

УДК 629.783

## Малоразмерные космические аппараты мониторинга подвижных объектов ОАО «Российские космические системы»: состояние и перспективы

А. А. Романов<sup>1</sup>, А. А. Романов<sup>2</sup>, А. Е. Тюлин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>д. т. н., <sup>2</sup>д. т. н., проф., <sup>3</sup>к. т. н.

ОАО «Российские космические системы»

e-mail: romulas@mail.ru

**Аннотация.** В ОАО «Российские космические системы» в рамках проекта «КосмоАИС» были разработаны два типа полезных нагрузок для регистрации сигналов АИС в космическом пространстве. Кроме бортовой аппаратуры были разработаны и наземные комплексы приема и обработки информации, а также центр приема, обработки и отображения данных. С учетом опыта, полученного при реализации проекта «КосмоАИС», в ближайшей перспективе предполагается построить ряд космических аппаратов с массой до 250 кг, на которых будет размещена аппаратура регистрации сигналов АИС, АЗН-В и, возможно, КОСПАС–SARSAT. Если опыт создания подобного аппарата будет успешным, платформа КА может быть масштабирована, а набор полезной нагрузки расширен за счет оптической или инфракрасной камеры среднего или высокого разрешения. Созданный новый класс аппаратов позволит не только получать информацию о местоположении надводных и воздушных объектов, но также и в режиме реального времени совмещать ее с данными дистанционного зондирования Земли в оптическом диапазоне. Совместное использование подобной информации повысит эффективность решения не только мониторинговых, но и поисково-спасательных задач на море и в труднодоступных регионах Земли.

**Ключевые слова:** АИС, АЗН-В, спутник, коллизия, мониторинг

## Small Satellites for Vessels and Airplanes Monitoring in JSC “Russian Space Systems”: Status and Perspectives

A. A. Romanov<sup>1</sup>, A. A. Romanov<sup>2</sup>, A. E. Tyulin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>doctor of engineering science

<sup>2</sup>doctor of engineering science, professor

<sup>3</sup>candidate of engineering science

Joint Stock Company “Russian Space Systems”

e-mail: romulas@mail.ru

**Abstract.** JSC “Russian Space Systems” developed two types of satellite payloads for AIS signals registration during the “CosmoAIS” project. In addition to AIS payload ground complexes for data receiving, processing and dissemination were developed. According to experience gathered in the frameworks of “CosmoAIS” project realization several satellites up to 250 kg with AIS/ADS-B and, possibly, COSPAS–SARSAT payloads are considered to be developed. If the perspective satellite missions will be successful then the satellite platform will be rescaled and the payloads list will be extended with optical or infrared camera of high or medium resolution. New satellite could be used not only for gathering planes and vessels monitoring information but it allows combining monitoring data with optical band remote sensing information in near real time. The complexity of these two information kinds will increase the efficiency both monitoring and search&rescue tasks in the sea and remote areas of the Earth.

**Key words:** AIS, ADS-B, satellite, collision, monitoring

## 1. Введение

Проблемы обеспечения эффективного управления, а также безопасности надводных и воздушных перевозок становятся все более актуальными с учетом постоянно растущего грузового и пассажирского потока в мире. В этих условиях активное развитие спутниковых систем мониторинга позволяет отвечать тем вызовам, которые появляются при решении задач транспортной отрасли.

Последние несколько лет ОАО «Российские космические системы» реализовывало программу (проект «КосмоАИС») по созданию технологии мониторинга надводных объектов с использованием сигналов автоматической идентификационной системы (АИС) [1]. За сравнительно короткий промежуток времени была поставлена задача создать и провести базовые испытания замкнутой технологии, которая бы обеспечивала прием информации АИС на борту космического аппарата, ее передачу на наземные станции приема, обработку и представление мониторинговой информации потенциальным потребителям услуги.

В статье представлены первые результаты работы технологии на борту космического аппарата «Ресурс-П» №2, а также перспективы развития технологии с учетом совместного использования данных АИС и информации дистанционного зондирования, а также запуска космического аппарата нанокласса «КосмоАИС».

## 2. Технология мониторинга судов по данным АИС

Основным элементом технологии мониторинга объектов является бортовая аппаратура приема сигналов АИС (рис. 1).

