

SPACE PILOT OF THE NUCLEAR-POWERED VESSELS (on the 30th anniversary of the «Kosmos-1500» satellite launch)

Pustovoytenko V.V.¹, Terekhin Yu.V.¹, Stanychny S.V.¹,
Tsymbal V.N.², Yefimov V.B.², Kurekin A.S.², Yermolov P.P.³
¹*Marine Hydrophysical Institute National Academy of Sciences of Ukraine*
2, Kapytanskaya Str., Sevastopol, 99011, Ukraine
Ph.: (+38 069) 2545065, e-mail v2pust@mail.ru
²*Usikov Institute of Radiophysics and Electronics of NAS of Ukraine,*
12, Ac. Proskury Str., Kharkov, 61085, Ukraine
Ph.: (+38 057) 7203412, e-mail: sey59@mail.ru
³*Sevastopol National Technical University*
33, Universitetskaya Str., Sevastopol, 99053, Ukraine
e-mail: 10.99057@gmail.com

Abstract — History of the creation of the first national oceanographic radar satellite "Kosmos-1500" is considered.

«КОСМИЧЕСКИЙ ЛОЦМАН АТОМОХОДОВ». (к 30-летию запуска космического аппарата «Космос-1500»)

Пустовойтенко В. В.¹, Терехин Ю. В.¹, Станичный С. В.¹,
Цымбал В. Н.², Ефимов В. Б.², Курекин А. С.², Ермолов П. П.³
¹*Морской гидрофизический институт НАН Украины*
ул. Капитанская 2, Севастополь, 99011, Украина
тел.: (+38 069) 2545065, e-mail: v2pust@mail.ru
²*Институт радиофизики и электроники им. А. Я. Усикова НАН Украины*
ул. Ак. Проскуры 12, Харьков, 61085, Украина
тел.: (+38 057) 7203515, e-mail: sey@ire.kharkov.ua
³*Севастопольский национальный технический университет*
ул. Университетская, 33, Севастополь, 99053, Украина
e-mail: 10.99057@gmail.com

Аннотация — Рассматривается история создания первого отечественного радиолокационного океанографического космического аппарата «Космос-1500».

I. Введение

В истории страны (СССР) 1983 год был богат резонансными событиями: свое 65-летие отметили Вооруженные Силы СССР, 60-летие отметил Аэрофлот, 50 лет назад совершил полет в стратосферу стратостат «СССР-1», свое 200-летие отпраздновал Севастополь. Много тревог пришлось на сентябрь: 1 сентября в воздушном пространстве СССР был сбит «Боинг-747» южнокорейской авиакомпании *Korean Air Lines* (рейс *Korean Air 007, KAL007*), спустя несколько дней (26 сентября) системой ПВО был «обнаружен запуск» пяти баллистических ракет «Минитмен» и только выдержка и высокий профессионализм оперативного дежурного позволили избежать катастрофических последствий¹.

На фоне этих и других событий практически незаметным² стал запуск 28 сентября на орбиту искусственного спутника Земли (ИСЗ) космического аппарата (КА) «Космос-1500»³.

¹ 19 января 2006 г. в Нью-Йорке в штаб-квартире ООН С. Петрову была вручена специальная награда «Ассоциации граждан мира» — хрустальная статуэтка с надписью: «Человеку, который предотвратил ядерную войну».

² В те годы запуски ИСЗ были привычным событием. Только «Космос'ов» в 1983 г. запущено более ста единиц.

³ Другое его название — «Океан-ОЗ №1» — Океан, оперативный, экспериментальный № 1.

Вместе с тем, его запуск стал заметным событием в развитии отечественной океанографической науки, своеобразным итогом многолетнего напряженного труда радиофизиков Института радиофизики и электроники (ИРЭ) АН УССР, океанологов Морского гидрофизического института (МГИ) АН УССР, инженеров-исследователей ВУЗов Украины, разработчиков космических аппаратов и систем (КБ «Южное»), специалистов многих-многих других проектных, конструкторских и промышленных организаций.

Представляет интерес вернуться к событиям тридцатилетней давности, к истории создания первого отечественного радиолокационного океанографического КА.

