

В.В.Пустовойтенко*, Ю.В.Терехин*, С.В.Станичный*,
А.С.Запевалов*, В.Н.Цымбал**, В.Б.Ефимов**,
А.С.Курекин**, П.П.Ермолов***, ****

**Морской гидрофизический институт НАН Украины, г.Севастополь*

***Институт радиофизики и электроники им. А.Я.Усикова НАН Украины, г.Харьков*

****Севастопольский национальный технический университет, г.Севастополь*

*****Крымский научно-технологический центр им. проф. А.С.Попова, г.Севастополь*

СПУТНИКОВЫЙ РАДИОЛОКАЦИОННЫЙ МОНИТОРИНГ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ. (К 30-ЛЕТИЮ ЗАПУСКА ОКЕАНОГРАФИЧЕСКОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА «КОСМОС-1500»)

Статья знакомит читателя с космической оперативной океанографической системой «Океан» и с основным источником получения океанографической информации – радиолокационной станцией бокового обзора (РЛС БО). Показана ведущая роль в ее создании специалистов Академии наук Украины.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *радиолокация, радиоокеанография, радиолокационная станция бокового обзора, дистанционное зондирование, Черное море, космический аппарат.*

Введение. Приход в область морских наук и технологий спутниковых методов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) стал революционным скачком, придавшим им, морским наукам, совершенно новые качества [1]:

– появилась возможность наблюдения в реальном (или близком к нему) времени практически любых районов Мирового океана;

– стал возможен переход от изучения *фрагментов* процессов и явлений, протекающих на поверхности Океана и в его глубинах, к их (процессов и явлений) изучению как *единого целого*;

– освоение в середине 70-х гг. прошлого столетия радиолокационных (РЛ-) технологий позволило проводить всепогодный мониторинг – наблюдать морскую поверхность независимо от условий ее освещенности, времени года и местных (в районе наблюдения) погодных условий;

– появление обширной информации нового качества стало мощным стимулом для выполнения дальнейших исследований в области физики и экологии моря, радиофизики и т.д.

В настоящее время ни один крупный проект в области ДЗЗ не обходится без использования РЛ-комплексов и систем в той или иной конфигурации [2].

28 сентября 1983 г. – три десятилетия назад, на орбиту искусственного спутника Земли (ИСЗ) был запущен космический аппарат (КА) «Космос-1500», оснащенный радиофизическим комплексом ДЗЗ. Для многих это был очередной запуск ИСЗ¹ и прошел он незамеченным. Хотя фактически этот запуск открывал, не побоимся этого слова, новую эпоху в развитии отечественной (да и мировой тоже) науки. На борту КА была установлена первая в отечественной практике *обзорная радиолокационная станция боко-*

© В.В.Пустовойтенко, Ю.В.Терехин, С.В.Станичный, А.С.Запевалов, В.Н.Цымбал, В.Б.Ефимов, А.С.Курекин, П.П.Ермолов, 2013

вого обзора (РЛС БО) «гражданского»² назначения, не имевшая в те годы себе равных по оперативности получения информации и массовости потенциальных ее потребителей³. Она работала в комплексе со сканирующим радиометром 8-мм диапазона (РМ08), многоканальным сканером малого разрешения МСУ-М⁴ и с другими средствами ДЗЗ. Определяющая роль в разработке и изготовлении РЛС БО принадлежит специалистам институтов Академии наук Украины – ИРЭ АН УССР и МГИ АН УССР, работавшим во взаимодействии с широкой кооперацией специалистов проектных, конструкторских и промышленных организаций и предприятий различных ведомств страны (в то время – СССР).

Статья знакомит читателя с космической оперативной океанографической системой «Океан-О» (в дальнейшем будем называть ее – система «Океан»), с обзорной РЛС БО, на многие годы ставшей основным элементом комплексов ДЗЗ отечественных океанографических КА, и с некоторыми результатами ее многолетней эксплуатации в составе системы «Океан».

Спутниковая океанографическая система «Океан». Отечественная оперативная космическая океанографическая система «Океан» создавалась усилиями трех «китов»:

– конструкторское бюро космических аппаратов и систем (КБ-3) конструкторского бюро «Южное» (КБЮ), которое отвечало за космический сектор системы (космический аппарат, ракетно-космический комплекс, наземный комплекс управления и т.д.);

– МГИ АН УССР (директор института – Б.А. Нелепо, ответственный исполнитель – Ю.В. Терехин), на который была возложена роль Головной организации, в целом ответственной за комплекс аппаратуры ДЗЗ океанографических КА системы «Океан» и за научно-методическое обеспечение ее работы (методика проведения мониторинга, контрольно-калибровочные средства и системы, подспутниковое обеспечение, разработка и изготовление экспериментальных образцов аппаратуры, анализ получаемой информации и т.д.);

– ИРЭ АН УССР (директор института – В.П. Шестопапов, ответственный исполнитель – А.И. Калмыков), на который была возложена роль Головной организации по комплексу радиофизической аппаратуры (РФА) (разработка и изготовление экспериментальных образцов РФА, их наземная отработка и научно-методическое сопровождение при эксплуатации и т.д.).