Аппаратура состоит из частотного селектора в диапазоне 156,025–162,025 МГц с малошумящим усилителем на входе, АЦП, ПЛИС для оцифровки сигналов, памяти для хранения управляющих программ, а также ряда телеметрических датчиков.

При габаритах  $9,8 \times 9,8 \times 5,0$  см, массе 0,2 кг и энергопотреблении до 5 Вт приемник имеет чувствительность не менее  $-117$  дБмВт и интерфейс I<sup>2</sup>C.

Бортовая аппаратура приема сигналов также размещена на КА «КосмоАИС» (рис. 2), который построен на базе платформы типа CubeSat 3U. Космический аппарат [2] оснащен радиолинией УКВ-диапазона для передачи команд по линии «Земля–КА» и сброса целевой информации на станцию приема, бортовой цифровой вычислительной машиной, системами электропитания, а также ориентации и стабилизации, построенной с использованием магнитометра и магнитных катушек. Предполагаемый САС КА «КосмоАИС» должен составить не менее 1 г.

Предполагается, что КА «КосмоАИС» будет запущен не позднее конца 2015 г. попутно с другим космическим аппаратом.

Для приема информации с КА «КосмоАИС» на территории России (в гг. Москва, Южно-Сахалинск, Новосибирск, Норильск, Мурманск и Петропавловск-Камчатский) развернуты несколько наземных станций приема и обработки информации (СПОИ АИС) (рис. 3).

Точки размещения СПОИ АИС выбирались с учетом необходимости создания непрерывного поля приема сигнала радиолинии целевой информации космического аппарата на всей территории России. Преимущественно меридиональная направленность размещения СПОИ АИС позволила фактически создать горячий резерв при работе оборудования.

СПОИ АИС (рис. 4) состоит из антенной системы ОВЧ/УВЧ-диапазонов, базовой станции в стойке 19'', включающей в себя приемопередатчик диапазона ОВЧ/УВЧ, персональный компьютер, блок управления опорно-поворотными устройствами, источник бесперебойного питания, блок сопряжения с центром приема, обработки и представления данных АИС и дистанционного управления СПОИ, а также средств отображения информации.

Со СПОИ АИС информация поступает в центр приема, обработки и представления информации ЦПОПД АИС (рис. 5). ЦПОПД АИС фактически центральный узел наземной инфраструктуры, ее основное функциональное ядро, он реализует задачи консолидации и интегрированной аналитической обработки данных АИС, полученных от региональных СПОИ, а также предоставления результатов их обработки авторизированным конечным пользователям.

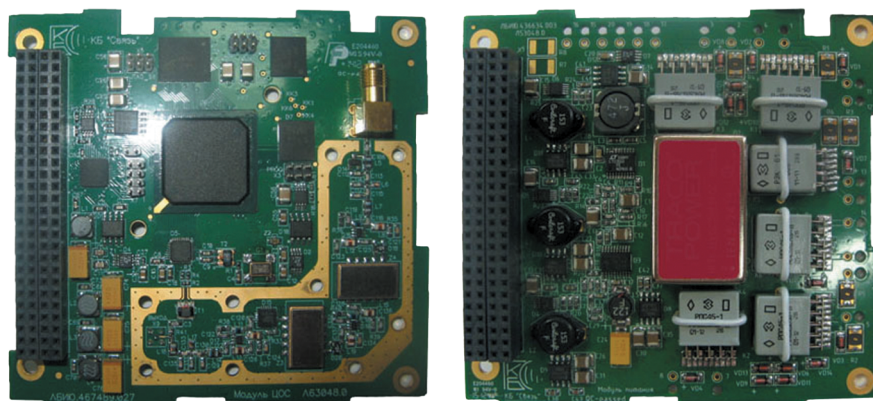


Рис. 1. Внешний вид аналоговой и цифровой частей аппаратуры приема сигналов АИС, предназначенной для размещения на борту КА «КосмоАИС»

