

УДК 629.78

© И. Л. Борисенков<sup>1</sup>, М. И. Калинов<sup>2</sup>, В. А. Родионов<sup>2</sup>, 2014

<sup>1</sup>Секция прикладных проблем при Президиуме РАН, Москва

<sup>2</sup>Санкт-Петербургское отделение Секции прикладных проблем при Президиуме РАН  
cesavo@mail.ru

## АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ И ОСНОВНЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ РАДИОЛОКАЦИОННОГО И РАДИОЭЛЕКТРОННОГО МОНИТОРИНГА МОРСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Проведен анализ опыта применения и определены основные тенденции развития отечественных космических систем радиолокационного и радиоэлектронного мониторинга морской поверхности.

**Ключевые слова:** космические системы, мониторинг, радиолокатор, морская поверхность, тенденции развития.

Космические системы (КС) радиолокационного и радиоэлектронного мониторинга (РРМ) морской поверхности (МП) применяются для осуществления контроля параметров и состояния морских объектов наблюдения независимо от их действий, погоды и времени суток в глобальном масштабе с высокой оперативностью и требуемой периодичностью.

В начале 1970-х гг. в нашей стране была создана система морской космической разведки и целеуказания (МКРЦ), предназначенная для добывания информации о надводной обстановке и выдачи ее потребителям в интересах применения сил и средств флота [1]. В состав системы входили космические аппараты (КА) радиолокационной и радиотехнической разведки. Система МКРЦ эксплуатировалась почти 40 лет, успешно решая задачи мониторинга морской поверхности и обеспечивая данными о надводной обстановке органы управления различных иерархических уровней. За это время КА системы зафиксировали десятки тысяч объектов надводной обстановки, при этом общее количество обнаружений этих объектов превышает несколько миллионов.

С конца 1980-х гг. эксплуатация КА радиолокационной разведки (РЛР) была прекращена из-за нескольких нештатных ситуаций с бортовой ядерной энергетической установкой (ЯЭУ), являвшейся источником электропитания для радиолокационной станции (РЛС) бокового обзора (БО), установленной на КА. В 1990-х гг. на околоземной орбите активно функционировало до 4—6 КА радиотехнической разведки (РТР) системы МКРЦ. При этом периодичность обнаружения объектов мониторинга на морской поверхности составляла несколько часов. На завершающей стадии эксплуатации в составе орбитальной группировки системы было не более 1—2 КА. Всего было запущено более 80 КА системы МКРЦ.

Параллельно с системой МКРЦ задачи радиотехнического мониторинга морской поверхности (в ограниченном объеме) решались также и КС радиоэлектронного наблюдения (РЭН). С 1968 по 1982 г. в нашей стране было запущено более 30 КА обзорных радиотехнических наблюдений. Последующие модификации этих КА предназначались уже для детальных радиотехнических измерений с приемом, анализом и высокоточной привязкой к местности источников радиотехнических сигналов. Уже в ходе их испытаний было показано, что получаемая информация позволяет не только обнаружить источники радиоизлучения (ИРИ) и определить их местоположение, но и точно установить их на-

значение, характеристики и режимы функционирования. С 1970 по 1994 г. на орбиту был выведено более 70 таких КА [2].

В 1980-х гг. была создана новая модификация КА РЭН, оснащенная аппаратурой для наблюдения не только РЛС, но и других источников радиоизлучений, что позволило обеспечить решение задач РЭН в полном объеме. Всего на околоземную орбиту было выведено более 100 КА космической системы РЭН. С 2009 г. задачи радиотехнического мониторинга морской поверхности решаются КА нового поколения.

Специфическим видом КС радиоэлектронного мониторинга морской поверхности является международная КС поиска и спасения судов и летательных аппаратов, терпящих бедствие, КОСПАС-САРСАТ [3]. Первый КА этой системы был запущен в нашей стране в 1982 г. Система позволяет обнаруживать терпящие бедствие объекты в любых районах Мирового океана и доставлять информацию об этих объектах силам и средствам спасения. Время устаревания информации при этом не превышает одного часа. Сочетание высокой точности определения координат объекта, терпящего бедствие, и минимально возможного (по сравнению с другими средствами) времени устаревания информации позволяют системе решать поставленные задачи с высокой эффективностью. На счету системы КОСПАС-САРСАТ десятки тысяч спасенных человеческих жизней.

Помимо космических аппаратов радиолокационной разведки с ЯЭУ, входивших в состав системы МКРЦ, в нашей стране на рубеже 1980-90-х гг. было запущено несколько КА, имевших в качестве бортового локатора РЛС с синтезированием апертуры (РСА). Синтезирование апертуры позволило бортовой РЛС КА получать высокую разрешающую способность (до единиц-десятков метров) и более достоверно проводить классификацию обнаруженных морских объектов. Испытания КА прошли успешно, но серийно они не производились и для решения практических задач мониторинга морской поверхности не использовались [4].

