

# NEW GENERATION OF SATELLITES FOR MARITIME SURVEILLANCE

**Nikolay N. KLIMENKO,**  
Cand. Sci. (Tech), Lieutenant-General retired,  
Deputy General Director, Lavochkin Association,  
Moscow, Russia,  
[Klimenko@laspace.ru](mailto:Klimenko@laspace.ru)

**Kirill A. ZANIN,**  
Dr. Sci. (Tech), Leading Research Scientist,  
Lavochkin Association, Moscow, Russia,  
[khsm@laspace.ru](mailto:khsm@laspace.ru)

**ABSTRACT** | The article deals with the projects of new generation of satellites for maritime surveillance, designed by XpressSAR, Urthe-Cast, Iridium, Thales Alenia Space, ICEYE, Capella Space, Umbra Lab, HawkEye 360, GomSpace, FFI/SFL, Kleos Space, UnSeen Labs companies. Their basic characteristics are given, as well as information on their application for intended purposes.

**Keywords:** *maritime surveillance, SAR satellite, SIGINT satellite, HAPS – high-altitude pseudosatellite, startup, ground-based network*

# НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МОРСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ



**Николай Николаевич КЛИМЕНКО**,  
кандидат технических наук, генерал-лейтенант  
запаса, заместитель генерального директора  
АО «НПО Лавочкина» по специальным проектам,  
Москва, Россия,  
[Klimenko@laspace.ru](mailto:Klimenko@laspace.ru)



**Кирилл Анатольевич ЗАНИН**,  
доктор технических наук, ведущий научный  
сотрудник АО «НПО Лавочкина», Москва, Россия,  
[khsmt@laspace.ru](mailto:khsmt@laspace.ru)



**АННОТАЦИЯ** | В статье рассматриваются проекты космических аппаратов нового поколения для наблюдения морской обстановки, разрабатываемые компаниями XpressSAR, UrtheCast, Iridium, Thales Alenia Space, ICEYE, Capella Space, Umbra Lab, HawkEye 360, GomSpace, FFI/SFL, Kleos Space, UnSeen Labs. Приведены их основные характеристики, а также сведения об их применении для решения целевых задач.

**Ключевые слова:** слежение за морской обстановкой, космический аппарат с радиолокатором с синтезированной апертурой, космический аппарат радиоэлектронного наблюдения, псевдокосмический аппарат, стартан, сеть наземного базирования

## ЧАСТЬ 2.

# КОСМИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗА МОРСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ

До недавнего времени КА радиоэлектронного наблюдения (РЭН) применялись только для решения задач обороны и безопасности. Впервые на рынок коммерческой космической информации о радиоэлектронной обстановке (РЭО) вышла американская компания HawkEye 360 (HE 360) [1]. При этом компания HE 360 установила сотрудничество с компанией KRATOS — ведущим провайдером АНБ — для информационной интеграции и объединения возможностей наземной сети РЭН, контролирующей КА-ретрансляторы на геостационарной орбите (ГСО), и возможностей ОГ МКА компании HE 360. Подобный подход к ведению РЭН получил инновационное развитие в закрытом проекте BeamWatch компании ComSpace [2]. Замысел проекта состоит в создании низкоорбитальных МКА РЭН, осуществляющих прием и анализ сигналов спутниковой связи на выходе около 429 КА-ретрансляторов. Планируется, что такие КА на полярной орбите в течение суток будут осуществлять контроль всех лучей КА-ретрансляторов на ГСО, что невозможно с наземных позиций. Объединение в рамках инновационного проекта информации о спутниковых системах связи, получаемых как на линиях «вверх», так и на линиях «вниз», имеет целью повышение эффективности РЭН — как в интересах выявления и локализации источников помех спутниковой связи, так и для вскрытия изменений в развертывании и целевом применении средств спутниковой связи в районах особого внимания, в том числе в ближней и дальней морских зонах.

Впервые концепция создания и применения коммерческих КА РЭН для наблюдения за морской обстановкой была выдвинута еще в начале 2000-х годов норвежским НИИ Минобороны FFI [3, 4]. Концепция базируется на том, что на более чем 300 000 кораблей длиной не менее 45 метров предусмотрена обязательная установка навигационных РЛС X-диапазона мощностью 1...50 кВт. Диаграмма направленности антенны (ДНА) РЛС составляет 1...6 градусов по азимуту и 20...25 градусов по углу места. Исследования института FFI показали, что при совпадении главных лучей ДНА на КА РЭН и навигационных РЛС обеспечиваются условия для обнаружения, геолокации и иден-

тификации РЛС на расстояниях до 3000 км. Поэтому для слежения за морской обстановкой был предложен проект МКА РЭН NSAT-1, запускаемый на орбиту высотой около 600 км, с бортовой антенной X-диапазона, направленной «под горизонт» для обнаружения корабельных РЛС по главному лучу ДНА. В ходе исследований было также установлено, что с использованием плоской антенны размером 50×50 см можно обеспечить полосу обнаружения корабельных навигационных РЛС размером 1200 км по дальности, что в разы превосходит полосу съемки КА с радиолокатором с синтезированной апертурой (РСА).

Установленная на МКА РЭН NSAT-1 плоская антенная решетка состоит из шести подрешеток, каждая из которых имеет ширину ДНА 10 градусов по углу места и 7 градусов по азимуту. Антенная решетка имеет вертикальную и горизонтальную составляющие, каждая из которых соединена с цифровым приемником и фазометрами. Такая полезная нагрузка представляет собой фазовый пеленгатор, или интерферометр. Размеры ДНА определяют размеры ее «пятна» (проекции) на морскую поверхность: 1200 км по дальности и 150...300 км по азимуту. Прием сигналов осуществляется шестиканальным цифровым приемником, поканально подключенным к выходам каждой антенной подрешетки. При помощи фазометров определяется направление на источник радиоизлучения (ИРИ) путем измерения разности фаз сигналов, принимаемых на разнесенные в пространстве антенные субрешетки. При этом ДНА направлена под углом 63 градуса по отношению к направлению в надир. Такой способ пеленгации при соблюдении определенных требований к точности определения положения МКА на орбите обеспечивает точность определения местоположения кораблей по их ИРИ около 1 км в полосе 1200 км. Для обеспечения такой точности требуется точность стабилизации МКА по трем осям не хуже 0,5 градуса и знание положения МКА на рабочем участке при включенной полезной нагрузке не хуже 0,001 градуса. Это обеспечивается прецизионной бортовой системой управления ориентации и стабилизации (СУОС), включающей высокоточные звездный

солнечный датчик, магнитные исполнительные органы и силовые гироскопы с достаточно большим кинетическим моментом. Размеры и электрические параметры солнечной батареи обеспечивают генерацию электроэнергии, достаточной для включения аппаратуры РЭН длительностью 10 минут на каждом суточном витке (СВ). Этого достаточно для мониторинга морской обстановки в норвежском регионе. Для обеспечения большей длительности включения аппаратуры РЭН требуется более мощная система электроснабжения, прежде всего бóльшая по размеру солнечная батарея.