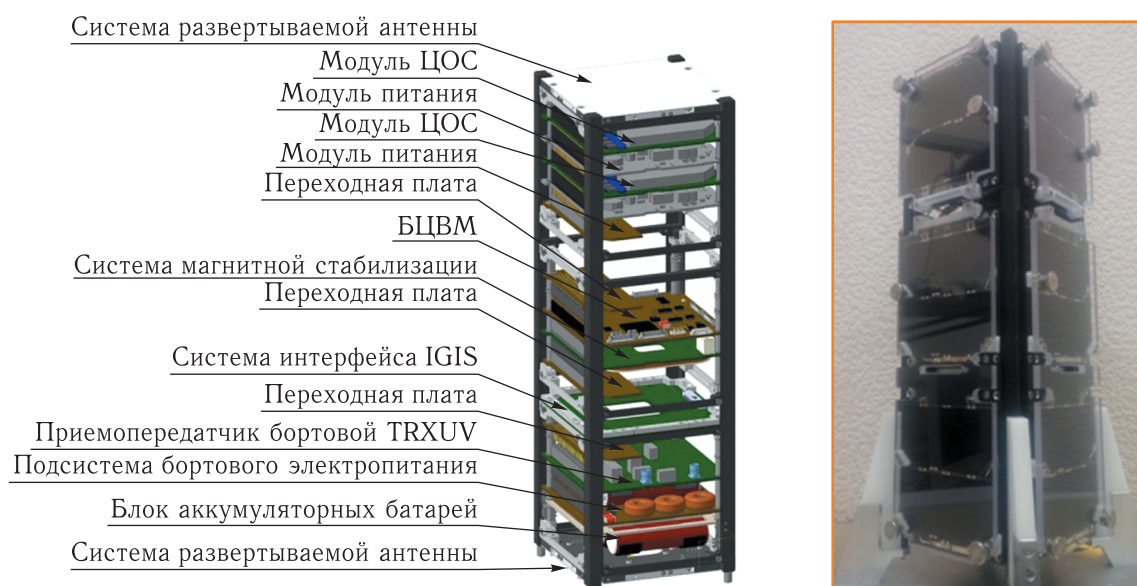


Рис. 2. Внешний вид и компоновка КА «КосмоАИС»



Рис. 3. Расположение СПОИ АИС УКВ-диапазона на территории Российской Федерации



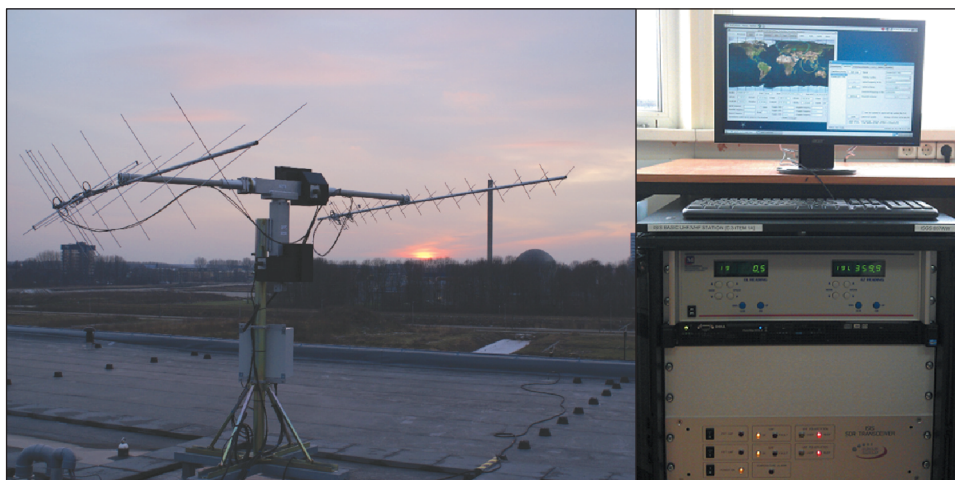


Рис. 4. Внешний вид антенно-фидерного устройства и станции приема информации с КА нанокласса «КосмоАИС»



Рис. 5. Аппаратура ЦПОПД АИС

### 3. Предварительные результаты летных испытаний аппаратуры приема сигналов АИС

На первом этапе аппаратура регистрации сигналов АИС, аналогичная размещенной на борту ЭН КА «КосмоАИС», была установлена на борту КА «Ресурс-П» №2, запуск которого состоялся 26.12.2014 г.