II. Космические радиофизические системы дистанционного зондирования Земли. Первые шаги

К концу 60-х — началу 70-х годов (уже прошлого века) в мировой океанографической науке сложилось понимание необходимости широкого использования в исследованиях новых технологий, в том числе — неконтактных, радиофизических, позволяющих получать качественно новую информацию и охватывать квазисинхронными наблюдениями обширные акватории Мирового океана, включая и труднодоступные его районы.

К этому же времени был установлен механизм рассеяния радиоволн морской поверхностью, изуче-

ны основные закономерности этого явления и завершено построение физической теории формирования радиолокационных (РЛ-) сигналов статистически шероховатыми поверхностями. Примечательно, что ведущая роль в этом принадлежит украинским ученым — представителям харьковской школы радиофизики [1, 2]. Это позволило с единых позиций рассматривать процесс формирования РЛ-сигнала взволнованной морской поверхностью в различных условиях ее наблюдения и дешифровать получаемую при РЛ-зондировании морской поверхности информацию и развить, на границе радиолокации и океанографии новое направление — радиоокеанографию [3].

В области морских наук в этот период, наряду с вероятностным описанием морского волнения, внедрялись спектральное описание, методы количественного анализа и математического моделирования природных процессов. Морские науки и технологии уверенно стали на путь использования возможностей космических средств и систем для информационного обеспечения широкого спектра выполняемых научно-исследовательских и прикладных работ. Перечислим некоторые вехи этого пути:

— в 1966 г. в СССР начата разработка орбитальной станции (ОС) «Алмаз-А», оснащенной РЛС «Меч-А» с синтезированием апертуры приемной антенны (РСА). РСА «Меч-К» была установлена на борту КА «Космос-1870» (запущен в 1987 г.). Ее усовершенствованный вариант — «Меч-КУ», — устанавливался на борту ОС «Алмаз-1» (запущена в 1991 г.). Было достигнуто пространственное разрешение РЛ-снимков 10–15 м [5];

— на борту КА «Космос-243» (запущен в 1968 г.) и «Космос-384» (запущен в 1970 г.) выполнен эксперимент, продемонстрировавший высокие потенциальные возможности радиофизических систем (радиометров) при определении характеристик морских акваторий (см., например, [6, 7]);

— на борту орбитальной станции «Skylab», запущенной в 1973 г., выполнен эксперимент *EREP* (*Earth Resources Experiment Package*), подтвердивший высокую эффективность РЛ-систем как средств наблюдения Мирового океана из космоса [8];

— в период с 1975 по 1988 гг. функционировала система морской космической разведки и целеуказания (МКРЦ) «Легенда» [9], одним из элементов которой был КА, оснащенный РЛ-системой «Чайка» [5];

— в США в 1976 г. началась реализация программы «*Indigo*», завершившаяся созданием КА РЛ-видовой разведки «*Lacrosse*»⁴ [5, 10];

— в 1978 г. запущен океанографический КА «*SeaSat*» [11], оснащенный, в том числе, и многофункциональным РЛ-комплексом: скаттерометром, альтиметром и РЛС с синтезированием апертуры приемной антенны. РСА обеспечивала наблюдение морской поверхности (и надводных целей) в полосе шириной 100 км при пространственном разрешении 25 × 25 м. Из 99 суток работы КА 42 часа заняла РЛ-съемка морских акваторий. Синтез РЛ-изображений осуществлялся, преимущественно, с помощью оптических систем (процессоров). Примерно 10% изображений синтезировано с помощью цифрового процессора [5].

⁴ В литературе встречается гипотеза о том, что запуск РСА на борту КА «*SeaSat*» был одним из этапов натурной отработки РСА для КА «*Lacrosse*».

III. Оперативная система «Океан». Космический аппарат «Космос-1500»

Разработка отечественных океанографических космических аппаратов начата в 1974 г. по инициативе КБ «Южное» выполнением эксперимента «Океан-Э» на борту КА «Космос-1076» и «Космос-1151», запущенных, соответственно, в 1979 и 1980 гг. [12 — 14].

Инициатива КБ «Южное» была развита в 1977 г. решением о разработке и создании государственной космической эксплуатационной системы исследования природных ресурсов Земли «Ресурс» в составе трех подсистем: неоперативной «Ресурс-Ф» и оперативных «Ресурс-О» (на основе ИСЗ «Метеор-Природа») и «Океан» (на основе КА серии «Целина» [13]).