Покрытие земной поверхности может быть улучшено за счет установки антенных решеток на двух и более боковых сторонах МКА и увеличения канальности приемника. Предусмотрена возможность поворота МКА по азимуту для перенацеливания ДНА на районы (зоны) особого внимания.

При выборе орбиты разработчики исходили из того, что для глобального применения преимущественно обладают полярные орбиты и ССО с прецессией, а для локальных районов — орбиты с наклоном, соответствующим широте наблюдаемого района. Поэтому прорабатывалась ОГ с комбинацией МКА NSAT-1 на полярных и наклонных орбитах.

Обработка сигналов РЛС предусмотрена на борту МКА и включает измерение параметров импульсов в диапазоне длительности от 100 до 1000 нс, частоты повторения до 1 кГц, а также депере-

жежение импульсов, определение координат и классификацию (идентификацию) РЛС. Сброс информации осуществляется по низкоскоростной радиолинии. В предположении средней плотности обнаружения пять кораблей в секунду средняя скорость передачи информации может составлять несколько сотен кбит/сек.

Конструкция МКА NSAT-1 приведена на рис. 1. При размере 71×55×50 см МКА имеет массу 50 кг. Солнечная батарея генерирует электроэнергию мощностью 38 Вт. Скорость передачи командно-программной информации в S-диапазоне 10 кбит/сек, а передачи специальной информации 1...2 Мбит/сек. Орбита МКА позволяет осуществлять сброс информации на наземные центры, например в Тромсё, на 11 из 15 СВ. При этом планируется включение аппаратуры РЭН в течение 4...8 минут на каждом из 13 СВ, проходящих над прилегающими к Норвегии акваториями, включая Северный морской путь.

Для достижения высокой точности определения местоположения РЛС при наблюдении «под горизонт» требуется высокая точность знания положения ДНА в пространстве. С этой целью звездный датчик в МКА NSAT-1 жестко прикреплен к тыльной стороне антенной решетки под фиксированным углом 27 градусов между оптической осью звездного датчика и нормалью к плоскости антенной решетки (нормаль определяется по наилучшей настройке плоскости, проходящей через четыре фазовых центра антенной решетки). Этот угол может претерпевать измене-

