛА МД и СД

С экспериментальным образцом в 2017 – 2018 гг. было проведено более 20 натурных испытаний в составе летающей лаборатории, в результате которых на борту в реальном масштабе времени было получено более тысячи РЛИ подстилающей поверхности в различных режимах работы, при различных разрешениях, дальностях, углах и видах обзора. Использование высокоточной навигационной информации позволило обеспечить стыковку фрагментов РЛИ и их фокусировку, а также точное определение координат объектов.

В качестве примера на рис. 3–7 приведены РЛИ, полученные на борту летающей лаборатории в реальном масштабе времени при различных видах обзора с линейным разрешением от 0.25 до 3.8 м, в «привязке» к спутниковым оптическим фотоснимкам.

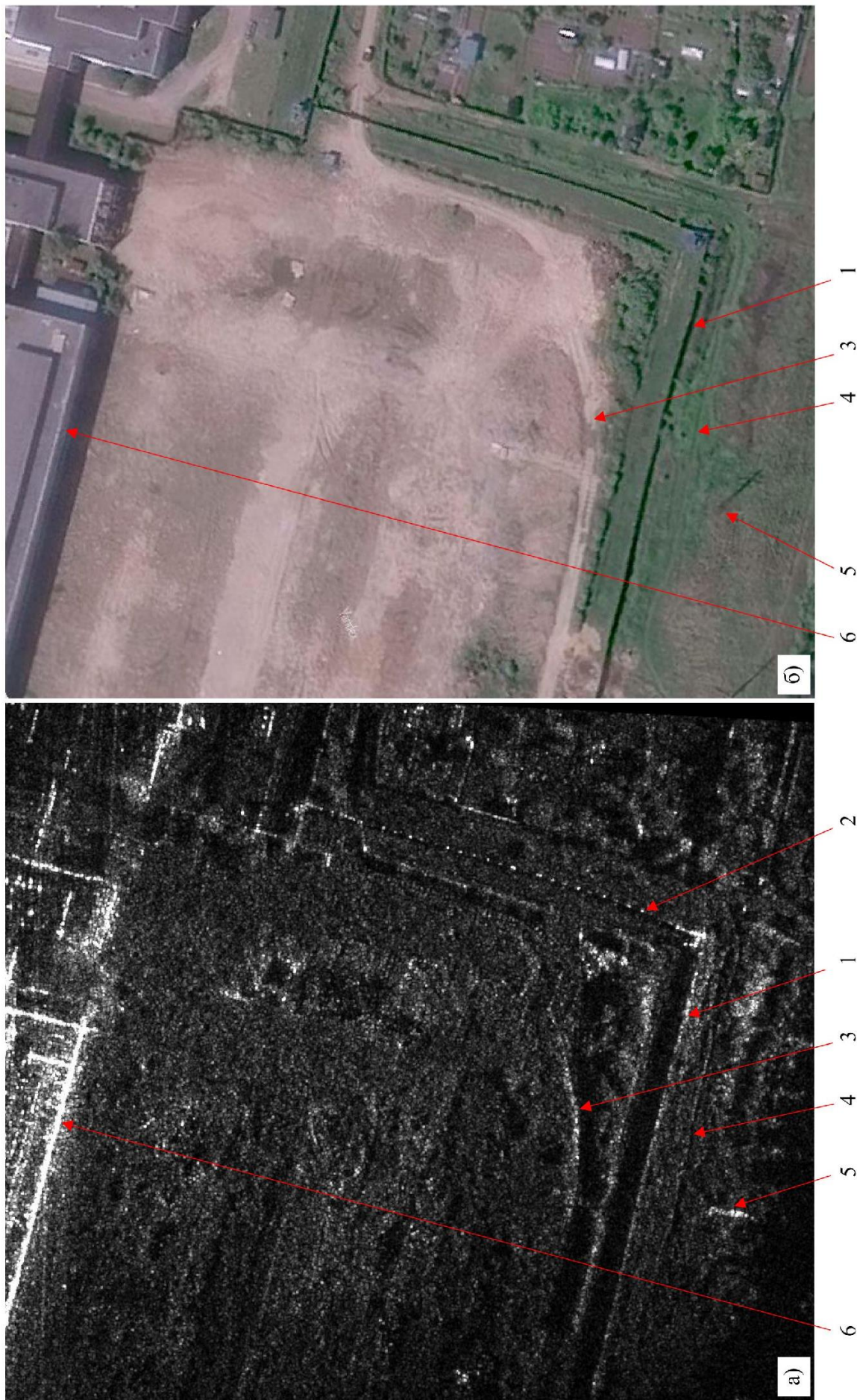


Рис. 3. РЛИ с разрешением 0.25 м (а) и спутниковый фотоснимок (б) (рисунок, выполненный в цвете, можно посмотреть на сайте журнала)