При этом было принято *беспрецедентное*, казавшееся далеко не однозначным, но ставшее единственноправильным, решение: разработку и изготовление нестандартной аппаратуры для океанографических измерений из космоса вести силами академических институтов, поручив конструкторско-технологическую разработку специальным конструкторско-технологическим бюро (СКТБ) институтов, а изготовление – опытным производствам (ОП).

Работы были начаты еще в 1974 г. по инициативе Главного конструктора КБ-3 В.М. Ковтуненко, поддержанной руководством КБЮ (Генеральный конструктор – В.Ф. Уткин). В последующем работами по созданию системы «Океан» на разных ее этапах руководили Главные конструкторы КБ-3 Б.Е. Хмыров, С.Н. Конюхов и В.И. Драновский.

Инициатива КБ «Южное» была поддержана правительственным Постановлением (1977 г.) о разработке и поэтапном вводе в эксплуатацию Государственной эксплуатационной космической системы исследования природных

ресурсов Земли «Ресурс» в составе трех подсистем: фотографической «Ресурс-Ф», оперативной «Ресурс-О» и оперативной океанографической «Океан-О». Главным конструктором «Ресурса» стал А.С. Селиванов (НИИП). НИИП отвечал также за создание бортовых систем сбора и накопления информации и за создание высокоскоростных радиолиний передачи информации.

Идея оснащения океанографических КА РЛС БО высказана А.И. Калмыковым на одном из совещаний при обсуждении путей развития отечественной спутниковой океанографии. Экспресс-расчеты показали, что идея технически реализуема на платформе КА «Целина» и ... менее чем через три (!) года, 28 сентября 1983 г. в космическое пространство был запущен *экспериментальный* КА «Космос-1500», оснащенный РЛС БО – всепогодным инструментом РЛ-мониторинга. Весьма важно, что была обеспечена возможность непосредственного приема информации с помощью минимального набора технических средств автономного пункта приема информации (АППИ): простейшая антенна, радиоприемник диапазона 137 МГц и фототелеграфное приемное устройство⁵. Кроме этого, в Москве, Хабаровске и Новосибирске был возможен прием информации, передаваемой по радиоканалу дециметрового диапазона радиоволн (~ 465 МГц).

Практически с первых дней после запуска (с 3 октября 1983 г.) КА «Космос-1500» пришлось выполнять совершенно не экспериментальные функции, став «космическим лоцманом атомоходов» – в то время он был *единственным* источником регулярной и объективной информации о состоянии ледовых полей Арктики. В конечном итоге, именно эта информация (снимки ледовых полей) сыграла ключевую роль при выработке стратегии и тактики вывода из ледового плена каравана из 22 судов⁶, затертых льдами в проливе Лонга.

Правда, для этого пришлось преодолеть «сопротивление» Администрации Главсевморпути СССР, не воспринимавшей ни РЛ-информацию, ни доводы о необходимости ухода каравана (для его спасения) в обширную полярную, обнаруженную вблизи острова Врангеля – севернее(!) места бедствия. Последним доводом, «склонившим чашу весов» в пользу предложения сотрудников ИРЭ АН УССР, стало их обещание обратиться с докладной в ЦК КПСС.

В 1985 г. РЛ-информация, получаемая с помощью РЛС БО КА «Космос-1500», уже сознательно использовалась ААНИИ при планировании операции по выводу из ледового плена Антарктиды научно-экспедиционного судна «Михаил Сомов», для чего на борту ледокола «Владивосток» для приема РЛ-информации был развернут АППИ.

Оглушительный, не побоимся этого слова, успех стал основой последовавших правительственных решений о приеме в опытную эксплуатацию космической системы «Океан» первого этапа и об организации промышленного изготовления комплекса РФА на производственных мощностях Украинского филиала НИИ измерительной техники (УФ НИИТ, г. Харьков, директор Барановский Г.А.). В 1986 г. на орбиту был запущен КА «Океан-01» («Космос-1766»), на борту которого была установлена РФА уже промышленного производства.