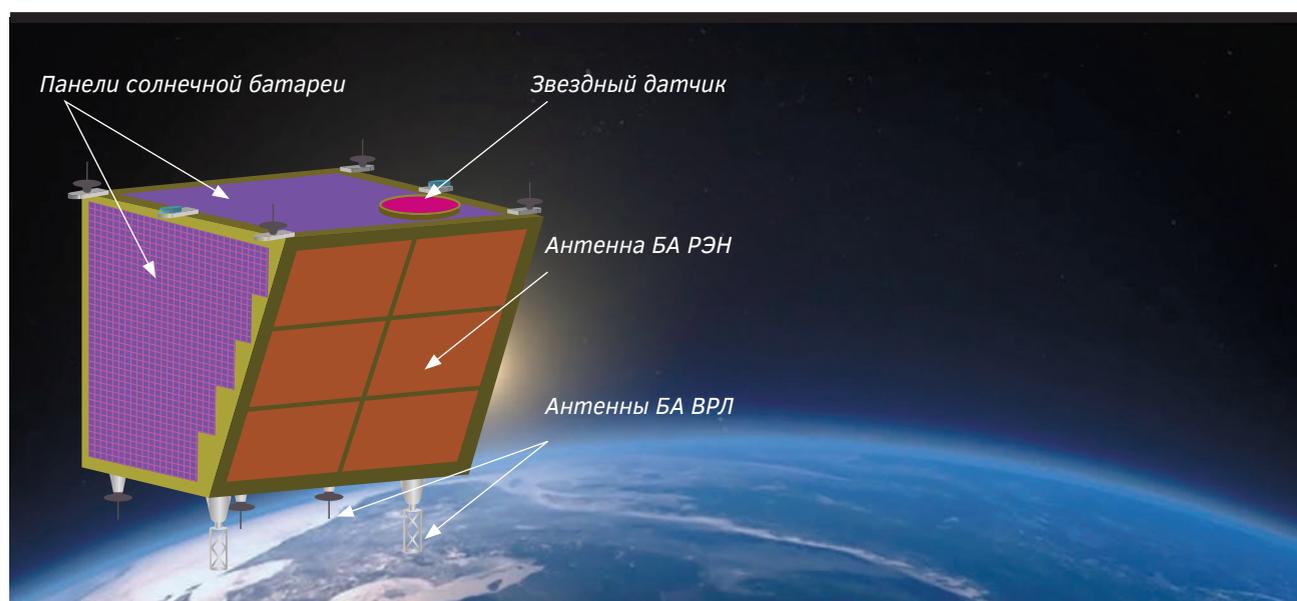


Рис. 1. Конструкция МКА NSAT-1

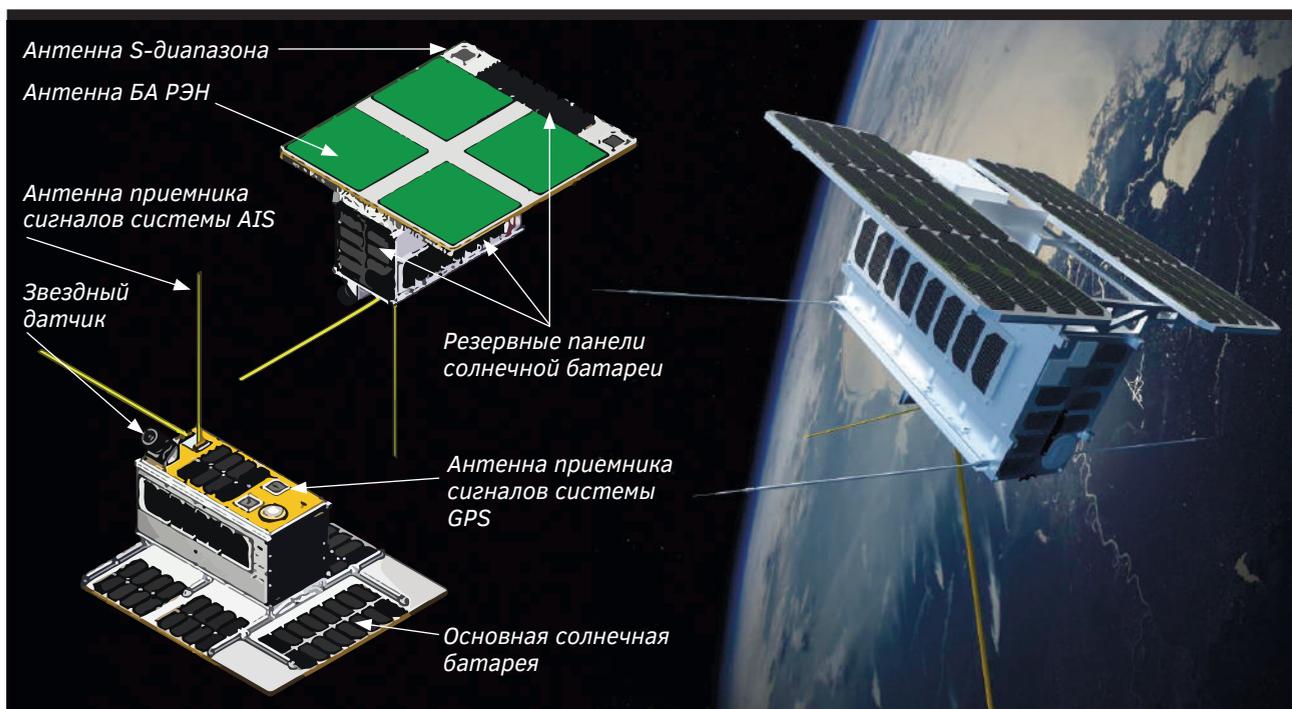


Рис. 2. МКА РЭН NORSAT-3

ния вследствие тепловой деформации посадочного места звездного датчика и соединительного кронштейна, а также вследствие неплоскостности самой антенной решеткой. Эти изменения не должны выходить за определенные пределы. В [5] приведены результаты исследования сборки «звездный датчик — кронштейн — антенная решетка» по таким показателям, как стабильность установки кронштейна, плоскостность антенной решетки, рабочая температура звездного датчика. Установлено, что для обеспечения требуемой точности геолокации к этой сборке предъявляются следующие требования:

— общая вариация угла между оптической осью звездного датчика и нормалью к плоскости антенной решетки не должна превышать 0,001 градуса;

— максимально допустимая неплоскостность антенной решетки 10 мкм;

— изменение толщины антенной панели не больше 80 мкм;

— допустимый диапазон температур звездного датчика  $-35...+10$  градусов;

— изменение температуры посадочного места звездного датчика за один СВ не более 4 градусов;

— разность температур между любыми точками посадочного места звездного датчика в любой момент времени не более 4 градусов.

Обеспечение минимальных температурных вариаций антенной панели и звездного датчика достигается выбором параметров орбиты, радиатором на звездном датчике и углепластиковым кольцом для изоляции звездного датчика от нагрева титанового кольца в составе кронштейна.

Рассмотренная концепция создания МКА РЭН и соответствующий научно-технический задел в дальнейшем получили развитие в проекте МКА РЭН NORSAT-3 (рис. 2), также оснащенного многоканальным цифровым приемником, фазометрами и плоской ортогональной антенной решеткой X-диапазона для приема и обработки сигналов как навигационных РЛС, так и других корабельных РЛС X-диапазона [6, 7].

Применяется четырехмодульная антенная решетка размером 56×62 см с шириной ДНА 10 гра-

*С целью изготовления непосредственно на орбите конструкций ортогональной антенной системы компании Magna Parva и Kleos создали бортовой прецизионный робототехнический комплекс с запасом сырья – углепластикового волокна и резины. Из них в ходе полета будут «выращиваться» штанги, на концах которых крепятся антенны. Эта технология получила название «пултрузия».*



Рис. 3. Зона обзора МКА NORSAT-3

дусов. Такая интерферометрическая система обеспечивает погрешность местоопределения РЛС в пределах 1 км. Для этого СУОС фактически совмещена с полезной нагрузкой и определяет положение и ориентацию МКА с точностью 15 м и 0,001 градуса соответственно. При боковом обзоре «под горизонт» с полярной орбиты или ССО высотой 550...650 км формируется зона обнаружения эллиптической формы размером 1400×450 км на дальностях до 2800 км (рис. 3). Комплексное применение аппаратуры РЭН и AIS повышает эффективность слежения за морской обстановкой в интересах как гражданских, так и военных потребителей. Планируется развертывание ОГ из четырех МКА.

МКА NORSAT-3 разработан на базе космической платформы NEMO-15 (вес 15 кг, размер 20×30×40 см), получившей летную квалификацию в составе МКА Hawk компании HE 360, а также в составе норвежских МКА AIS NORSAT-1, 2. В отличие от космической платформы МКА NSAT-1 платформа NEMO-15 обеспечивает рабочий ресурс МКА NORSAT-3 до 90 минут на каждом СВ, что позволяет вести наблюдение не только прилегающей к Норвегии акватории, но и морской обстановки в других регионах.

Замысел применения МКА NORSAT-3 состоит в одновременном наведении аппаратуры AIS и РЭН на заданные районы наблюдения [8].

Применение аппаратуры РЭН состоит в сканировании целевого района главным лучом ДНА. Цель сканирования состоит в максимизации покрытия этого района проекцией ДНА на морской поверхности. Для этого центральная ось ДНА в общем случае направляется под углом 27...35 градусов по отношению к местному горизонту на МКА при пролете над целевым районом. Предусмотрено также вращение МКА вокруг оси, совпадающей с направлением главного луча ДНА, для подстройки под прием сигналов РЛС с линейной поляризацией. На СВ, на которых трасса МКА проходит вблизи или непосредственно над целевым районом, сканирование ДНА заданного района возможно как на подлете, так и на отлете от него, как показано на рис. 4.

На СВ, на которых трасса МКА проходит на удалении от целевого района, сканирование ДНА неэффективно. Поэтому покрытие района осуществляется путем фиксированного наведения ДНА «под горизонт». За пределами рабочих участков при невключенной аппаратуре РЭН и AIS МКА функционирует в режиме постоянной солнечной ориентации.

Для обеспечения функционирования МКА NORSAT-3 на рабочих участках СУОС должна обеспечивать:

— трехосную ориентацию на рабочих участках с погрешностью не более 0,5 градуса (2);