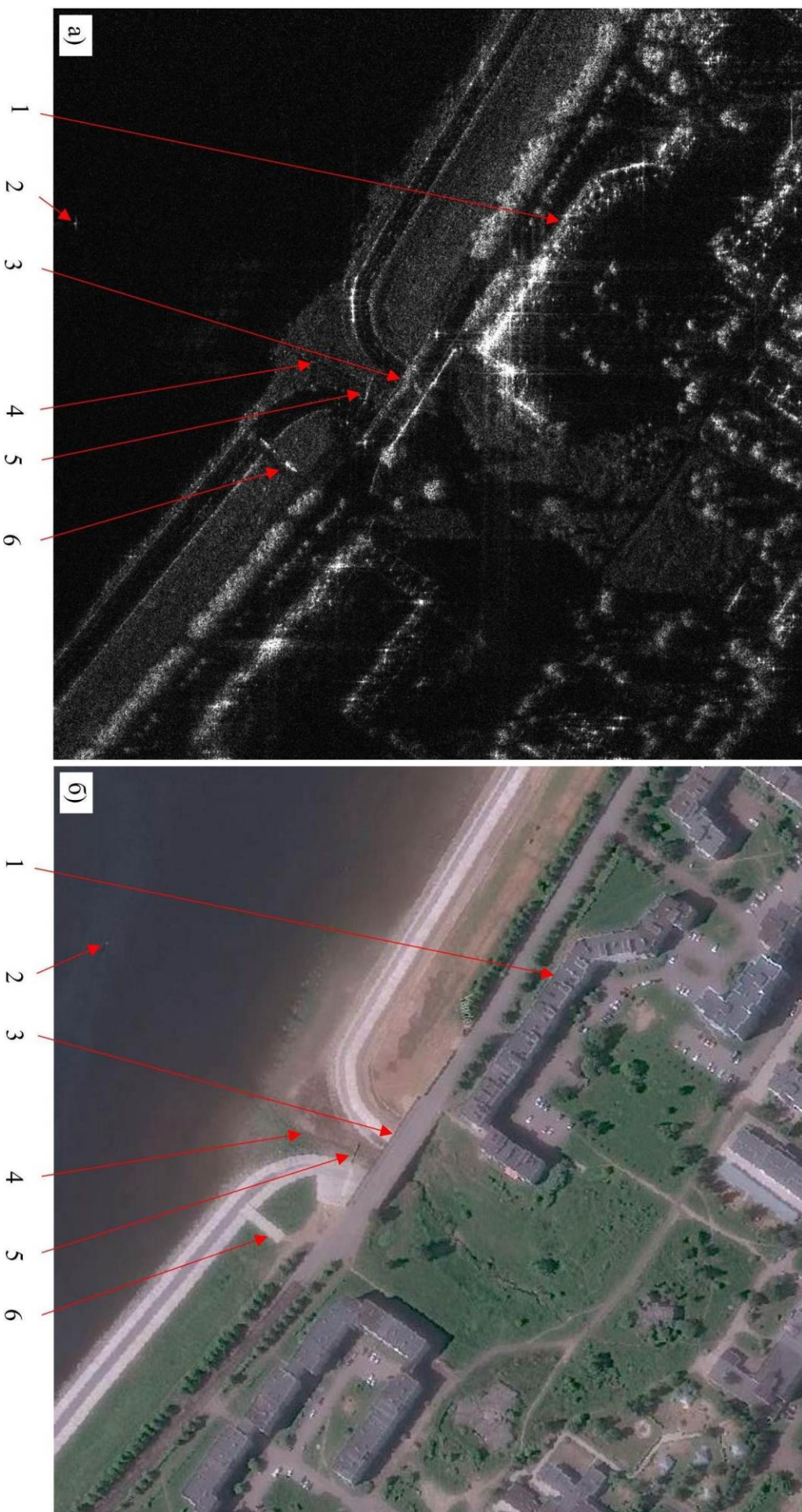


Рис. 4. РЛИ с разрешением 0,5 м (а) и спутниковый фотоснимок (б) района наб. Космонавтов (г. Рыбинск). Режим картографирования с синтезированием апертуры антенны (КРП-СА). Телескопический обзор. Расстояние 11,2 км. Высота 2300 м.
1 – крыша здания, 2 – бакен, 3 – автомобильный мост, 4 – ручей, 5 – пешеходный переход, 6 – спуск к реке
(рисунок, выполненный в цвете, можно посмотреть на сайте журнала)

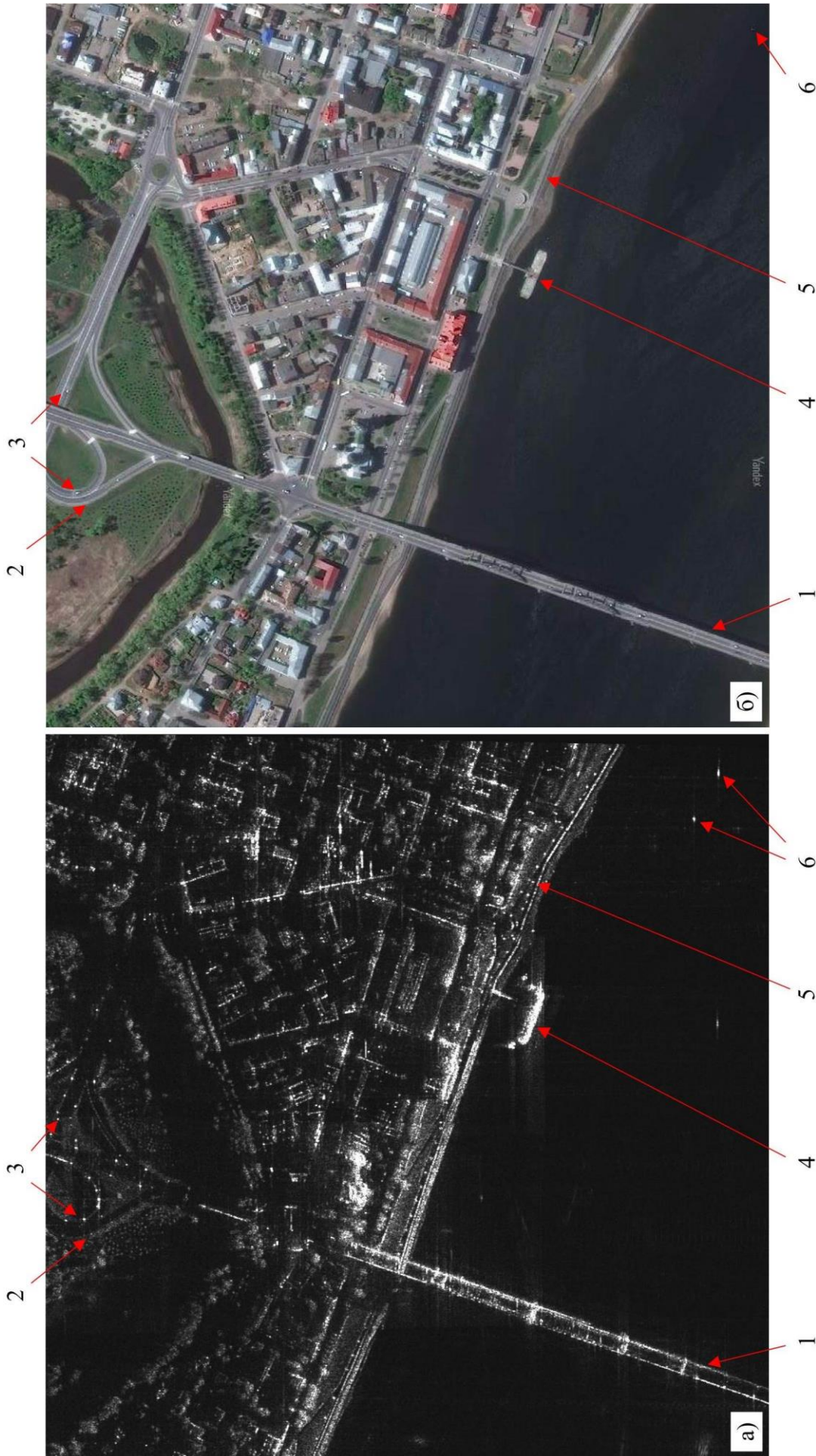


Рис. 5. РЛИ с разрешением 1 м (а) и спутниковый фотоснимок (б) района Волжского моста (г. Рыбинск).

Режим КРТ-СА. Полосовой обзор. Расстояние 6.5 км. Высота 1000 м.