Создание комплекса ДЗЗ для КА подсистемы «Океан»⁵ осуществлялось прежде всего в интересах Госкомгидромет'а и Управления гидрографии ВМФ СССР, а основными задачами являлись: оперативный мониторинг поля приводного ветра над морскими акваториями и ледовая разведка в приполярных районах. При этом преимущество было отдано Арктике, для чего полоса обзора комплекса была расположена слева от трассы КА⁶.

На КБ «Южное» была возложена ответственность за создание и последующую эксплуатацию КА в целом; на МГИ АН УССР — ответственность за создание комплекса аппаратуры ДЗЗ в целом и научное руководство океанографическими работами; на ИРЭ АН УССР — ответственность за создание комплекса радиофизической аппаратуры и научное руководство радиофизическими океанографическими работами⁷.

История создания КА «Космос-1500» не была простой и гладкой. Если научно-методическая база применения РЛ-аппаратуры для наблюдения Океана из космоса не вызвала никаких сомнений, то необходимость создания не макетов, а экспериментальных образцов аппаратуры, работающей в космическом пространстве была встречена с некоторым опасением. По крайней мере, определенное влияние оказывала ситуация, возникшая в 1940 г., когда после испытаний созданного в УФТИ (Украинский физико-технический институт) макета трехкоординатной РЛС «Зенит» был выдвинут ряд претензий по ее характеристикам, не обозначенным ранее в техническом задании [15, 16] и свойственным опытным образцам.

Кроме того, производственные подразделения академических институтов (мы говорим о Специальных конструкторско-технологических бюро и опытных производствах ИРЭ и МГИ АН УССР) практически не имели опыта создания опытных образцов радиоэлектронной аппаратуры, предназначенной для работы в условиях космического пространства.

Потребовались значительные усилия для убеждения скептиков в возможности решения этой задачи.

Возникали и преодолевались «технические» проблемы — отсутствие в академических организациях

⁵ Фактически речь идет о комплексе радиофизической аппаратуры ДЗЗ (РФА): радиолокационной станции бокового обзора (РЛС БО) и сканирующем радиометре 8-мм диапазона (РМ08).

⁶ В последующем, на КА «Океан-О» было установлено два комплекта РФА, что позволяло охватить наблюдениями и высокоширотные районы Антарктиды.

⁷ Безусловно, решение столь сложной задачи потребовало объединения усилий не только КБ «Южное», МГИ и ИРЭ АН УССР, но и множества других организаций. Однако, даже их простое перечисление заняло бы непозволительно много места.

Украины необходимого испытательного оборудования — испытания проводились на испытательной базе Южного машиностроительного завода, требуемого станочного парка — только на одном из машиностроительных заводов Харькова был найден станок, позволивший с требуемой точностью изготовить волноводно-щелевую антенну и т.д.

При разработке комплекса ДЗЗ оперативных океанографических КА пожалуй впервые было предложено использовать синхронное зондирование подстилающей поверхности с помощью РЛС БО, РМ08 и многоканального сканера МСУ-М, что значительно расширяло количество дешифровочных признаков в получаемых изображениях. Для удобства работы были согласованы между собой их полосы обзора, пространственное разрешение МСУ-М и РЛС БО (размер элемента разрешения РМ08 составлял примерно 25×25 км) и частота съемки.

Высокая оперативность системы обеспечивалась как независимостью получения радиофизической информации от условий освещенности, времени суток, наличия облачности и т.д., так и обработкой информации на борту КА в реальном времени и ее передачей по радиоканалу международного стандарта АРТ на развитую наземную сеть стационарных и автономных приемных пунктов, которых в те годы (начало 80-х годов) только на территории СССР существовало более 500.

По мере приближения сроков запуска КА совершенно неожиданно возникло и все более усиливалось активное противодействие со стороны ведущих специалистов ИРЭ АН СССР, ГосНИЦИПР (координатор работ в области ДДЗ), НИИП (ныне РНИИ КП), ААНИИ (Ленинград) и др. Утверждалось, что разрабатываемая РЛС БО не имеет достаточного энергетического потенциала для наблюдения морской поверхности, поверхности ледовых полей и т.д. Что она имеет недостаточное для мониторинга морских акваторий пространственное разрешение — заметим, что по этому параметру РЛС БО сопоставима с популярным у океанологов в те годы (да и в настоящее время) сканером AVHRR, работающим на борту метеорологических КА серии «NOAA», а так же со сканерам МСУ-М (НИИП), работавшими на борту КА «Метеор» и «Метеор-Природа».