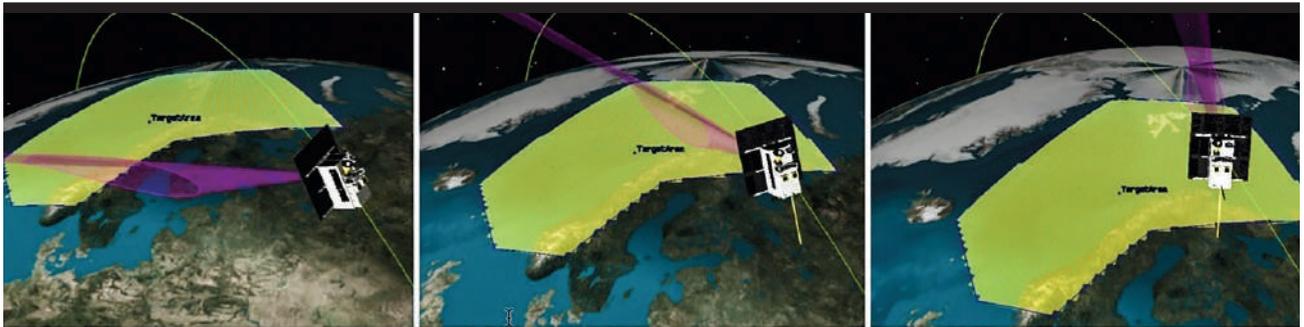
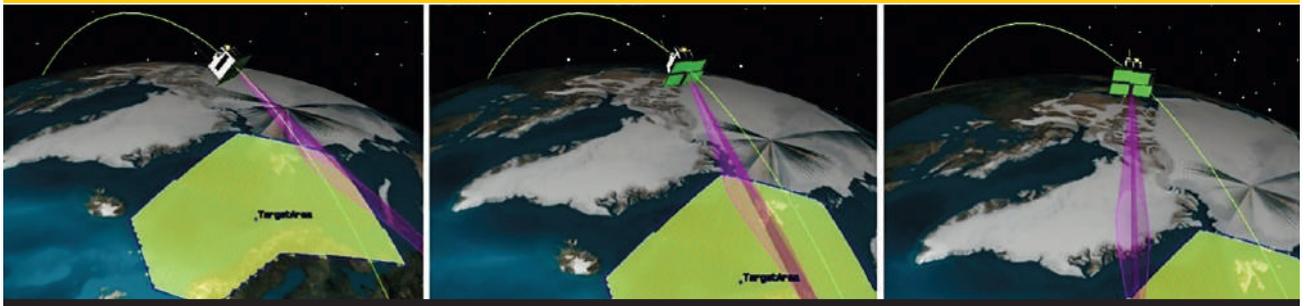


Рис. 4. Способы сканирования целевого района диаграммой направленности МКА NSAT-3



— динамическое наведение ДНА аппаратуры РЭН на наземные цели (районы) с поддержанием оси главного луча в пределах 5 градусов по отношению к местному горизонту на МКА;

— развороты на рабочем участке со скоростью до 1 градуса/сек;

— знание положения МКА на рабочем участке не хуже 10 м (1).

Следует отметить, что со стороны аппаратуры AIS особые требования к СУОС не предъявляются. Антенны канала AIS представляют собой четвертьволновые вибраторы длиной 46 см (частота 162 МГц) со всенаправленной ДНА.

Сброс информации о корабельных РЛС и данных системы AIS осуществляется на наземные центры в Вардё и Свальбарде непосредственно на витках с рабочими участками или на последующих СВ. Для обмена информацией с МКА NORST-3 на линии «вверх» применяется две радиолинии S-диапазона с GFSK. Одна из них — высокоскоростная — обеспечивает передачу командно-программной информации для полезной нагрузки со скоростью 32 кбит/сек и применяется на рабочих участках в режиме обеспечения трехосной ориентации и стабилизации. Радиолинии работают в диапазоне частот 2025...2110 МГц. На линии «вниз» для сброса информации аппаратуры РЭН применяется радиолиния S-диапазона с QPSK со скоростью 32...4096 кбит/сек.

Норвегия стремится стать космическим форпостом на северном морском направлении. Наряду с применением МКА AIS типа NORST-1, 2 и МКА РЭН типа NORST-3 на базе канадской космической платформы NEMO-15 разрабатывается МКА ОЭН NORST-4 и МКА с PCA для наблюдения за морской обстановкой (рис. 5) [9]. Норвегия также создала и развивает мощную наземную космическую инфраструктуру для приема, обработки и доведения пользователям различной информации. В целях дальнейшего развития норвежское космическое агентство заключило соглашение с французским агентством CNES о перспективных совместных способах применения МКА NORST-3 и последующих типов МКА для решения специальных задач [10].

Американский стартапный подход к созданию высокотехнологичных МКА нового поколения, рожденный новой космической революцией, находит применение и в европейских странах. Так две стартапные компании, Kleos и UnSeenLabs, ведут разработку уникальных МКА РЭН для наблюдения за морской обстановкой [11].

Разрабатываемый компанией Kleos МКА РЭН (рис. 6) будет осуществлять мониторинг сигналов спутниковой радиотелефонной связи, мобильной телефонной связи и связи между судами в море в диапазоне частот 150...1900 МГц, а также определять их местоположение с точностью до 1 км с доведением до 50 м. Одиночный МКА будет обеспечивать периодичность наблюдения 12...24 часа,



Рис. 5. Норвежские МКА для наблюдения за морской обстановкой



Рис. 6. МКА РЭН компании Kleos



Рис. 7. НаноКА РЭН компании UnSeen Labs

а ОГ из 10 МКА от 1 до 2,5 часа. Полученные данные об ИРИ будут накладываться на цифровые карты и космические снимки в среде ГИС и размещаться в банке геопрограммной информации AVI — Activity Based Intelligence [12].

Компания Kleos ведет разработку в кооперации с датской компанией ComSpace и британской компанией Magna Parva. Первая поставляет космическую платформу на базе Cubesat, а вторая ведет разработку ключевого технического решения — антенной системы, развертываемой в космосе. Планируется создание непосредственно на орбите гигантской ортогональной антенной системы, как показано на рисунке 6, с расстоянием между антеннами до 100 м. Это обеспечит высокую точность геолокации ИРИ разностно-дальномерным методом (РДМ). Изготовление необходимых для этого длинных, тонких и легких конструкций будет осуществляться на орбите. С этой целью компании Magna Parva и Kleos создали бортовой прецизионный робототехнический комплекс с запасом сырья — углепластикового волокна и резины. Из них в ходе полета будут «выращиваться» штанги (стержни), на концах которых крепятся антенны. Такая технология получила название «пултрузия» [13, 14]. В ходе испытаний наземного прототипа робототехнического комплекса достигнута скорость производства стержней 1 мм/сек. Это означает, что формирование антенной системы с длиной штанг 50 м может быть осуществлено примерно за 1,5 часа полета, а при последовательном их «вы-

ращивании» — за 6 часов полета. В настоящее время идет доводка наземного прототипа, реализующего технологию «пултрузия» до летного образца. В случае успеха МКА компании Kleos сможет осуществлять высокоточное — до 100 м — местоопределение корабельных ИРИ с использованием РДМ одним бортовым интерферометром, в то время как в традиционном варианте (например, разработка компании HE 360) для этого требуется формирование и поддержание на орбите БСГ из трех МКА с обеспечением высокоточной синхронизации их бортовых шкал времени. Компания планирует в 2022 году развернуть ОГ из 22 МКА с периодичностью наблюдения до 3 часов.