1 – автомобильный мост, 2 – автомобильная развязка, 3 – автомобиль, 4 – причал, 5 – столбы освещения, 6 – бакен
(рисунок, выполненный в цвете, можно посмотреть на сайте журнала)

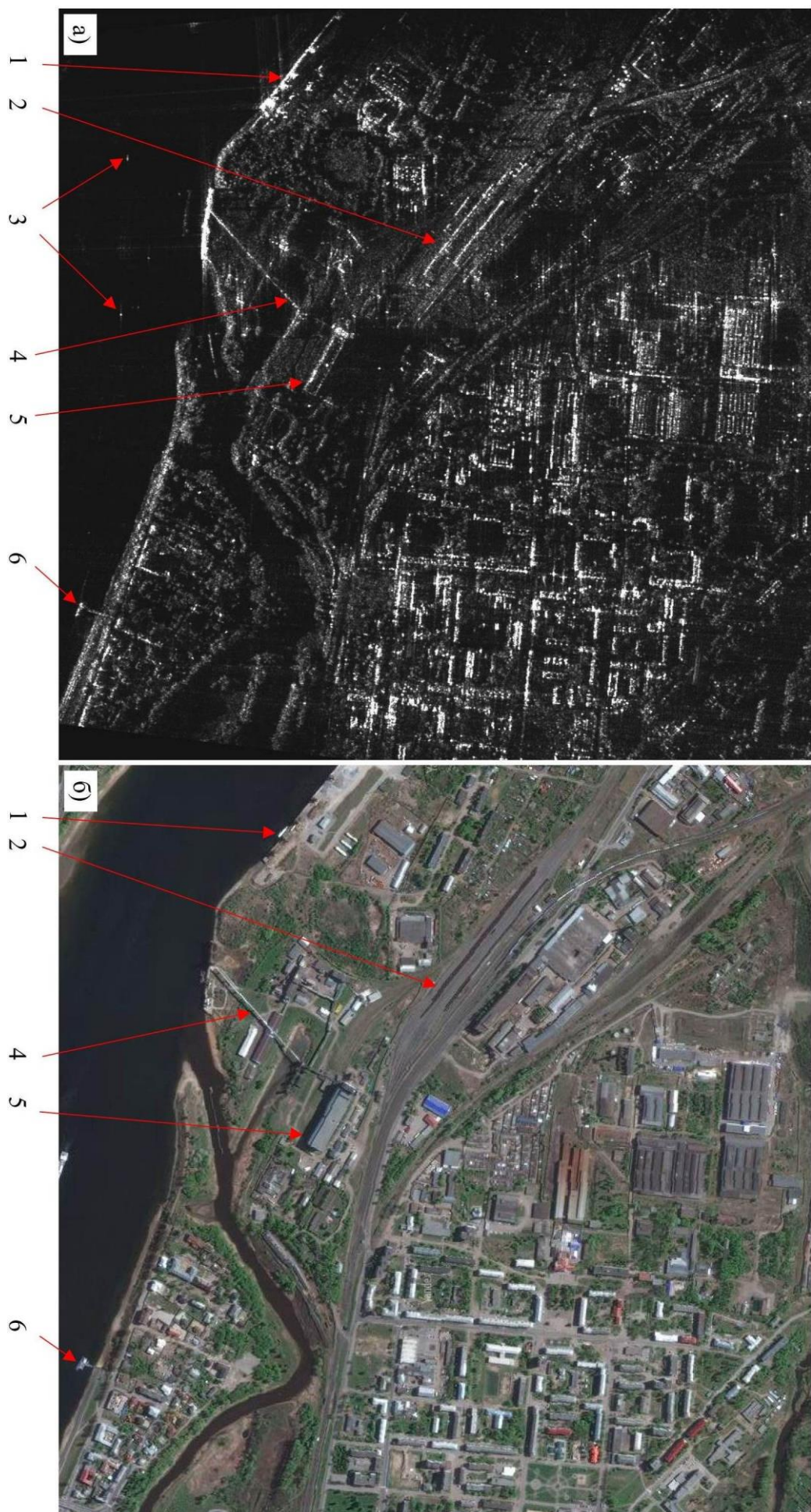


Рис. 6. РЛИ с разрешением 1,9 м (а) и спутниковый фотоснимок (б) района Зачеремушный (г. Рыбинск).
 Режим КРТ-СА. Секторный обзор. Расстояние 7,5 км. Высота 1200 м.
 1 – причал грузового порта, 2 – железнодорожные составы, 3 – бакен, 4 – транспортёр зерна, 5 – элеватор, 6 – причал
 (рисунок, выполненный в цвете, можно посмотреть на сайте журнала)