Частная программа летных испытаний бортовой аппаратуры приема сигналов АИС состояла из двух основных этапов. На первом этапе приемник включался в режиме самотестирования, проводи-

лась базовая оценка его работоспособности, а также возможностей его взаимодействия с аппаратурой передачи информации на наземные станции приема. Запись сигнала с антенн на этом этапе не проводилась.

В результате нескольких тестовых включений было установлено, что оба полуконспекта бортовой аппаратуры функционируют нормально, а телеметрическая информация передается через каналы связи без сбоев и искажений.

После успешного завершения первого этапа испытаний бортовая аппаратура приема сигналов АИС была включена на запись реального сигнала. Первым декодированным сообщением АИС в рамках космического эксперимента стало сообщение от сухогруза Solar Breeze, который на тот момент курсировал в южной части Индийского океана (рис. 6).

В дальнейшем было осуществлено еще несколько включений приемника над различными акваториями Мирового океана в целях поиска оптимальных настроек аппаратуры приема сигналов АИС, а также проведено несколько дополнительных экспериментов. На рис. 7 представлены результаты сравнения информации, полученной из космоса, и данных ресурса [marinetraffic.com](http://marinetraffic.com).

Как видно из рисунка, зарегистрированная приемником АИС позиция судна Накоа, курсирующего на Гавайях, совпадает с траекторией корабля, построенной на основе данных Интернет-сервиса.