Компания Kleos создает свою собственную наземную инфраструктуру для предоставления потребителям симбиоза коммерческой геопрограммной информации и информации о РЭО. Поставка информации будет осуществляться на коммерческой основе по подписке государственным органам, бизнес-структурам и разведсообществу. В этих интересах компания Kleos стремится интегрировать свою инфраструктуру в наземную сеть, получившую название Five Eyes, известную также как «Разведывательный союз Англосферы» (Intelligence Alliance of Anglosphere), объединяющий Великобританию, США, Канаду, Австралию и Новую Зеландию [15]. Конечный информационный продукт будет представлять собой космический снимок и/или слой цифровой карты в ГИС с наложением на них

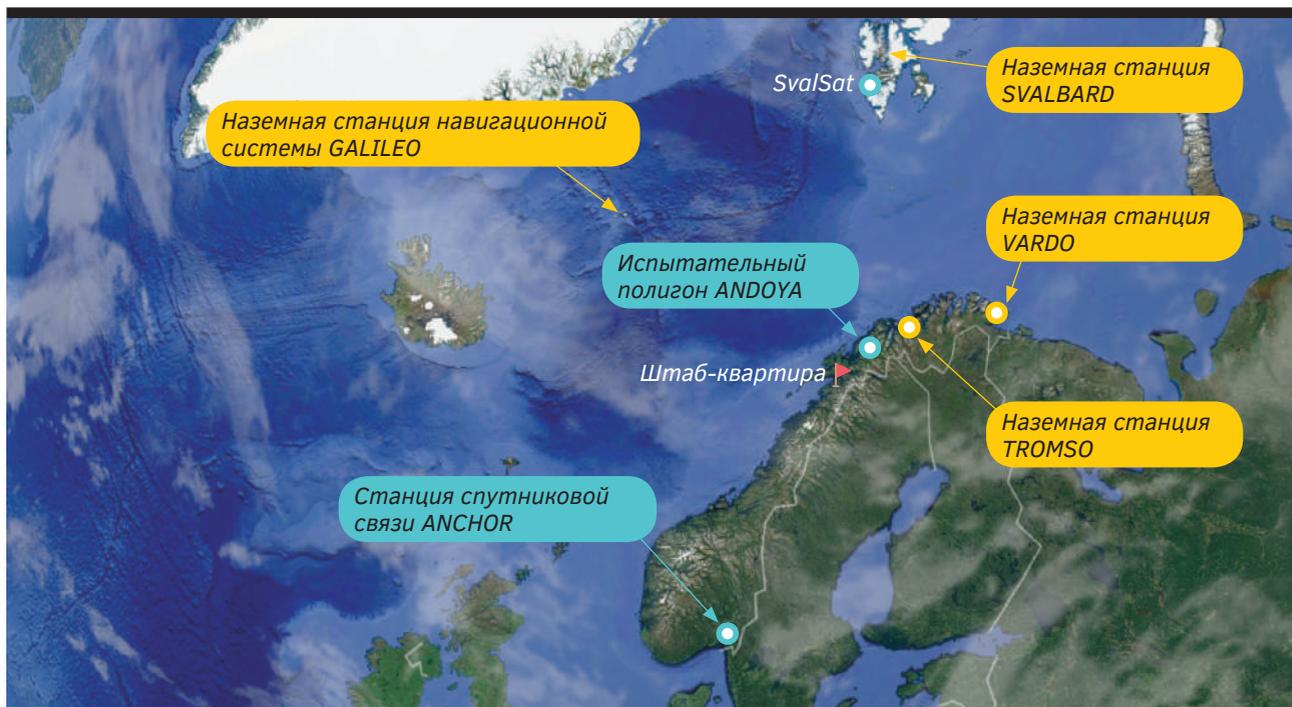


Рис. 8. Наземная космическая инфраструктура компании KSAT

данных о РЭО, отображающих местоположение и частоту излучения корабельных и других ИРИ как с существующими сигналами, так и с вновь появляющимися структурами с использованием СПО собственной разработки. Применение глобальной базы АВІ имеет целью сместить акцент с традиционной реакции на известные события на выявление ранее неизвестной деятельности. В первую очередь усилия будут направлены на слежение за морской обстановкой. Замысел простой, но надежный: если будет зафиксирован телефонный сигнал, например, в Атлантике, с координатами ИРИ, откуда не поступают сигналы AIS, то, следовательно, корабль совершает какие-то скрытые действия. Отметим, что данные о РЭО в форме геопространственной информации представляют практический оперативный интерес как для гражданских, так и для военных потребителей.

Во Франции на волне новой космической революции учреждена стартапная компания UnSeen Labs, ведущая разработку наноКА РЭН (рис. 7), предназначенного для обнаружения нарушителей радиообстановки и, в первую очередь, для наблюдения за морской обстановкой [16, 17]. Компания разработала усовершенствованную аппаратуру РЭН, обеспечивающую геолокацию и идентификацию корабельных ИРИ и выявление кораблей, не проявляющихся в системе

AIS. Важным элементом аппаратуры РЭН является антенная система, детали которой не раскрываются, но отмечается ее революционный характер. Космическую платформу под ключ поставляет датская компания ComSpace. Работы ведутся по контракту с Минобороны Франции и при содействии агентства CNES, одна из базовых компаний которого — NEXEYA — оказывает содействие как в создании наноКА, так и в реализации методов наблюдения за морской обстановкой. Компания NEXEYA известна по участию в создании КА РЭН по проекту CERES. Масса разрабатываемого наноКА 10...20 кг. Ожидается, что срок активного существования составит 3...4 года. Аппаратура РЭН будет обеспечивать точность определения координат ИРИ 5 км с высоты орбиты 550...650 км. Планируемая длительность включения аппаратуры РЭН на СВ 20 минут. ОГ в составе 20 наноКА обеспечит периодичность наблюдения 25 минут.

Замысел применения наноКА по проекту компании UnSeen Labs состоит в высокочастотном наблюдении морских зон особого внимания и в оперативной выдаче полученных данных о кораблях для наведения на них космических средств видового наблюдения, осуществляющих их съемку с разрешением, достаточным для идентификации и распознавания. Подобный замысел уже реализован компаниями HE 360 и Black Sky.