Удивительно то, что эти же специалисты активно поддерживали работы по созданию РЛС БО КА «Космос-1500» в их начальных фазах [17].

Не вдаваясь в подробности, отметим, что, несмотря на противодействие, о причинах которого можно только догадываться, КА «Космос-1500» был запущен 28 сентября 1983 г.

А последующие события полностью подтвердили правоту его создателей. К моменту запуска КА на Северном морском пути сложилась трагическая ситуация — в районе пролива Лонга (по року судьбы в этом же районе полвека назад произошла трагедия с пароходом «Челюскин») был зажат караван из 22-х судов с грузами, необходимыми для обеспечения зимовки жителей Чукотки. Один из транспортов был уже утерян, а второй имел обширную пробойну выше ватерлинии. И, в перспективе, ситуация могла завершиться потерей всего каравана.

В условиях полярной ночи КА «Космос-1500» оказался единственным средством, способным регулярно давать обзорную информацию о структуре ледовых полей в регионе. Было принято беспрецедентное решение — досрочно прекратить «испытания Главного конструктора» и нацелить КА на контроль региона.

Первые же РЛ-снимки показали, что ситуация не столь трагична. В 100 км севернее о. Врангеля была обнаружена обширная зона, покрытая тонким льдом. Была выявлена и ведущая к ней система трещин.

Руководство Главсевморпути не сразу поверило полученной информации и только под мощным давлением со стороны радиофизиков провело целенаправленную разведку района, подтвердившую достоверность космической информации. Таким образом, был спасен караван судов с грузом стоимостью (в ценах тех лет) около 8 млрд. долларов, предотвращены тяжелейшие последствия для жителей Чукотки. Спасательная операция продемонстрировала практическую эффективность обзорных космических РЛ-систем, а КА «Космос-1500» получил неофициальное название «Космический лоцман атомоходов».

Не случайно в последующие годы обзорный режим стал одним из обязательных режимов работы в РСА зарубежных космических систем.

В 1985 г. ситуация повторилась уже вблизи Антарктиды, где в ледовом плену оказалось экспедиционное судно «Михаил Сомов». Ему на выручку был послан ледокол «Владивосток». А его «лоцманом» вновь стал «Космос-1500» — кстати, уже выработавший к тому времени свой гарантийный ресурс.

Эффект был настолько впечатляющим, что было принято несколько весьма важных решений:

- во-первых, об организации в кратчайшие сроки промышленного производства радиофизического комплекса, что стало, пожалуй, самым быстрым внедрением и использованием в народном хозяйстве страны «академической» разработки;

- во-вторых, о принятии космической подсистемы «Океан» в опытную эксплуатацию. Запускаемые КА получали наименование «Океан-О1» — оперативный, первого этапа;

- наконец-то была снята «завеса молчания» вокруг КА «Космос-1500». О нем стали писать в газетах, говорить в телевизионных передачах.

* * *

Разработка океанографической системы «Океан» была отмечена Государственной премией СССР, Государственной премией УССР, Премией ЦК ВЛКСМ, ее создатели награждены орденами и медалями СССР, КА «Космос-1500» стал элементом экспозиции павильона «Космос» на ВДНХ СССР (см. рисунок).

Мы не будем детально обобщать здесь результаты работы КА «Космос-1500» и последовавших за ним КА «Космос-1766»/«Океан»/«Січ». Их анализ и обобщение можно найти, например, в статьях, опубликованных в разных выпусках журнала «Исследование Земли из космоса», в монографиях (см., например [19, 20]), трудах конференций (см., например [21]) и т.д.

* * *

Четкое понимание физики формирования РЛ-изображений позволило успешно использовать получаемую космическую информацию в различных областях наук о Земле — в частности, при экологическом мониторинге территории Украины: в 1987 и 1999 гг. на основе спутникового РЛ-наблюдения территории Украины (КА «Космос-1766» и «Січ-1» соответственно) удалось установить реальную картину снеготаяния и предотвратить планировавшийся сброс воды из водохранилищ Днепроовского каскада, избежав таким образом масштабной экологической катастрофы в бассейне Днепра [20, 22].