Задачи мониторинга поверхности Мирового океана (состояния водной поверхности и ледяного покрова) более 20 лет (1983—2007 гг.) успешно решались советской (российско-украинской) космической системой «Океан», которая, по сути дела, являлась первой в мире оперативной радиолокационной океанографической космической системой. Космические аппараты этой системы функционировали до 2007 г. Всего на орбиту было выведено 8 КА системы «Океан» [5].

В 2009 г. был осуществлен запуск КА «Метеор-М», положившего начало воссозданию российской метеорологической орбитальной группировки. Гидрометеорологический космический аппарат «Метеор-М» создан на базе космической платформы типа «Ресурс» и в отличие от ранее существовавших метеорологических КА типа «Метеор» дополнительно имеет в составе бортового специального комплекса (БСК) РЛС БО. Это позволяет ему с разрешением 1—3 км получать радиолокационные изображения морской поверхности, осуществлять мониторинг ледового и снежного покровов, состояния гидрологических объектов, а также суши и растительности [6].

В соответствии с утвержденной в 2006 г. Концепцией развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 г. в нашей стране предусматривается создание космического комплекса (КК) всепогодного радиофизического наблюдения Мирового океана и КК высокодетального радиолокационного наблюдения. Основные идеи Концепции в настоящее время реализуются при создании космических систем «Арктика-Р» и «Кондор» [6, 7].

Комплексное решение задач радиолокационного мониторинга в арктических районах планируется проводить в рамках инновационного проекта «Арктика-Р». Запуск космических аппаратов и начало штатной эксплуатации системы «Арктика-Р» планируется осуществить не позднее 2015 г. Космическая система «Арктика-Р» в составе двух радиолокационных КА и наземных станций приема-передачи данных предназначена для

информационного обеспечения хозяйственной деятельности в Арктическом регионе, включая обеспечение разработки месторождений на шельфе, мониторинг ледовой обстановки и чрезвычайных ситуаций, контроль судоходства и хозяйственной инфраструктуры, обновление и создание топографических и тематических карт и др.

Космический аппарат «Арктика-Р» должен с высокой оперативностью обеспечивать детальную, обзорную и маршрутную съемку с разрешением 1—2, 3—5 и до 150 м соответственно. Периодичность получения результатов радиолокационного наблюдения объектов в арктических районах — 4—6 ч.

В 2013 г. на околоземную орбиту выведен малый космический аппарат «Кондор-Э» с универсальным многорежимным РСА ближнего дециметрового  $S$ -диапазона волн для обзора земной и морской поверхности с пространственным разрешением до 1—2 м. Этот КА предназначен для решения широкого круга задач, в том числе задач мониторинга океана и ледовой разведки, экологического мониторинга моря и суши, мониторинга чрезвычайных ситуаций и контроля судоходства.

В целом, в 1970—80-е гг. из общего количества запусков КА до 12—15 % составляли запуски КА, решавших задачи радиолокационного и радиоэлектронного мониторинга морской поверхности. Был получен большой опыт эксплуатации таких КА. Применение ядерной энергетической установки в качестве источника энергии для КА радиолокационной разведки (РЛР) в системе МКРЦ до сих пор не имеет аналогов в мире. Высокая оперативность доведения информации до потребителей обеспечивалась реализацией на борту КА режима передачи данных об обстановке в реальном масштабе времени. Сочетание разнородных источников данных (активной и пассивной радиолокации) в одной системе (МКРЦ) позволяло существенно повысить достоверность добываемой информации. Дополнительным фактором, повышающим вероятность правильной классификации обнаруженных объектов, был информационный обмен между системами МРКЦ и РЭН. Большой объем различных народно-хозяйственных задач решался на основе данных, получаемых от КА океанографической космической системы «Океан». При создании и эксплуатации космических систем КОСПАС-САРСАТ и «Океан» накоплен определенный опыт международного сотрудничества.

Вместе с тем, опыт эксплуатации космических систем радиолокационного и радиоэлектронного мониторинга морской поверхности выявил и ряд существенных недостатков:

— часто проявлялся «эффект неоднозначности» местоопределения источника радиоизлучения, связанный с особенностями применения фазового метода его пеленгации на морской поверхности;

— кратковременный энергетический контакт низкоорбитных КА РТР с ИРИ (нахождение КА в зоне радиовидимости ИРИ не превышало нескольких минут) не позволял зафиксировать достаточно большую выборку радиотехнических параметров ИРИ, необходимую для его достоверной классификации;

— низкая (единицы км) разрешающая способность РЛС, устанавливаемых на КА, не позволяла производить правильную классификацию обнаруженных морских объектов с высокой вероятностью при отсутствии априорных данных об этих объектах или большом времени их устаревания;

— большое количество «мешающих объектов», фиксируемых БСК КА, (мощные береговые РЛС, малые острова, гидрометеообразования и т. п.) затрудняли процесс обработки полученных данных о морских объектах;

— для получения приемлемых значений периодичности обнаружения объектов наблюдения в низких широтах (десять минут – единицы часов) требовалось иметь в составе орбитальной группировки не менее 8—12 низкоорбитных КА.