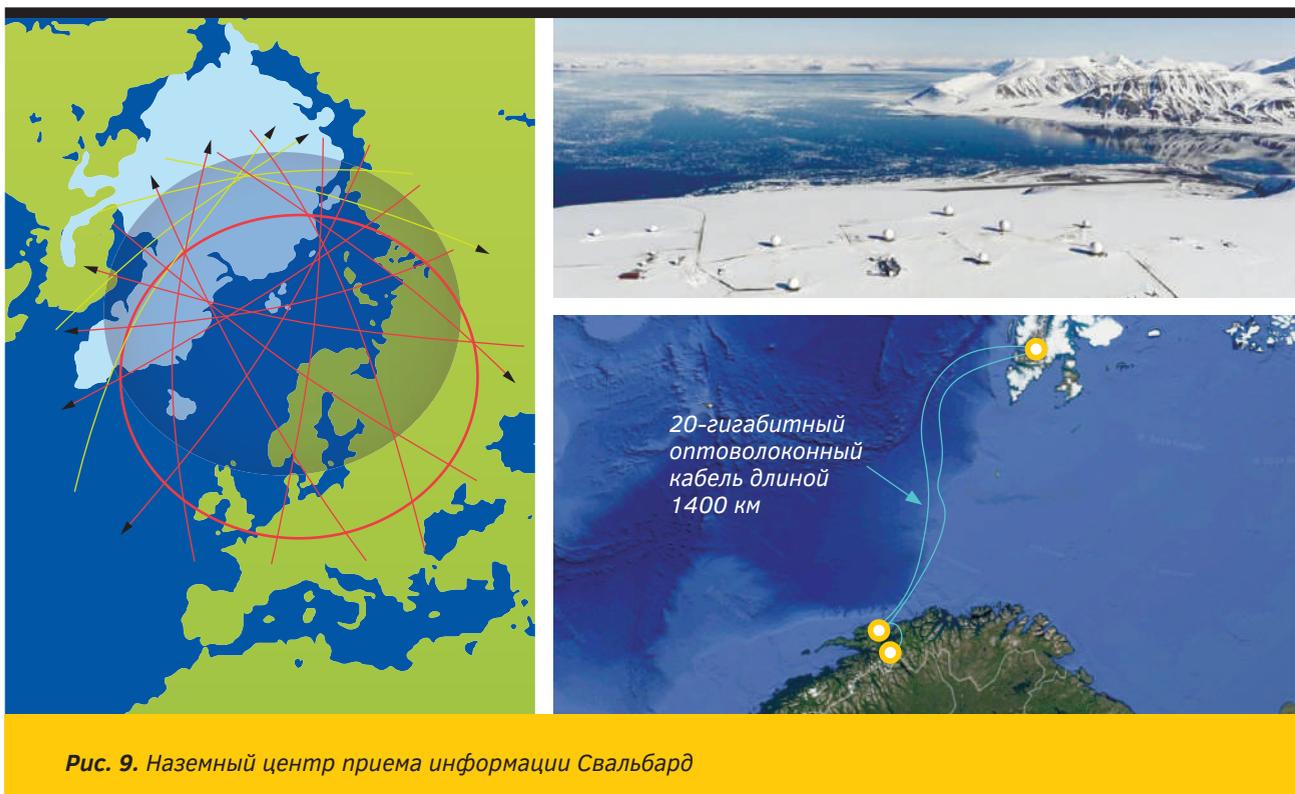


Рис. 9. Наземный центр приема информации Свальбард

## НАЗЕМНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА ДЛЯ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ КА, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИХ СЛЕЖЕНИЕ ЗА МОРСКОЙ ОБСТАНОВКОЙ

Компании XpressSAR, Capella Space, UrtheCast создают свои собственные наземные сегменты. Компания XpressSAR ориентируется на существующие американские центры приема и обработки информации, используя S- и X-диапазоны частот, предназначенные для спутниковой связи. Компания UrtheCast планирует развертывание наземного сегмента на базе облачной инфраструктуры AWS (Amazon Web Service). Дополнительно разрабатывается технология Web Platform в среде AWS для распределения информации и доведения ее до потребителей. Аналогичный подход к созданию наземного сегмента прорабатывает и компания Capella Space. Однако компания еще не определилась, какие наземные центры будут использоваться для приема и обработки информации.

Компания Kleos планирует интеграцию своего наземного сегмента, как уже отмечалось выше, непосредственно в сеть наземных центров Five Eyes.

Компании ICEYE, Stella Marine, HE 360, SFL/FFI, Spire, Iridium, а также Digital Globe, Cosmo-Skymed, DLR (TerraSAR-X, TANDEM-X), MDA (RADARSAT-2), ESA (SENTINEL, ENVISAT) и ряд других, ведущих

наблюдение на полярных орбитах и ССО, используют наземную инфраструктуру норвежской компании KSAT (рис. 8), располагающую наиболее развитой глобальной сетью наземных центров, в том числе самым большим в мире центром в арктической зоне (в Свальбарде) (рис. 9). Этот центр наиболее эффективен для приема информации с КА на полярных орбитах и ССО [19, 20]. Компания KSAT — ведущий мировой провайдер информации о морской обстановке, прежде всего в арктической зоне. Наземная инфраструктура KSAT — это 21 центр с 140 приемными антеннами. При этом наземные центры в Свальбарде, Тромсё, Гримстаде обеспечивают прием информации с КА в среднем через 30...60 минут после ее регистрации на борту. Современные возможности сети KSAT: заказ информации — за 12 часов до соответствующего включения полезной нагрузки, реализация заказа (включение полезной нагрузки) — через 0...80 минут после получения заказа, обработка информации — 5...30 минут после приема с КА, анализ информации — 5...30 минут после обработки, доставка информации — через 2 часа. Модернизация сети по программе Минобороны Норвегии позволит сократить время доставки информации до 15 минут. Компания KSAT также модернизирует свою сеть под возрастающий рынок коммерческой космической информации, получаемой с МКА нового поколения. По программе KSATLite создается 20 новых наземных центров.

В перспективе ожидается обслуживание 3290 КА с использованием 768 приемных антенн.

Компания ICEYE планирует также использование связной сети, создаваемой компанией Audacy [21], состоящей из трех КА на орбите высотой 14 000 км и трех наземных центров в Сан-Франциско, Сингапуре и Европе. Это первая коммерческая сеть межспутниковой ретрансляции, обеспечивающая непрерывный радиодоступ пользователей к низкоорбитальным КА. Наземные центры представляют собой шлюзы, через которые пользователи сети Audacy, приобретя пользовательское оборудование, смогут подключаться к сети через Интернет. Такая сеть предназначена для закладки на борт заявок на добывание и последующее предоставление РЛИ и другой космической информации в зашифрованном виде в масштабе времени, близком к реальному, что особенно важно для разведсообщества. Предусмотрено три способа подключения к сети Audacy:

- интеграция клиентского терминала в состав бортовой аппаратуры;
- адаптация бортовой аппаратуры передачи КА под интерфейс сети;
- перепрограммирование бортовой цифровой аппаратуры под протокол сети Audacy путем за-

кладки на борт программной вставки при условии, что бортовая антенна обеспечивает обмен информацией в диапазонах частот от S до V.

Клиентский бортовой терминал весит 0,8 кг, потребляет до 25 Вт, обеспечивает скорость передачи до 5 Мбит/сек в диапазонах частот Ku и S.