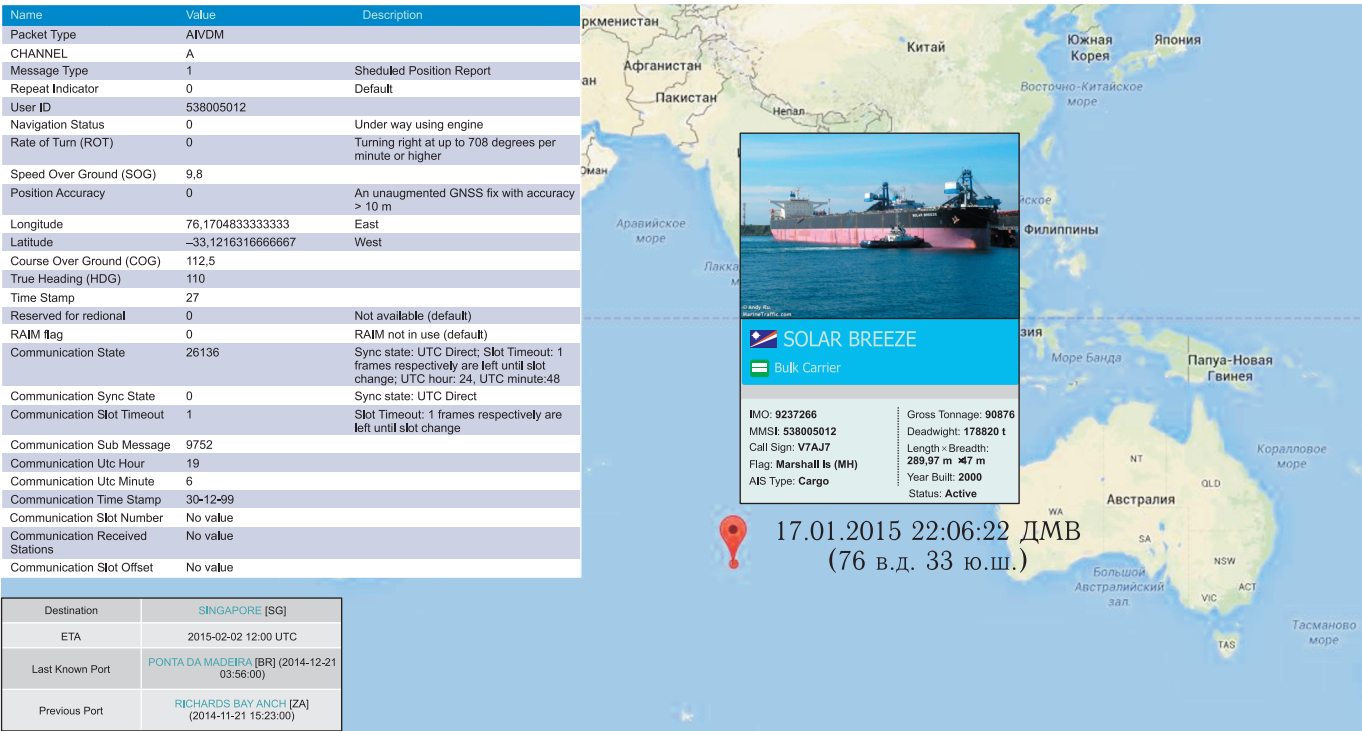


Рис. 6. Первое зарегистрированное сообщение АИС

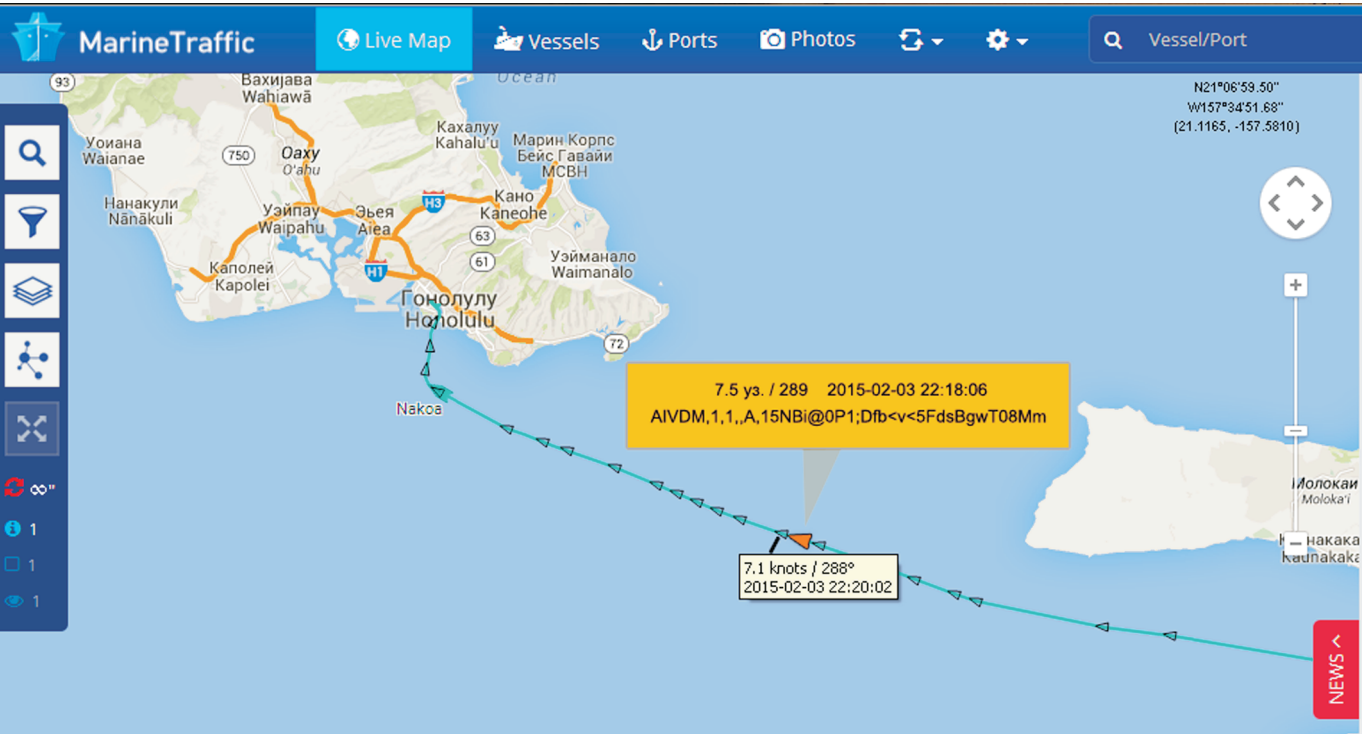


Рис. 7. Валидация информации от аппаратуры космического базирования на основе данных наземных служб