После завершения «ледовых эпопей» была снята и «информационная блокада»: о КА «Космос-1500» заговорило Центральное телевидение, он стал постоянным элементом экспозиции павильона «Космос» ВДНХ СССР. Ведущие разработчики стали лауреатами премий в области науки и техники

– Государственных премий СССР и УССР, премии ЦК ВЛКСМ и др. Вклад многих участников разработки в создание океанографической системы «Океан», разработку основ спутниковой гидрофизики и их внедрение отмечен правительственными наградами.

* * *

Была ли судьба разработки безоблачной? Увы, нет. Проблем хватало, и не только технических...

На первых фазах разработки, ее, мягко говоря, не воспринимало руководство ИРЭ АН УССР, противящееся, кстати – не без оснований, созданию образцов аппаратуры, предназначенных для работы в космическом пространстве. Проблема была решена после личной встречи В.М. Ковтуненко и В.П. Шестопалова.

На финальных стадиях возникло противодействие, оказываемое со стороны ведущих специалистов наиболее авторитетных в то время в СССР в области ДЗЗ организаций, таких как НИИП, ИРЭ АН СССР, ГосНИЦИПр, ААНИИ и др., усиливающееся по мере приближения работ к завершению. Как ни удивительно, но бо́льшая часть «оппонентов» была активными сторонниками разработки в начальных фазах. Но по мере приближения даты запуска КА... их мнение почему-то изменилось. О причинах этого можно только догадываться.

Мы не будем называть имен, но они были настолько весомы и авторитетны, что Б.Е. Хмыров был вынужден провести не одно совещание, посвященное анализу информационного потенциала РЛС БО. В конечном итоге КА был запущен в соответствии с намеченным сетевым графиком, а его «оппоненты» потерпели сокрушительное фиаско.

Не обходилось без «оппозиции» и в стенах МГИ АН УССР.

* * *

За два десятилетия (считая с запуска КА «Космос-1500») эксплуатации системы «Океан-О1» было запущено 11 – включая КА второго поколения «Океан-О» (1999 г.), КА «Січ-1» (1995 г.) и «Січ-1М» (2004 г.), океанографических КА с РЛС БО на борту. В перспективе ожидалось появление РСА. К сожалению, реализовать эти планы по разным причинам не удалось.

Мы не имеем возможности детально ознакомить читателя с научными и прикладными результатами работы РЛС БО в космосе – их чрезвычайно много. С двумя из них читатель уже знаком. Назовем еще два:

– *РЛ-мониторинг тропических штормов и ураганов*, таких как «Диана» (1984 г., КА «Космос-1500»), «Blanka» (1985 г.), «Luis» (1995 г., КА «Січ-1») и др. Показательно, что результаты тематической обработки РЛ-снимков – определение скорости ветра и расчет энергии урагана, были востребованы американскими специалистами и учитывались ими при разработке практических мероприятий по уменьшению материальных убытков и предотвращению человеческих жертв в районе г. Уилмингтон (Северная Каролина), находившего на траектории движения эпицентра урагана «Диана»;

– *РЛ-контроль за процессом снеготаяния на территории Украины* (КА «Космос-1766, 1988 г., «Січ-1», 1996 г.). Весной 1988 г., в ожидании интенсивного снеготаяния, предполагалось, для сохранности гидротехнических сооружений, заранее спустить часть воды из водохранилищ Украины. В

бассейне Днепра это могло привести к экологической катастрофе из-за возможности «разноса» чернoбыльских радионуклидов по всему бассейну.

После значительных колебаний было решено воду не спускать, но организовать мониторинг процесса снеготаяния на основе использования информации, получаемой с помощью РЛС БО КА «Космос-1766». Мониторинг показал, что интенсивность снеготаяния ниже прогнозируемой и угроза переполнения водохранилищ отсутствует. В последующем эта же методика была применена в аналогичной ситуации весной 1996 г.

* * *

Основные научные и практические результаты, полученные при эксплуатации системы «Океан-О1», детально рассмотрены в монографиях [1, 3 – 5]), в статьях, опубликованных в разные годы в журналах «Исследование Земли из космоса», «Космічна наука і технологія», «Морской гидрофизический журнал», в отдельных выпусках сборника «Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа» (МГИ НАН Украины), «Системы контроля окружающей среды» (МГИ НАН Украины), «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» (ИКИ РАН, г. Москва), «Радиофизика и электроника» (ИРЭ НАН Украины), «Радиофизика и радиоастрономия» (Радиоастрономический институт НАН Украины, г. Харьков) и в других источниках (см., например [6]).

Заключение. Участие академических институтов в создании системы «Океан» стало мощным стимулом для развития в них нового направления – спутниковой гидрофизики и экологии, для дальнейших широкомасштабных исследований закономерностей и особенностей формирования информационных сигналов различными видами подстилающей поверхности, для создания наземной инфраструктуры, включая экспериментальные подспутниковые полигоны, развития в них космического научного приборостроения.