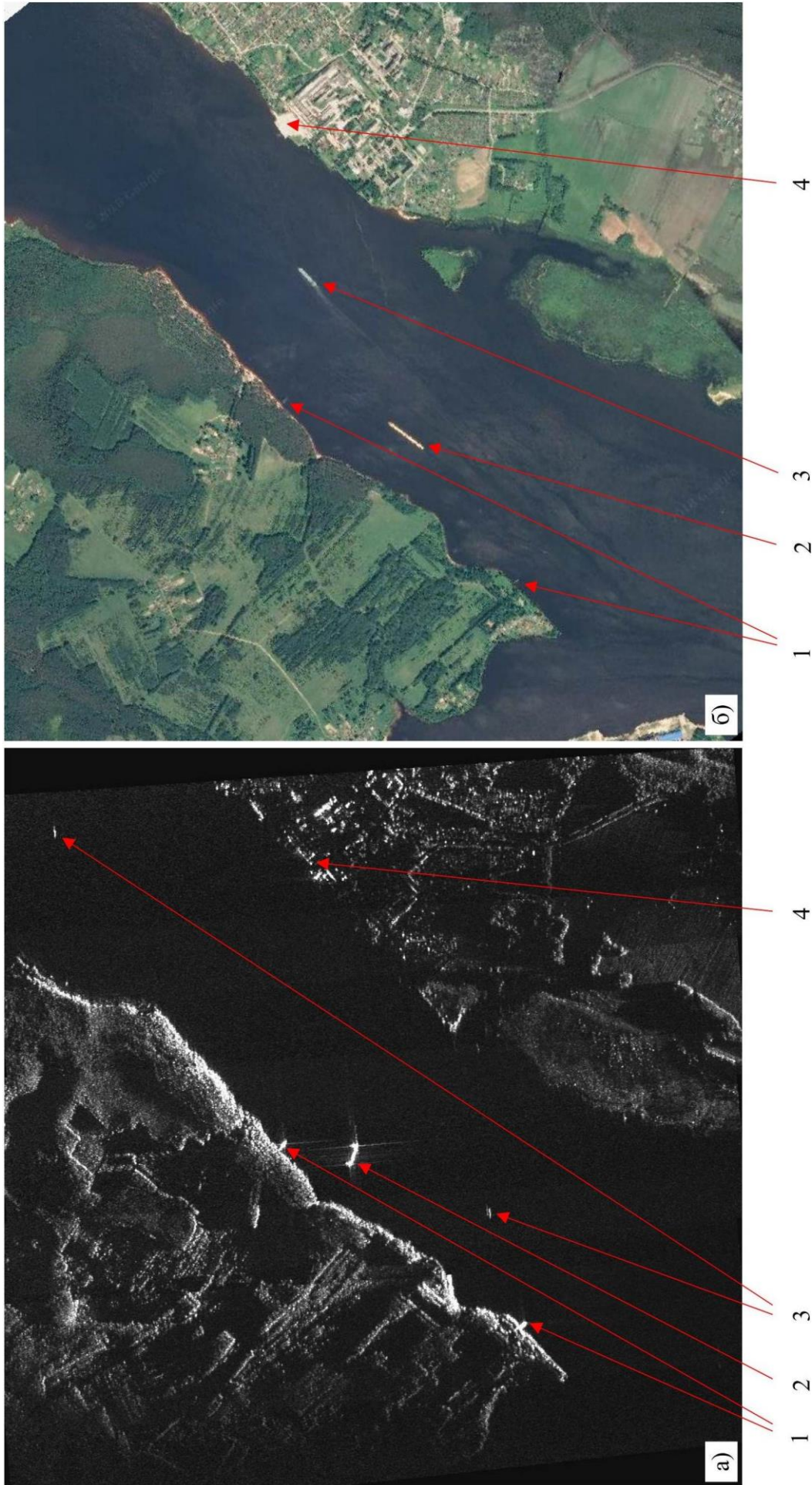


Рис. 7. РЛД с разрешением 3.8 м (а) и спутниковый фотоснимок (б) района о. Юршинский (г. Рыбинск).
 Полосовой обзор со сверхдлинным накоплением. Расстояние 25.3 км. Высота 1300 м.

1 – пристань, 2 – баржа, 3 – катер, 4 – причал грузового порта
 (рисунок, выполненный в цвете, можно посмотреть на сайте журнала)

На рис. 8 показано результирующее РЛИ с разрешением 1.9 м, собранное из нескольких полученных на борту изображений, также в «привязке» к спутниковому оптическому снимку района.

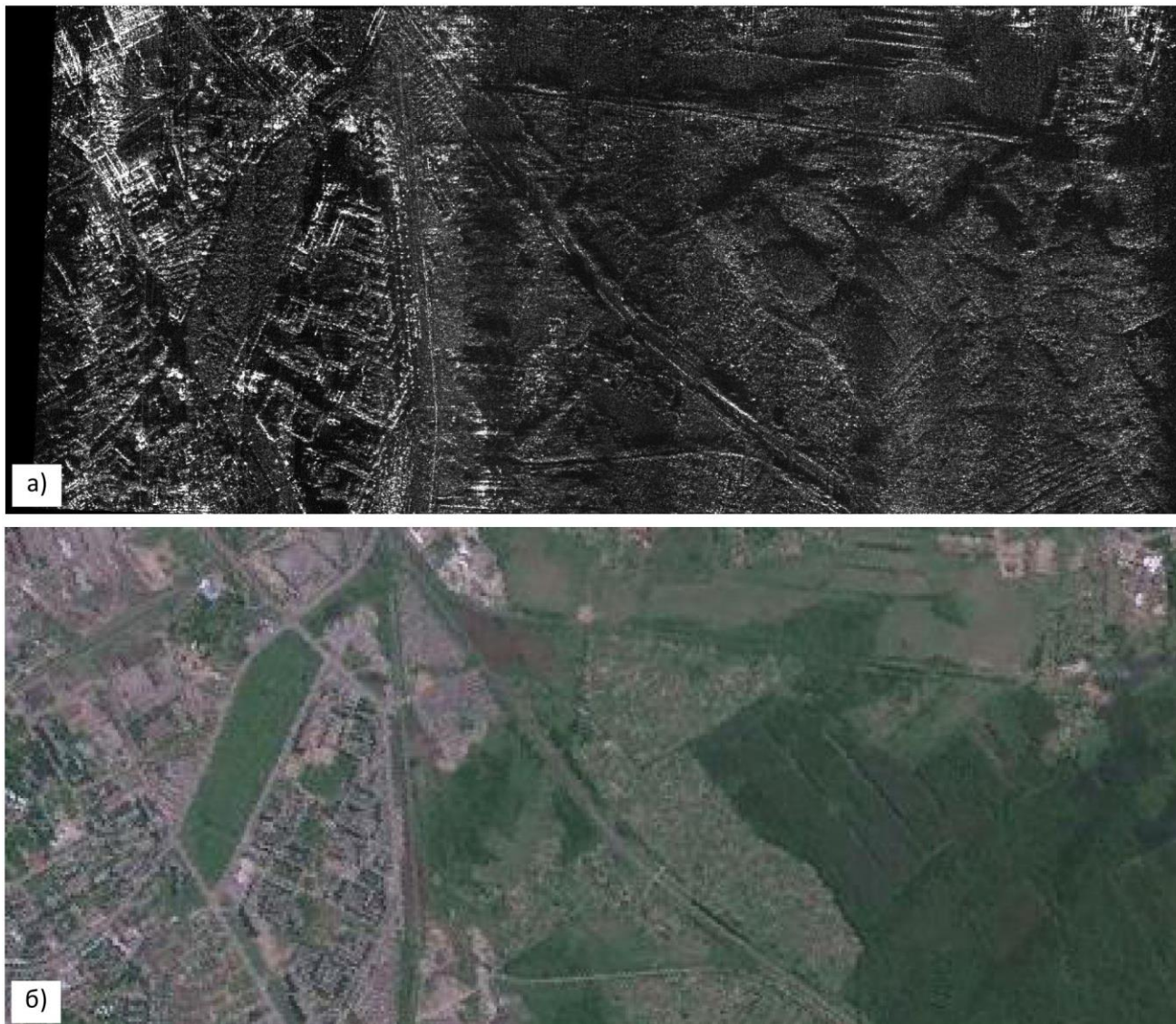


Рис. 8. Результирующее РЛИ с разрешением 1.9 м (а) и спутниковый фотоснимок (б) района Завольжье-2 (г. Рыбинск). Полосовой обзор. Расстояние 10.7 км. Высота 2400 м (рисунок, выполненный в цвете, можно посмотреть на сайте журнала)

МБРЛС Ку-диапазона не имеет аналогов в России. Известные подобные системы зарубежного производства не обладают таким количеством реализуемых функций. Большие информационные возможности и потенциал разработанной МБРЛС обеспечивают решение широкого круга задач для БЛА малой и средней дальности.

4. Тактика решения разведывательно-ударных задач БЛА МД и СД

Для эффективного использования реализованных в МБРЛС возможностей оператором НПУ необходима разработка соответствующей тактики применения тех или иных режимов при выполнении конкретных разведывательно-ударных задач (обнаружения и идентификации, мониторинга, сопровождения) по различным объектам. Далее представлены некоторые возможные сценарии решения этих задач.

Задача обнаружения радиоконтрастных объектов на поверхности в общем случае решается с помощью режимов картографирования и СНДЦ с различными разрешениями и видами

обзора. Однако тактика применения этих режимов в МБРЛС зависит от количества, размеров и мобильности целей. Рассмотрим несколько возможных вариантов (рис. 9–12).