Рис. 1. КА «Космос-1500» в павильоне «Космос»
Выставки достижений народного хозяйства (ВДНХ) СССР.

Fig. 1. "Kosmos-1500" satellite in the exhibition hall
"Space" of the Exhibition of Achievements of National
Economy (VDNKh) of the USSR

III. Заключение

В заключение отметим, что за прошедшие после ввода в эксплуатацию КА «Космос-1500» неполных три десятилетия было запущено 10 океанографических КА РЛ-наблюдения, в том числе: КА «Сич-1» (1995 г.), «Океан-О» (1999 г.) и «Сич-1М» (2004 г.). За эти годы характеристики РЛС БО претерпели заметные изменения — в частности, ширина ее полосы обзора была увеличена с 450 км до 700 км при пространственном разрешении 800 м [20, 22].

Участие в создании системы «Океан» академических институтов стало мощным стимулом для развития в них нового направления — спутниковой гидрофизики (океанологии) и экологии, для дальнейших широкомасштабных исследований закономерностей и особенностей формирования информационных сигналов различными видами подстилающей поверхности (см., например [20, 23], для создания наземной инфраструктуры, включая экспериментальные подспутниковые полигоны, развития в них космического научного приборостроения.

В последние годы спутниковая информация нашла широкое использование так же в интенсивно развивающихся системах математического моделирования динамических явлений на поверхности и в толще морских вод, при прогнозировании развития гидрофизических (гидрологических) и экологических процессов в морской среде [24].