Сеть межспутниковой ретрансляции Audacy обеспечивает функционирование свыше 1000 пользователей одновременно при скорости передачи информации от 35 кбит/сек до 22 Мбит/сек. Для приоритетных пользователей (больших КА) возможна работа до 12 пользователей одновременно со скоростью до 4 Гбит/сек. Такая информационная сеть, по существу, рассматривается как альтернатива ретрансляционной сети на базе КА TDRSS применительно к условиям новой космической революции. Сеть исключает существующие перерывы в доступе к низкоорбитальным КА и дополнит существующую сеть наземных центров под развертывание многочисленных ОГ МКА нового поколения, включая рассмотренные выше МКА для наблюдения за морской обстановкой. В настоящее время у компании Audacy появились конкуренты: компании Kepler Communications и Analytical Space, планирующие создание аналогичных систем межспутниковой ретрансляции информации.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Масштабность средств наблюдения за морской обстановкой и высокие требования к ним привели к интенсификации разработок нового поколения КА с РСА и КА РЭН на коммерческой основе и к появлению на рынке космической информации новых стартапных компаний. Конструирование и производство КА на основе стартапов позволяет создавать международную кооперацию и использовать зарубежные научно-технические заделы как в части космических платформ, так и в части полезных нагрузок. Так, например, в рассматриваемых проектах используются наработки канадской компании SFL, датской компании GomSpace, наземная инфраструктура норвежской компании KSAT и др. В то же время разработка КА на основе стартапов, лицензированных государством, допускает использование рискованных инновационных технических решений и технологий, позволяющих при реализации получать ошеломляющие результаты. К числу таких результатов можно отнести антенные системы компаний Kleos, UnSeen Labs, Capella Space, двухчастотный радиолокатор компании UrtheCast, межспутниковую сеть ретрансляции компании Audacy и др.

Коммерческий характер рассмотренных проектов не препятствует их применению как в интересах коммерческих потребителей, так и в интересах государственных структур и разведсообщества. Ряд компаний — Hawk Eye 360, Kleos, XpressSAR, Capella Space, ICEYE, FFI — непосредственно взаимодействуют с соответствующими американскими и европейскими структурами. Заметным фактором повышения эффективности слежения за морской обстановкой в локальных зонах особого внимания становится применение ПКА, оснащенных РСА и аппаратурой РЭН.

Особо следует отметить использование наземной инфраструктуры норвежской компании KSAT, обеспечивающей даже без межспутниковой ретрансляции высокую оперативность доставки информации потребителям. Беспрецедентное наращивание этих возможностей ожидается за счет создания и применения, прежде всего в интересах разведсообщества, сети межспутниковой ретрансляции компании Audacy.

Статья имеет целью показать, что стартапы — своеобразная форма индивидуального производства в космической отрасли, лицензируемая государством, — получают все большее распространение не только в американской промышленности, но и в европейских странах, где до недавнего времени, как и у нас в стране, эта форма реализации космических проектов не находила понимания. Достигнутые результаты при реализации стартапов свидетельствуют о высокой результативности подобного подхода как для решения задач наблюдения за морской обстановкой, так и для решения других актуальных задач наблюдения с использованием космических средств.



## Литература

1. **Клименко Н. Н.** Современные низкоорбитальные космические аппараты для геолокации и идентификации источников радиоизлучения // Воздушно-космическая сфера. 2018. №2. С. 48-57.

2. GomSpace secures new innovation project from Innovation Fund Denmark. Available at: <http://mb.cision.com/Main/14387/2348817/724892.pdf> (Дата обращения: 06.08.2019).

3. **В. Т. Narheim, Т. Eriksen, G. K. Høye, Т. Wahl.** SSC01-I-4. A novel concept for monitoring of maritime traffic by micro-satellites. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/9ac0/d77873cb2789bce4de644857863a6d1785cc.pdf> (Дата обращения: 06.08.2019).

4. **G. K. Høye, Т. Eriksen, В. Т. Narheim, Т. Wahl.** Global Fisheries Monitoring from Small Satellites. Acta Astronautica. 2003. Vol. 52. No. 9. Pp. 825-828. Available at: <https://pdfslide.us/documents/global-fisheries-monitoring-from-small-satellites.html> (Дата обращения: 18.04.2019).

5. **Sagsvæn В. А.** Thermal and mechanical analyses for the NSAT-1 phase B study. Available at: <https://www.ffi.no/no/Rapporter/03-01407.pdf> (Дата обращения: 06.08.2019).

6. NORSAT-3 ship surveillance with a navigation radar detector. Available at: [https://www.ffi.no/no/Publikasjoner/Documents/FFI-Facts\\_NorSat\\_Engelsk\\_web.pdf](https://www.ffi.no/no/Publikasjoner/Documents/FFI-Facts_NorSat_Engelsk_web.pdf) (Дата обращения: 06.08.2019).

7. **Mancini M. A.** Design and testing of the NORSAT-3 microsatellite mission communications subsystem. Available at: [https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/91502/1/Mancini\\_Massimo\\_201811\\_MAS\\_thesis.pdf](https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/91502/1/Mancini_Massimo_201811_MAS_thesis.pdf) (Дата обращения: 18.04.2019).

8. **Magner R.** Extending the Capabilities of Terrestrial Target Tracking Spacecraft. Available at: [https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/91365/1/Magner\\_Robert\\_201811\\_MAS\\_thesis.pdf](https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/91365/1/Magner_Robert_201811_MAS_thesis.pdf) (Дата обращения: 06.08.2019).

9. **Nilsson S.** Norwegian MoD Space Program. <https://soff.se/wp-content/uploads/2018/05/B.-Stig-Nilsson.pdf> (Дата обращения: 18.04.2019).

10. France-Norway space cooperation CNES and NSC sign new partnership agreement in the presence of the Queen of Norway. Available at: [https://article.wn.com/view/2018/09/24/FranceNorway\\_space\\_cooperation\\_CNES\\_and\\_NSC\\_sign\\_new\\_partner/](https://article.wn.com/view/2018/09/24/FranceNorway_space_cooperation_CNES_and_NSC_sign_new_partner/) (Дата обращения: 06.08.2019).

11. Radio sensor nanosatellites opening new opportunities. Space IT Bridge. Available at: <https://www.spaceitbridge.com/radio-sensor-nanosatellites-opening-new-opportunities.htm> (Дата обращения: 06.08.2019).

12. **C. P. Atwood.** Activity-Based Intelligence: Revolutionizing Military Intelligence Analysis. Available at: [https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-77/jfq-77\\_24-33\\_Atwood.pdf](https://ndupress.ndu.edu/Portals/68/Documents/jfq/jfq-77/jfq-77_24-33_Atwood.pdf) (Дата обращения: 08.08.2019).

13. Technology introduction. In Space Manufacturing. Available at: <https://inspacemanufacturing.com/portfolio/technology-concept> (Дата обращения: 06.08.2019).

14. Specification. In Space Manufacturing Available at: <https://inspacemanufacturing.com/portfolio/specification> (Дата обращения 18.04.2019).

15. KLEOS Space prepares to launch its nanosatellite mission on the ASX. Available at: <https://smallcaps.com.au/kleos-space-prepares-launch-nanosatellite-mission-asx/> (Дата обращения: 06.08.2019).