Цель наземная множественная или одиночная, крупно- или среднеразмерная – аэродром, площадка, используемая для взлёта и посадки самолётов (вертолёт), мост, железнодорожный состав, здание, РЛС, позиция пусковых установок ракет, огневая позиция артиллерии, сосредоточение войск, боевой техники, материальных средств, пунктов погрузки и выгрузки, колонна техники, танк, тягач и т.п.

Если местоположение данного объекта неизвестно, то его поиск целесообразно начинать с применения режимов картографирования с секторным обзором и разрешением 7.5...30 м без стабилизации центра зоны. Так как размеры наблюдаемого участка поверхности при этом составляют от 7.5×7.5 км до 30×30 км, то, перемещая зону обзора путём изменения расстояния и азимутального угла до её центра, можно достаточно быстро осуществить как ориентирование на местности, так и собственно обнаружение объекта. Если местоположение объекта примерно известно, то достаточно будет одного РЛИ. Схематично эта процедура изображена на рис. 9.

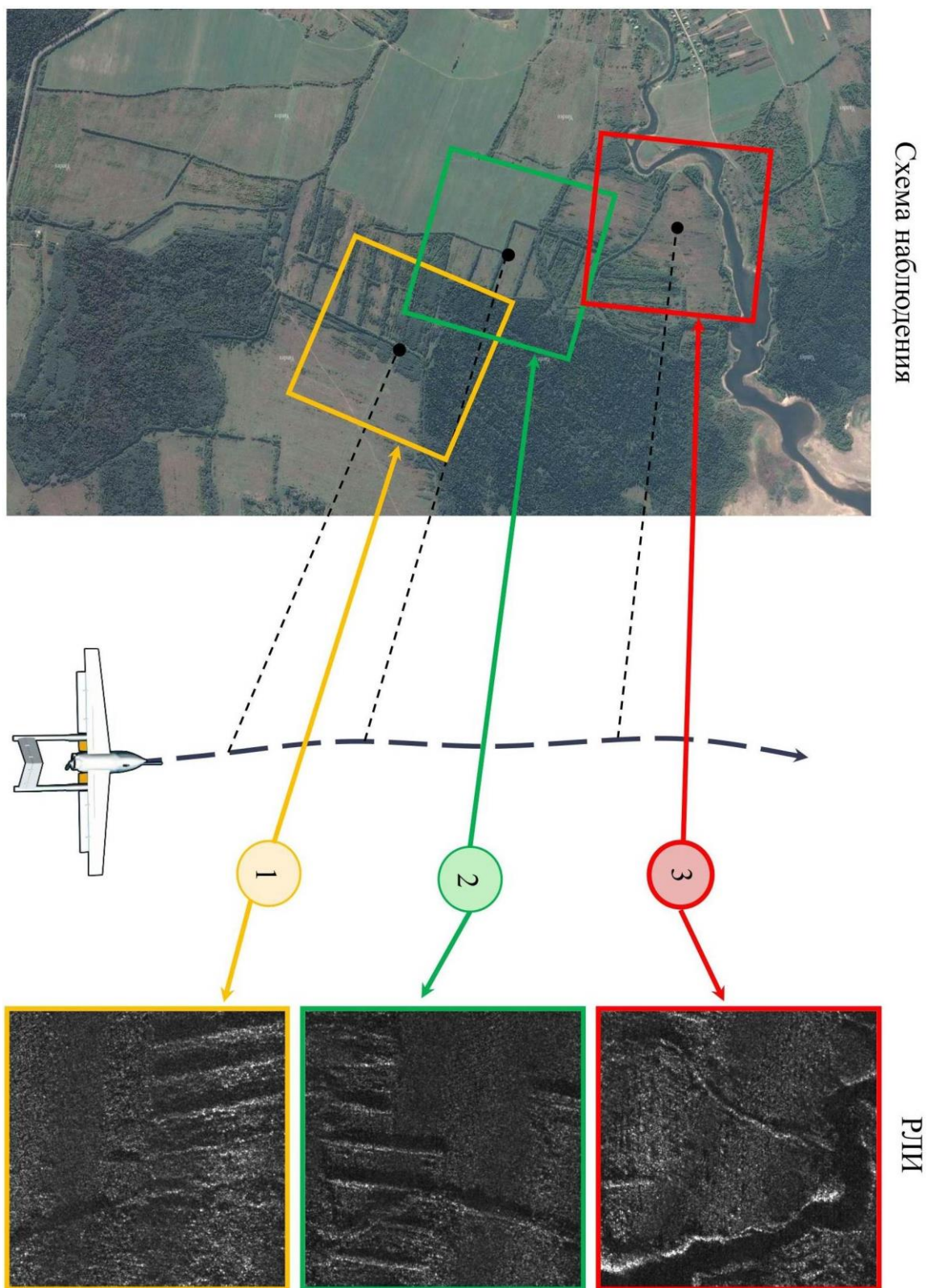
Дальнейшие действия оператора – это идентификация объекта, выполняемая в тех же режимах с секторным обзором, но со стабилизацией центра зоны и с повышением разрешения до 1...1.9 м. Схематично эта процедура изображена на рис. 10.

Если цель неподвижная, то её обнаружение может производиться только по радиолокационной контрастности (соотношению ЭПР цели и фона) в РЛИ. Если же цель мобильная, то появляется возможность её поиска ещё и по наличию радиальной скорости движения, что значительно повышает вероятность обнаружения. Тактика поиска целей будет такой же, но одновременно с формированием РЛИ можно будет производить СНДЦ. При этом оператор на экране индикатора сможет наблюдать отметки от движущихся целей на фоне обычного РЛИ.

Цель наземная множественная или одиночная, малоразмерная – артиллерийское орудие, пусковая установка ракет, автомобиль, мотоцикл, колонна бойцов, одиночный боец и т.п. Как правило, местоположение такого объекта примерно известно заранее, иначе его найти оперативно будет достаточно трудно. В остальном тактика поиска будет аналогична рассмотренной ранее (включая селекцию движущихся целей), но с более высоким разрешением – 1.9...7.5 м при поиске и 0.25...1 м при идентификации. В случае использования самого высокого разрешения вид обзора может измениться с секторного на телескопический (проекторный). В МБРЛС такой переход осуществляется автоматически в зависимости от установленных значений разрешения и дальности.

Цель надводная множественная или одиночная, крупно- или среднеразмерная – корабль (или группа кораблей), катер. Тактика поиска такой цели во многом аналогична наземной, но с более грубым разрешением – 15...60 м при поиске и 3.8...15 м при идентификации. Отметим также, что ввиду низких значений ЭПР и её одинаковости для водной поверхности в пределах РЛИ можно выполнять картографирование не только с синтезированием апертуры антенны, но и с реальным лучом (в том числе с обнаружением луча по информации от разностно-азимутального канала). Разрешение по азимуту при этом ухудшится, но зато возрастёт скорость обзора. Если цель движется, то она эффективно будет обнаруживаться в режиме СНДЦ.