Обобщение имеющихся публикаций, отечественный и зарубежный опыт эксплуатации космических систем радиолокационного и радиоэлектронного мониторинга морской поверхности позволяют определить основные тенденции их развития:

— расширение диапазона высот КА, решающих задачи РРМ МП, путем установки на среднеорбитальных, высокоэллиптических КА и КА на геостационарной орбите дополнительной аппаратуры радиоэлектронного мониторинга;

— организационно-техническое и информационное объединение разнотипных и разновысотных КА космических систем РРМ МП в единую многоярусную орбитальную группировку, решающую задачи в интересах всех потребителей информации о надводной обстановке;

— создание КА радиолокационного мониторинга с БСК, автоматически адаптирующимся к обстановке путем соответствующего изменения ширины полосы обзора и разрешающей способности бортового локатора;

— разработка КА с многоканальным БСК (многоспектрального оптико-электронного, радиоэлектронного и радиолокационного мониторинга), способным адаптироваться к обстановке и функционировать в условиях искусственных и естественных помех;

— совершенствование методов мониторинга (применение многопозиционного зондирования, применение расширенных режимов работы (широкозахватные с высоким разрешением, скошенного обзора, многолучевые с селекцией движущихся целей, с применением межвитковой интерферометрии для повышения разрешения поперек трассы полета), совместное применение угломерного, разностно-временного и разностно-доплеровского методов пеленгации, взаимный обмен между КА априорными и оперативными данными об обстановке и т. д.);

— совместное применение КА оптико-электронного наблюдения и КА с РСА;

— совершенствование системы планирования применения КА (оптимальное распределение ресурса БСК, рациональное сочетание обзорных и детальных режимов, внедрение элементов искусственного интеллекта для адаптации режимов работы БСК к текущей фоно-целевой обстановке в заданном районе мониторинга);

— разработка и применение нового поколения КА радиолокационного мониторинга с бортовой ЯЭУ на радиационно неопасных орбитах (высота полета КА не менее 1000—1500 км).

Для дальнейшего развития космических систем, решающих задачи радиолокационного и радиоэлектронного мониторинга морской поверхности в нашей стране, потребуется осуществить большой комплекс организационно-технических и кадровых мероприятий, а также значительно активизировать работы, длительное время ведущиеся в этом направлении, при их безусловном и достаточном финансировании.

## Литература

1. Землянов А. Б., Коссов Г. Л., Траубе В. А. Система морской космической разведки и целеуказания. СПб.: ЗАО «Геоид», 2002. 214 с.
2. Железняков А. Б. Спутники радиотехнической разведки «Целина»: история создания и эксплуатации // Тр. Общероссийской научно-технической конференции «Третьи Уткинские чтения» СПб.: БГТУ, 2007. Т. 2. С. 81—83.
3. Балашов А. И., Зурабов Ю. Г., Пчеляков Л. С., Рогольский В. И., Шебшаевич В. С. Международная космическая радиотехническая система обнаружения терпящих бедствие. М.: Радио и связь, 1987. 326 с.
4. Гарбук С. В., Гершензон В. Е. Космические системы дистанционного зондирования Земли. М.: Издательство А и Б, 1997. 296 с.
5. Пустовойтенко В. В., Терехин Ю. В. и др. Этапы и результаты развития технологии дистанционного зондирования морских акваторий (к 30-летию отечественной спутниковой океанологии) // Тр. 17-й Междунар. Крымск. конф. «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии (CriMiCo 2007)». Севастополь: Вебер, 2007. С. 15—25.
6. Федеральное космическое агентство. URL: <http://www.federspace.ru> (дата обращения: 05.03.2014).

Борисенков И. Л. и др.

7. Верба В. С., Неронский Л. Б., Осипов И. Г., Турук В. Э. Радиолокационные системы землеобзора космического базирования. М.: Радиотехника, 2010. 682 с.

Статья поступила в редакцию 13.03.2014 г.



*I. L. Borisenkov<sup>1</sup>, M. I. Kalinov<sup>2</sup>, V. A. Rodionov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Defense Problem Section RAS, Moscow

<sup>2</sup>Saint-Petersburg branch of the Defense Problem Section RAS

### **The Analysis of the Application and the Main Trends of Development of the National Cosmic Radar Systems and Electronic Monitoring of the Sea Surface**

The analysis of the application and the basic tendencies of development of the domestic space systems of radar and electronic monitoring of the sea surface.

**Key words:** space systems, monitoring, radar, sea surface, development trends.