16. Unseenlabs – The bright sight. Available at: <https://unseenlabs.space/> (Дата обращения: 06.08.2019).

17. Nexeya conquering space with UnSeenLabs. Available at: <http://www.nexeya.com/nexeya-conquering-space-with-unseenlabs> (Дата обращения: 06.08.2019).

18. **Franke A., et.al.** Emitter Location & Maritime Target Detection // HAPS4ESA2019 Workshop, Leiden, Netherlands, 12-14.02.2019, poster presentation.

19. ICEYE Announces Agreement with KSAT for Maritime and Ice Monitoring Data. Available at: <https://www.iceye.com/press/press-releases/iceye-announces-agreement-with-ksat-for-maritime-and-ice-monitoring-data> (Дата обращения: 06.08.2019).

20. HawkEye360 selects KSAT to provide Ground Station Services for Pathfinder mission. Available at: [www.kongsberg.com/HawkEye360SelectsKSATtoProvideGroundStationServicesforPathfinderKSAT-KongsbergSatelliteServices](http://www.kongsberg.com/HawkEye360SelectsKSATtoProvideGroundStationServicesforPathfinderKSAT-KongsbergSatelliteServices) (Дата обращения: 08.08.2019).

21. ICEYE signs inter-satellite comm deal with Audacy. Space IT Bridge. Available at: <https://www.spaceitbridge.com/iceye-signs-inter-satellite-comm-deal-with-audacy.htm> (Дата обращения: 06.08.2019).

## References

1. **N. N. Klimenko.** Sovremennyye nizkoorbitalnyye kosmicheskiye apparaty dlya geolokatsii i identifikatsii istochnikov radioizlucheniya // Jurnal "Vozdushno-kosmicheskaya sfera", №2(95), 2018, pp. 48-57.

2. GOMSPACE secures new innovation project from Innovation Fund Denmark. Available at: <http://www.mb.cision.com/main/14387/2201412/636040.pdf> (Retrieval date: 06.08.2019).

3. **Narheim B. T.** A novel concept for monitoring of maritime traffic by micro-satellites. SSC 01 – I -4. Available at: <https://pdfs.semanticscholar.org/9ac0/d77873cb2789bce4de644857863a6d1785cc.pdf> (Retrieval date: 06.08.2019)

4. **Høye G. K.** Global fisheries monitoring from small satellites // Acta Astronautica, № 52, 2003, p.p. 825-828. Available at: <https://docslide.us/global-fisheryings-monitoring-from-small-satellites.htr> (Retrieval date: 18.04.2019).

5. **Sagsvæn В. А.** Thermal and mechanical analysis for NSAT-1 Phase-B study. Available at: <https://www.ffi.no/no/Rapporter/03-01407/pdf> (Retrieval date: 06.08.2019).

6. NORSAT-3 ship surveillance with navigation radar detector. Available at: [https://www.ffi.no/no/Publikasjoner/Documents/FFI-Facts\\_NorSat\\_Engelsk\\_web/pdf](https://www.ffi.no/no/Publikasjoner/Documents/FFI-Facts_NorSat_Engelsk_web/pdf) (Retrieval date: 06.08.2019).

7. **Manchini M. A.** Design and testing of the NORSAT-3 microsatellite mission communications subsystem. Available at: [https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/91502/1/Mancini\\_Massimo\\_201811\\_MAS\\_Thesis.pdf](https://tspace.library.utoronto.ca/bitstream/1807/91502/1/Mancini_Massimo_201811_MAS_Thesis.pdf) (Retrieval date: 18.04.2019).

8. **Magner R. A.** Extending the capabilities of terrestrial target tracking spacecraft. Available at: <https://www.google.ru/url?sa=t&rct=j&q=&esr=s&source=web&CD=1&ved=2ahUKewiY1pfr05LhAhXFIYskHQ9N> (Retrieval date: 06.08.2019).

9. Colonel Stig Nilsson. Norwegian MoD Space program. Available at: <https://soff.se/wp-content/uploads/2018/05/B.-Stig-Nilsson.pdf> (Retrieval date: 18.04.2019).

10. France-Norway cooperation: CNES and NSC sign new partnership agreement in the presence of the Queen of Norway. Available at: <http://presse.cnes.fr>France-Norway-cooperation> (Retrieval date: 06.08.2019).

11. Radio sensor nanosatellites opening new opportunities – Space IT Bridge. Available at: <http://www.spaceitbridge.com> (Retrieval date: 06.08.2019).

12. ABI applications. Available at: <https://becos.space/global-abi/Abi-Applications/2019> (Retrieval date: 08.08.2019).

13. Technology introduction | In Space Manufacturing. Available at: <https://inspacemanufacturing.com/portfolio/technology-concept> (Retrieval date: 06.08.2019).

14. Specification | In Space Manufacturing. Available at: <https://inspacemanufacturing.com/portfolio/specification> (Retrieval date: 18.04.2019).

15. KLEOS Space prepares to launch its nanosatellite mission on the ASX. Available at: <http://www.smallcaps.com.au>KLEOSSpaceprepareslaunchitsnanosatellitemissionontheASX> (Retrieval date: 06.08.2019).

16. Unseenlab – The Bright Sight. Available at: <http://unseenlab.space> (Retrieval date: 06.08.2019).

17. Nexeya conquering space with Unseenlab. Available at: <http://www.nexeya.com>nexeya-conquerig-space-with-unseenlabs> (Retrieval date: 06.08.2019).

18. **Franke A., et.al.** Emitter Location & Maritime Target Detection//HAPS4ESA2019 workshop, Leiden, Netherlands, 12-14.02.2019, poster presentation.

19. ICEYE announces agreement with KSAT for maritime and ice monitoring data. Available at: <https://Kongsberg.com>ICEYEannouncesAgreementwithKSATforMaritimeandIceMonitoringData> (Retrieval date: 06.08.2019).

20. HawkEye 360 Selects KSAT to provide Ground Station Service for Pathfinder Mission. Available at: [www.ksat.no>HawkEye360SelectsKSATtoProvideGroundStationServicesforPathfinderMission](http://www.ksat.no>HawkEye360SelectsKSATtoProvideGroundStationServicesforPathfinderMission) (Retrieval date: 08.08.2019).

21. ICEYE signs intersatellite comm deal with AUDACY. Available at: [www.spacebridge.com>ICEYEsignsintersatellitecommdealwithAUDACY](http://www.spacebridge.com>ICEYEsignsintersatellitecommdealwithAUDACY) (Retrieval date: 06.08.2019).

© Клименко Н.Н., Занин К.А., 2019

**История статьи:**  
Поступила в редакцию: 12.06.2019  
Принята к публикации: 07.07.2019

**Модератор:** Плетнер К. В.  
**Конфликт интересов:** отсутствует

**Для цитирования:**  
Клименко Н. Н., Занин К. А. Новое поколение космических аппаратов для наблюдения за морской обстановкой // Воздушно-космическая сфера. 2019. №3. С. 82-93.