Цель надводная множественная или одиночная, малоразмерная – шлюпка, перископ подводной лодки, плывущий человек. В этой ситуации обнаружение объекта может осуществляться как с использованием режимов картографирования (если цель неподвижна) или СНДЦ (если цель движется) при разрешении 0.25...3.8 м, так и по скоростному портрету морской поверхности, который позволяет визуально наблюдать её аномалии с точностью до единиц сантиметров в секунду. Однако после обнаружения объекта его идентификацию можно выполнить только при детальном разрешении. Так как поиск подобных объектов, как правило, осуществляется в конкретном районе (например, вдоль береговой полосы), то здесь можно применять как секторный, так и полосовой обзор.



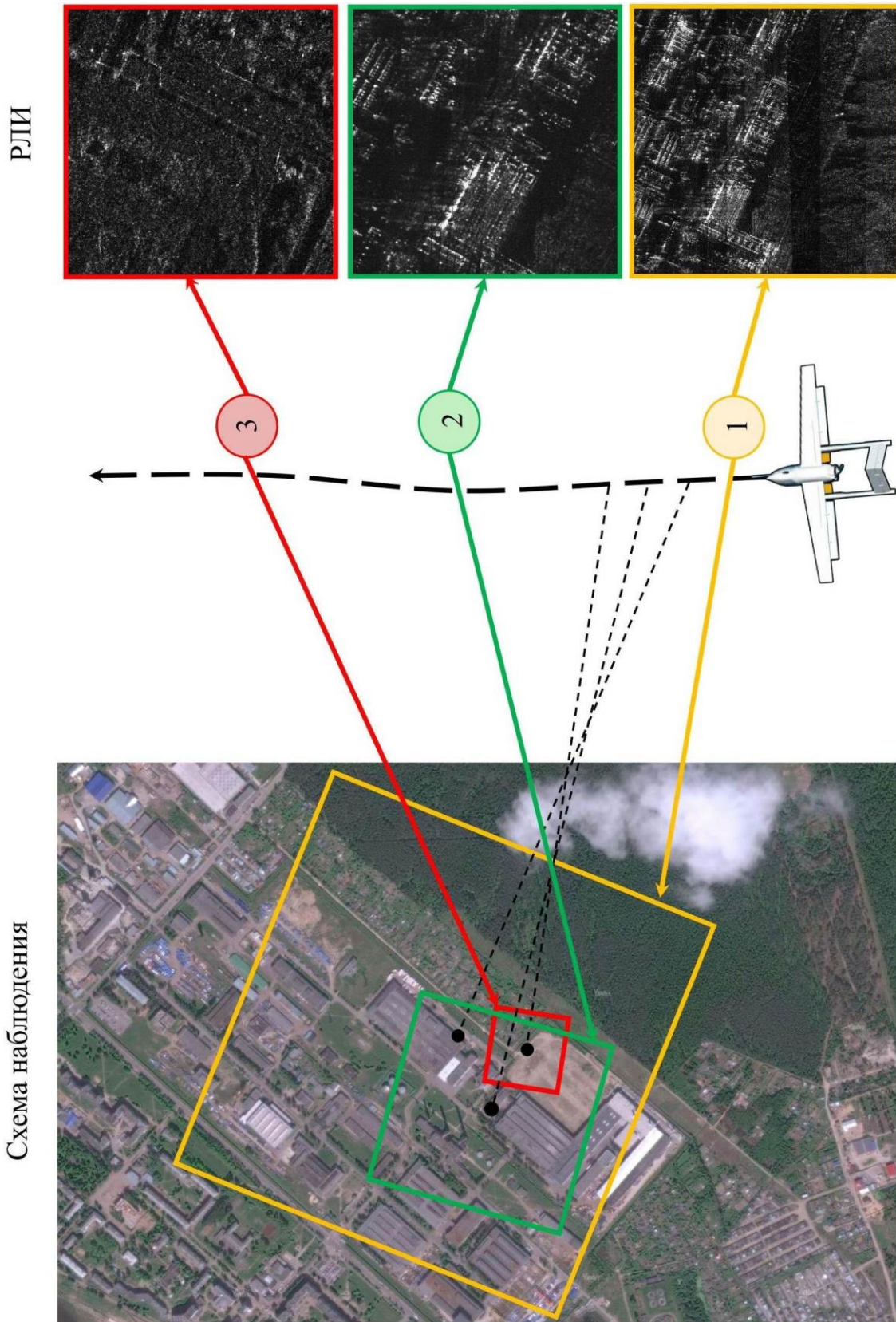


Рис. 10. Формирование РЛИ при идентификации объекта (рисунок, выполненный в цвете, можно посмотреть на сайте журнала)

Задача радиолокационного мониторинга прибрежной полосы, городской, сельской местности или труднодоступных районов успешно решается в режимах картографирования с полосовым обзором (КРТ-ПО). Схематично эта процедура изображена на рис. 11. Поиск цели (или группы целей) целесообразно начинать с разрешений 1.9...15 м при углах картографирования 30...60° относительно БЛА по левому или правому борту. При появлении интересующих объектов оператор может перейти к детальным разрешениям (0.25...1 м) при углах картографирования 60...90°. Такая тактика позволит оперативно (в реальном времени за один пролёт БЛА) произвести не только обнаружение, но и идентификацию цели. Особенностью режимов КРТ-ПО является тот факт, что для формирования фрагментов РЛИ необходимо каждый раз перемещаться на определённое расстояние, причём для разрешений 3.8 м и более этот интервал оказывается намного длиннее, чем требуется для обеспечения заданного разрешения. В этом случае время облучения объекта может быть значительно больше, чем при секторном обзоре, а следовательно, может быть существенно увеличена и дальность картографирования. В МБРЛС такое сверхдлинное накопление сигнала реализовано и при необходимости может быть использовано оператором.

Задача распознавания объекта совершенно необходима для работы разведывательно-ударного комплекса с БЛА после обнаружения цели. И хотя распознавание при выполнении задания может использоваться оператором всего один раз, его роль в принятии решения очевидна. Решение задачи распознавания требует от МБРЛС обеспечения такой детализации РЛИ, при которой на изображении укладывается не менее чем 10...15 элементов разрешения по линейному размеру объекта или 100...200 элементов на площади изображения типовых сложных (групповых) целей. Известно, что для распознавания всех типов наземных военных объектов по РЛИ требуется потенциальное пространственное разрешение РЛС не хуже 0.3 м. Однако осуществление задачи распознавания требует не только получения детальных РЛИ, но также наличия достаточного количества эталонных изображений, сформированных при различных ракурсах и разрешениях, для всех интересующих оператора объектов. Следовательно, необходимы достаточно объёмная база данных для хранения этих эталонов и мощный вычислитель для эффективной работы алгоритмов распознавания.

Реализовать такой комплекс целесообразнее в составе НПУ, где для этого есть значительно большие возможности, а МБРЛС в рамках решения этой задачи должна выполнять требуемое информационное обеспечение, т.е. формирование детальных РЛИ.