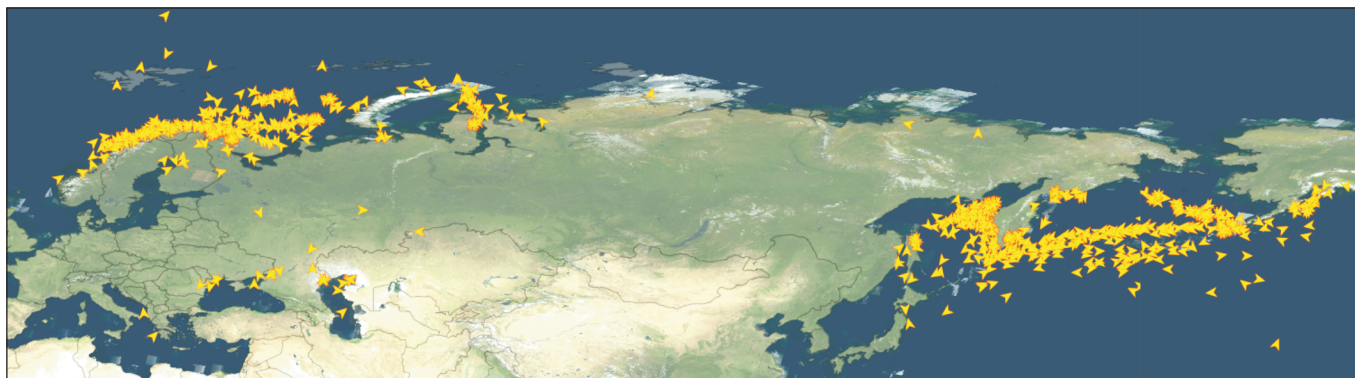


Рис. 8. Результаты проверки возможностей аппаратуры в интересах тематического заказчика

На последнем этапе испытаний была проведена проверка возможности использования аппаратуры регистрации сигналов АИС в интересах тематических потребителей. Совместно с уполномоченной организацией Минтранса Российской Федерации были определены регионы включения аппаратуры космического базирования, а также определен и согласован порядок представления данных.

В основном целевая работа велась по Северному морскому пути, северо-западным акваториям Атлантического и восточной части Тихого океанов. С учетом возможностей КА «Ресурс-П» № 2 проводилось до 5 включений (записи сигнала на протяжении 30 с) аппаратуры регистрации сигналов АИС в сут, таким образом, с 01.03.2015 по 31.03.2015 было проведено 146 сеансов. Всего было получено 2426 сообщений, детектировано 1146 уникальных судов (рис. 8).

Распределение принятой информации по типам сообщений приведено в таблице. Проведенный анализ показал, что подавляющее большинство информации АИС зарегистрировано в сообщениях первого типа, также были детектированы сообщения второго, третьего и четвертого типов, но их количество не превышало 30% от общего количества информации.

Кроме того, зарегистрированы сообщения пятого типа, содержащие дополнительную информацию о названии судна, маршруте его следования, дате прибытия в ближайший порт и пр. Небольшое количество сообщений пятого типа (менее 1%), принятых за время эксперимента, объясняется коротким временем включения аппаратуры

Таблица. Распределение принятой информации АИС по типам сообщений

Величина	Количество
Сообщений типа 1	2021
Сообщений типа 2	9
Сообщений типа 3	301
Сообщений типа 4	55
Сообщений типа 5	40
<b>Всего сообщений</b>	<b>2426</b>
<b>Всего судов</b>	<b>1146</b>
<b>Включений аппаратуры</b>	<b>146</b>

для записи сигнала АИС по сравнению со скважностью излучения судами сообщений этого типа.

Кроме того, необходимо отметить, что БРК АИС зарегистрировал несколько сообщений 18-го типа, которые излучаются аппаратурой АИС класса «Б».

Таким образом, в результате проведенных проверок было показано, что аппаратура приема сигналов АИС полностью работоспособна и регистрирует сигналы АИС от судов в различных акваториях. Космический эксперимент по отработке технологии мониторинга судов по данным сигналов АИС следует признать успешным.

#### 4. Перспективы развития технологии мониторинга судов

Вторым по значимости элементом технологии является программный комплекс обработки информации с бортовой аппаратуры, который

осуществляет декодирование сообщений АИС и выделение координат судов из полученного потока входной информации. На первом этапе развития технологии для выделения полезного сигнала используется обработка на станциях приема информации на Земле. Основная отработка программно-математического комплекса обработки информации АИС проходит в рамках летных испытаний КА «Ресурс-П» №2. С учетом опыта обработки реальных сигналов АИС, полученных космическим аппаратом, предполагается создать эффективные алгоритмы декодирования сообщений системы непосредственно на борту космического аппарата, которые будут учитывать возможность устранения коллизий пакетов и максимально эффективно выделять координаты объектов.