IV. References

- [1] Bass F.G., Fuks I.M., Kalmykov A.I., Ostrovsky I.Y., Rosenberg A.D. Very High Frequency Radiowave Scattering by a Disturbed Sea Surface, Parts I and II. *IEEE Trans. Antennas and Propagat.*, 1968, vol. AP-16. pp. 554-559 and pp. 560-568.
- [2] Басс Ф.Г., Фукс И.М. *Рассеяние волн на статистически неровной поверхности*. М.: Наука. 1972. 424 с.
- [3] *Радиоокеанографические исследования морского волнения* / под. ред. Брауде С.Я. Киев.: Изд. Ан УССР. 1962. 116 с.
- [4] Басс Ф.Г., Брауде С.Я., Калмыков А.И., Мень А.В., Островский И.Е., Пустовойтенко В.В., Розенберг А.Д., Фукс И.М. Методы радиолокационных исследований морского волнения (радиоокеанография). *Успехи физических наук*. 1975. т. 116, вып. 4. С. 741-743.
- [5] Verba V.S., Neronskiy L.B., Osipov I.G., Turuk V.E. *Spaceborne Earth Surveillance Radar Systems*. Edited by Prof. V.S. Verba. (Scientific series «Air, Space and Earth Surface Monitoring Systems», editor of series Prof. V.S. Verba). Moscow, Radiotekhnika, 2010. 680 p.
- [6] Башаринов А.Е., Гурвич А.С., Егоров С.Т. *Радиоизлучение Земли как планеты*. М.: Наука. 1974. 188 с.
- [7] Gurvich A.S., Kutuza B.G. «Kosmos-243» — pervyy v mire jeksperiment po issledovaniju Zemli iz kosmosa radiofizicheskimi metodami [“Cosmos-243” — the world's first experiment in the study of Earth from space radio-physical methods]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*, 2010, No 2, pp. 14-25.
- [8] Бэлью Л., Стулингер Э. *Орбитальная станция «Скайлэб»* / Сокр. пер. с англ., под общ. ред. д.ф.-м.н. Г.Л. Гродзовского. М., Машиностроение, 1977. 232 с.
- [9] Savin A.I., Zotov G.F., Petrushhenko Ju.E. *Sistema morskoy kosmicheskoy razvedki i celeukazaniya* [The system of marine space reconnaissance and target designation]. Available at: <http://www.navy.ru/science/sor7.htm> (accessed 15.04.2013).
- [10] Zapuski kosmicheskikh apparatov // *Novosti kosmonavтики*. 1997. vol. 7, No 22 / 163. Available at: <http://88.210.62.157/content/numbers/163/05.shtml> (accessed 10.04.2013).
- [11] Seasat. SeaSat (Seafaring Satellite) Mission. Available at: <https://directory.eoportal.org/web/eoportal/satellite-missions/s/seasat> (accessed 21.04.2013).
- [12] Konjuhov S.N., Dranovskij V.I. *Razrabotka sputnikov dlja distancionnogo zondirovaniya Zemli* [The development of satellites for remote sensing of the Earth]. Available at: <http://www.nkau.gov.ua/nsau/newsnsau.nsf/0/DA5A4E4C78630F8CC2256C36003A233E?OpenDocument&Lang=U> (accessed 05.04.2013).
- [13] *Призваны временем*. Т2. Ракеты и космические аппараты КБ «Южное» / Под общ. ред. Генерального конструктора, акад. НАН Украины С.Н. Конюхова. Днепропетровск.: Арт-Пресс, 2004. 232 с.
- [14] Нелепо Б.А., Арманд Н.А., Хмыров Б.Е. и др. Эксперимент «Океан» на искусственных спутниках Земли «Космос-1076» и «Космос-1151» // *Исследование Земли из космоса*. 1985, №3. С. 5-12.
- [15] Лобанов М.М. Развитие советской радиолокационной техники. М.: Воениздат. 1982. 239 с.
- [16] Костенко А.А., Носич А.И., Ранюк Ю.И. Предыстория Института радиофизики и электроники НАН Украины // *Наука та наукознавство*. 2005. № 4. С. 102-135.
- [17] Драновский В.И. Морской гидрофизический институт НАН Украины — флагман космической океанологии / в кн.: Борис Алексеевич Нелепо — ученый-созидатель. Севастополь. НПЦ «ЭКОСИ-ГИДРОФИЗИКА». 2012. С. 25-33.
- [18] Afanas'ev Ju.A., Nelepo B.A. Programma jeksperimentov na ISZ «Kosmos-1500» [The program of experiments on the satellite "Kosmos-1500"]. *Issledovanie Zemli iz kosmosa*. 1985, No3, pp. 3-9.
- [19] Mitnik L.M., Viktorov S.V. *Radiolokacija poverhnosti Zemli iz kosmosa*. Leningrad, Gidrometeoizdat, 1990, 200 p.
- [20] Konjuhov S.N., Dranovskij V.I., Cymbal V.N. *Radiolokacionnye metody i sredstva operativnogo distancionnogo zondirovaniya Zemli s ajerokosmicheskikh nositelej*. Kiev, NAN Ukrainy, 2007. 439 c.
- [21] Pustovoytenko V.V., Teryokhin Yu.V., Korotayev G.K., Tsimbal V.N., Yefimov V.B., Kurekin A.S., Dranovsky V.I., Kavelin S.S., Saltykov Yu.D., Yermolov P.P. Remote probing of sea waters stages and development (to the 30-years Anniversary of Native Satellite Oceanology). *17nd Int. Crimean Conf. «Microwave & Telecommunication Technology» (CriMiCo'2007)*. Sevastopol, 2007, pp. 10-25.
- [22] Tsimbal V.N. The Radiophysical Instruments of the Kosmos-1500 Satellite. The 25-th Anniversary of the Launch Date. *Issledovaniye Zemli iz kosmosa*, 2009, No 2. pp. 88-93.
- [23] Zapevalov A.S., Pustovoytenko V.V. About Estimation of Skewness of Sea Surface Elevations from Altimeter Measurements. *Issledovaniye Zemli iz kosmosa*, 2012, No 5, pp. 12-21.
- [24] Korotaev G.K., Ratner Yu.B., Bayankina T.M., Ivanchik M.V., Martynov M.V., Kholod A.L., Inushina N.V., Pryakhina S.F., Kubryakov A.I., V.M. Burdyugov V.M., Davydova E.P., Shokurov M.V., Barabanov V.S., Sytov V.M., Popov Y.I., Palamarchuk I.O., Neverovskyy I.P., Savter L.A., Ukrayinskyy V.V., Shchogoleva M.A. National module of the Black Sea forecast as an element of the european system. *Nauka ta innovatsii*, 2012, vol. 8, No 1, pp. 5-10.