Задача сопровождения цели начинает решаться после того, как оператор по уже полученному РЛИ осуществляет «сколку» объекта. В режимах картографирования или СНДЦ оператор выполняет захват выбранной в РЛИ цели, тем самым определяя положение строба по азимуту и дальности. Захват и сопровождение цели осуществляются по её энергетическому центру, положение которого оценивается либо по всем элементам строба (при работе по неподвижной цели), либо только по выделенным как движущиеся (при работе по мобильной цели). В режиме СНДЦ, где РЛИ не формируется, а на НПУ передаются только формуляры целей (координаты, скорость), метки обнаруженных движущихся целей накладываются на ранее полученное РЛИ или цифровую карту местности. С этого момента включается контур сопровождения и выполняется постоянное точное измерение координат и параметров движения объекта, которые в виде целеуказания выдаются разведывательным техническим или ударным средствам. Для обеспечения непрерывного функционирования контура сопровождения с НПУ на МБРЛС передаются текущие параметры зоны наблюдения, а МБРЛС непрерывно следит за целью в выбранном оператором режиме и возвращает на НПУ текущие значения координат и параметров движения объекта. Если это режим картографирования или СНДЦ с формированием РЛИ, то включается стабилизация центра зоны обзора. Все последующие РЛИ начинают формироваться с общим центром, при этом изображение по мере движения БЛА будет поворачиваться, как показано на рис. 12. В режиме СНДЦ без формирования РЛИ центр зоны обзора может быть «привязан» либо к заданной точке на поверхности (стабилизация), либо к энергетическому центру отметки от выбранной оператором цели (слежение).

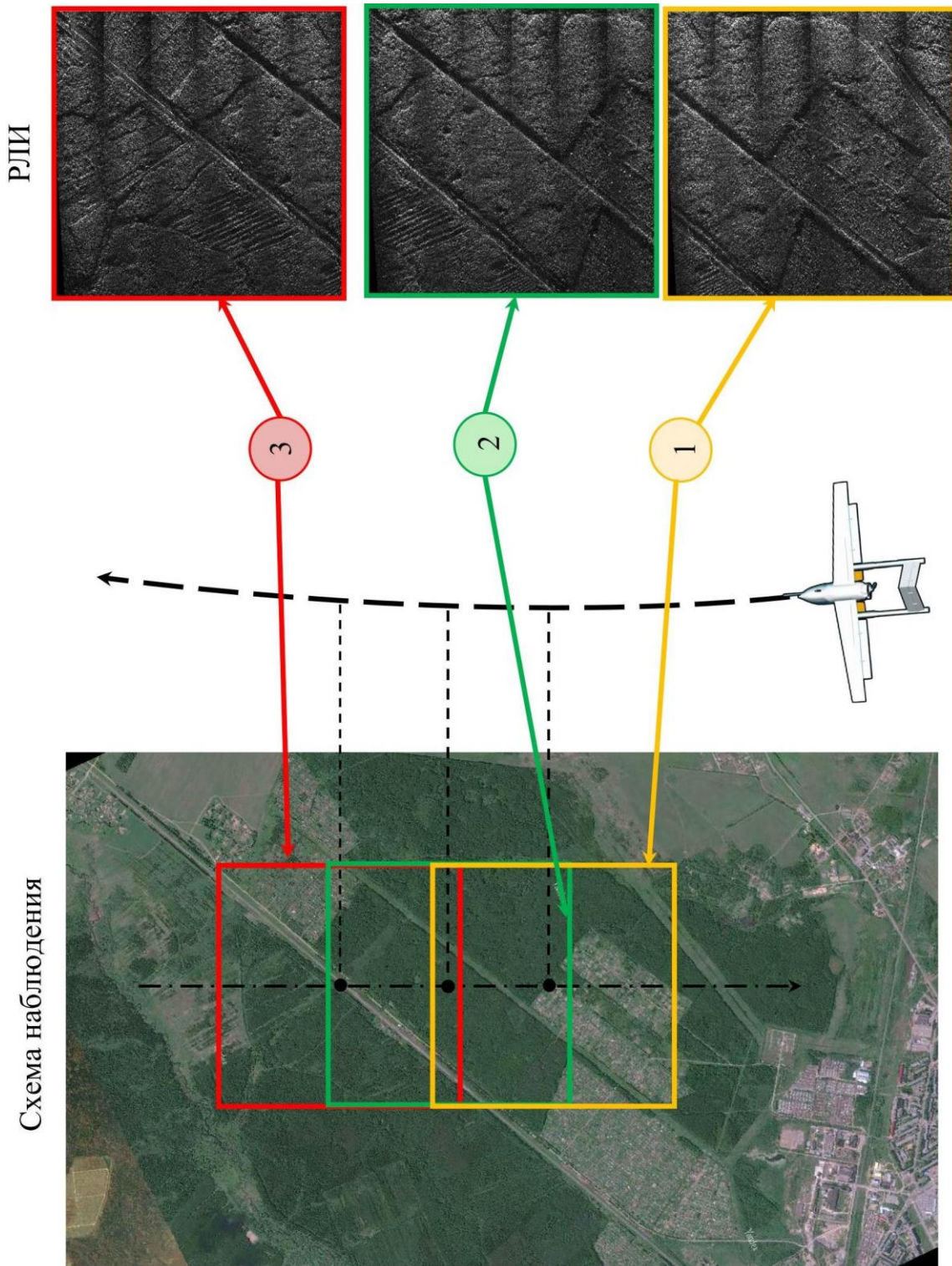
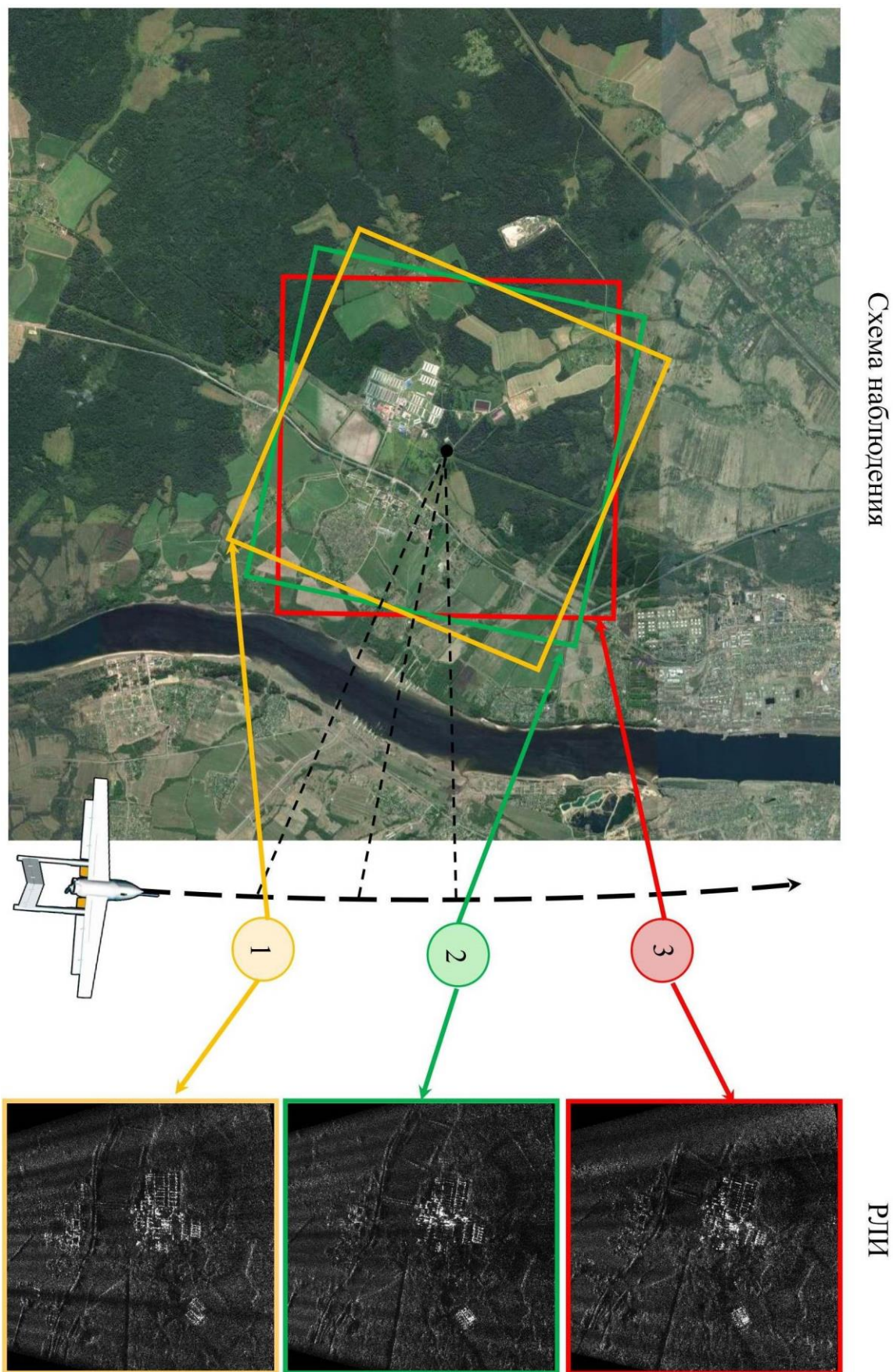