КА серии «Ресурс» в дальнейшем предполагается оснащать бортовой аппаратурой регистрации сигналов АИС. В ближайшей перспективе предполагается модернизировать блок, аналогичный размещенному на борту КА «Ресурс-П» №2 в целях увеличения его производительности. Предполагается доработать программное обеспечение аппаратуры и добавить функциональность декодирования сообщений на борту КА, что позволит обеспечить непрерывную регистрацию сообщений АИС. С учетом модернизации антенно-фидерного устройства предполагается увеличить количество принимаемых сообщений АИС минимум в 5 раз.

С учетом опыта по разработке и созданию бортовой аппаратуры регистрации сигналов АИС предполагается на следующем этапе начать работы по проектированию приемников сигналов АЗН-В, которые размещены на борту воздушных судов. Общие принципы передачи сигналов систем близки, однако необходимо отметить, что сигнал АЗН-В излучается в другом диапазоне частот, поэтому потребуются создание нового вида бортовой аппаратуры.

Следующий этап развития технологии будет направлен на реализацию принципов «дополненной реальности» при решении мониторинговых задач. Предполагается разработать специальное программное обеспечение, которое позволит совмещать данные АИС и информацию ДЗЗ в реальном времени, в том числе для идентификации морских подвижных объектов, которые

по каким-либо причинам не передают координатной информации.

Технологии получения мониторинговой информации, разработанные в рамках реализации проекта «КосмоАИС», предполагается использовать при создании специализированного космического аппарата, который будет решать исключительно задачу мониторинга надводных и воздушных объектов, а также регистрировать сигналы системы поиска и спасения КОСПАС–SARSAT. По предварительным оценкам, проведенным специалистами ОАО «Российские космические системы» с учетом текущего уровня развития отраслевых технологий, подобный аппарат может быть построен на платформе общей массой до 250 кг при условии совместного размещения аппаратуры регистрации сигналов АИС/АИС-САРТ/АЗН-В и камер дистанционного зондирования.

## 5. Выводы

В заключение необходимо отметить, что в результате реализации проекта «КосмоАИС» была создана технология мониторинга морских и речных подвижных объектов на базе регистрации сигналов АИС.

Были созданы ключевые элементы технологии: бортовая аппаратура регистрации сигналов АИС на орбите, КА нанокласса «КосмоАИС»; станции приема и обработки информации; центр приема, обработки и представления данных, а также программное обеспечение для декодирования данных АИС из исходного потока информации.

В настоящее время проходят летные испытания КА «Ресурс-П» №2, по результатам которых будут доработаны алгоритмы выделения и декодирования сообщений АИС из исходного потока информации. С учетом полученного опыта обработки данных предполагается создать адаптивные алгоритмы обработки потока АИС непосредственно на борту космического аппарата.

В ближайшей перспективе технологии, разработанные в рамках проекта «КосмоАИС», предполагается внедрить при проектировании специализированного космического аппарата, предназначенного для регистрации сигналов



АИС/АИС-САРТ/АЗН-В и системы поиска и спасения КОСПАС–SARSAT.

Commercial Constellations, IAA Book Series, 2014. V. 1, № 4, p. 91–99. ISBN EAN IAA: 978-2-917761-32-8.

## Список литературы

1. *Kuznetsov A.M., Romanov A.A.* The probability of ship with AIS transponder detection at the northern and eastern sea borders of Russian Federation/Small Satellites For Earth Observation, Missions&Technologies Operational Responsive Space
2. *Romanov A.A., Trusov S.V., Romanov A.A., Urlichich U.M.* Space system of ionosphere tomography and its perspectives using small satellites // Digest of the 9th International Symposium «Small Satellites for the Earth Observation», Berlin, April 8–12, 2013. Ed. by R. Sandau, H.-P. Rosser, A. Valenzuela, p. 133–137. ISBN 978-89685-574-9.