Рис. 11. Формирование РЛИ при мониторинге местности (рисунок, выполненный в цвете, можно посмотреть на сайте журнала)



5. Заключение

Очевидно, что для оперативного решения всех перечисленных выше боевых задач режимы работы многофункциональной бортовой радиолокационной системы как элемента разведывательно-ударного комплекса с БЛА должны не только обеспечивать различные варианты функционирования (комбинации разрешений, углов наблюдения, видов обзора поверхности и т.д.), но и быть логически взаимосвязанными между собой, что реализовано в функциональном программном обеспечении МБРЛС.

Приложение

Список аббревиатур

БЛА МД и СД – беспилотный летательный аппарат малой и средней дальности.

ДЛГ – дальность до линии горизонта.

КБЛА – комплексы с беспилотными летательными аппаратами.

КРТ-СА – картографирование с синтезированием апертуры антенны.

КРТ-ПО – картографирование с полосовым обзором.

МБРЛС – многофункциональная бортовая радиолокационная система.

МРЛЦН – многофункциональная радиолокационная целевая нагрузка.

НПУ – наземный пункт управления.

ПК – парциальный кадр.

ПМН – подсистемы микронавигации.

РЛИ – радиолокационное изображение.

СНДЦ – селекция наземных (надводных) движущихся целей.

ТТХ – тактико-технические характеристики.

ФПО – функциональное программное обеспечение.

Литература

1. Ильин Е. М. и др. Малогабаритный многофункциональный бортовой РЛК для беспилотных летательных аппаратов малой дальности // Вестник СибГУТИ. 2017. № 4 (40). С. 104–109.
2. Гуськов Ю. Н., Самарин О. Ф., Савостьянов В. Ю. Многофункциональные малогабаритные бортовые РЛС. Критические технологии // Радиоэлектронные технологии. 2018. № 1. С. 40–46.
3. Брайткрайц С. Г. и др. Унифицированный интегрированный с подсистемой микронавигации малогабаритный многофункциональный радиолокатор для беспилотных летательных аппаратов средней и малой дальности // Известия ТулГУ. Технические науки. 2018. Вып. 11. С. 313–326.
4. Ильин Е. М., Полубехин А. И., Савостьянов В. Ю., Самарин О. Ф., Тростин Е. А. Многофункциональная малогабаритная РЛС Ku-диапазона для БЛА оперативно-тактического звена // Радиоэлектронные технологии. 2019. № 1. С. 36–42.

Статья поступила в редакцию 24.04.2019.

Ильин Евгений Михайлович

д.ф.-м.н., профессор, ведущий аналитик инновационного технологического центра комплекса научной политики МГТУ им. Н. Э. Баумана (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1), тел. 8-910-433-27-89, e-mail: evgil45@mail.ru.

Репников Дмитрий Александрович

заместитель директора инновационного технологического центра МГТУ им. Н.Э. Баумана (105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1), тел. (499) 263-68-46, e-mail: bauman@bmstu.ru.

Савостьянов Владимир Юрьевич

к.т.н., доцент, начальник лаборатории ОАО «Корпорация «Фазотрон-НИИР» (123557, Москва, Электрический переулок, 1), тел. (495) 955-11-00, e-mail: info@phasotron.com.

Самарин Олег Федорович

к.т.н, с.н.с., начальник НИО ОАО «Корпорация «Фазотрон-НИИР» (123557, Москва, Электрический переулок, 1), тел. 8-916-447-94-06, e-mail: nio6.fazotron@yandex.ru.

Полубехин Александр Иванович

к.т.н., руководитель инновационного технологического центра комплекса научной политики МГТУ им. Н. Э. Баумана, тел. 8-499-263-68-46, e-mail: polub1980@mail.ru.

Черевко Александр Григорьевич

к.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой физики, заведующий лабораторией физических основ телекоммуникаций СибГУТИ (630102, Новосибирск, ул. Кирова, 86), тел. 8-913-980-60-71, e-mail: persp14@mail.ru.

The operation modes of airborne multifunctional radar of short- medium range UAVs

E. Il'in, D. Repnikov, V. Savost'yanov, O. Samarina, A. Polubekhin, A. Cherevko

The main operation modes of a multifunctional airborne radar system of UAVs short and medium range (MARS UAV) are considered. The developed tactics of application of MARS operation modes for detecting, identifying and tracking various objects as well as monitoring are presented. These tactics allow UAV operator to use effectively the technical capabilities of the MARS.

Keywords: Multi-functional airborne radar, radar target load, UAV, modes of operation, tactics, mapping; detecting, identifying and tracking objects.