В последние годы спутниковая информация нашла широкое использование 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 [7] и т.д.

АВТОРСКИЕ КОММЕНТАРИИ И ПРИМЕЧАНИЯ

¹ Напомним, запуски КА в те годы были обычным явлением. Одних только КА серии «Космос» в 1983 г. было запущено около 100 единиц.

² Работавшая в космосе РЛС БО «Чайка» [2] имела, скажем так, «военную» специализацию и была нацелена не на наблюдение морской поверхности, а на обнаружение целей. РЛС семейства «Меч», предназначенные для работы на борту долговременных орбитальных станций – ДОС, («Космос-1870», «Алмаз-1») и РСА «Траверс» (КА «Ресурс-О», ДОС «Мир») были запущены позже.

В 1978 г. на борту *океанографического* КА «Seasat» работала РСА, с помощью которой, невзирая на короткий срок работы, был получен большой объем интересной океанографической информации. Существует предположение о том, что это было своего рода прикрытием летных испытаний РСА для КА РЛ-разведки «Lacrosse» («Ключка»), что позволяет отнести РСА КА «Seasat» к системам *двойного* назначения, где, по-видимому, первым по приоритетам является «военное, оборонное».

³ Информация, получаемая с помощью РЛС БО «Чайка», учитывая ее специфическое назначение, для широкого круга потребителей была недоступна.

Задержка в получении потребителями информации, получаемой с помощью РСА КА «*Seasat*» достигала трех недель, что полностью исключало даже намеки на возможность ее использования в оперативной работе.

Доступность информации, получаемой с помощью РСА КА «Космос-1870» и «Алмаз-1», также оставляла желать лучшего. Одному из соавторов статьи довелось в начале 90-х годов встречаться с представителями НПО «Машиностроение» в г. Реутов. Ими была названа астрономическая цена на РЛ-изображения морской поверхности, совершенно не приемлемая для академического института.

⁴ Разработчик и изготовитель Научно-исследовательский институт приборостроения (НИИП, г. Москва).

⁵ Простота и дешевизна АППИ позволили, уже в наше время, ИТЦ «Сканекс» выступить с инициативой «Каждой школе – по "Алисе"», т.е. оснастить каждую школу России станцией приема спутниковой информации «Алиса», работающей в метровом диапазоне радиоволн.

⁶ Стоимость каравана с грузами составляла около 8 млрд. долларов США.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Коротаев Г.К., Еремеев В.Н.* Введение в оперативную океанографию Черного моря.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2006.– 382 с.
2. *Верба В.С., Неронский Л.Б., Осипов И.Г., Турук В.Э.* Радиолокационные системы землеобзора космического базирования Науч. серия: Системы мониторинга воздушного, космического пространства и земной поверхности.– М.: Радиотехника, 2010.– 680 с.
3. *Призваны* временем. Т.2: Ракеты и космические аппараты КБ «Южное» / Под общ. ред. Генерального конструктора, акад. НАН Украины М.Н. Конюхова.– Днепропетровск: Арт-Пресс, 2004.– 232 с.
4. *Радиолокация* поверхности Земли из космоса. (Исследование морской поверхности, ледяного и ледового покровов с помощью спутниковой радиолокационной станции бокового обзора) / Под ред. Л.М.Митника, С.В.Викторова.– Л.: Гидрометеоздат, 1990.– 200 с.
5. *Радиолокационные* методы и средства оперативного дистанционного зондирования Земли с аэрокосмических носителей / Под ред. С.Н.Конюхова, В.И.Драновского, В.Н.Цымбала.– Киев: Джулия Принт, 2007.– 439 с.
6. *Pustovoytenko V.V., Teryokhin Yu.V., Korotaev G.K., Tsimbal V.N., Yefimov V.B., et al* Remote probing of sea waters stages and development (to the 30-years Anniversary of Native Satellite Oceanology) // 2007 17nd Int. Crimean Conf. «Microwave & Telecommunication Technology» (CriMiCo'2007). 10-14 September 2007, Sevastopol.– Sevastopol: Weber, 2007.– P.15-25.
7. *Дорофеев В.Л., Коротаев Г.К., Мартынов М.В., Ратнер Ю.Б.* Система мониторинга гидрофизических полей Черного моря в квазиоперативном режиме // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа.– Севастополь: ЭКОСИ-Гидрофизика, 2004.– вып.11.– С.9-23.

Материал поступил в редакцию 15.06.2013 г.

АНОТАЦІЯ Стаття знайомить читача з космічної оперативної океанографічної системою «Океан» і з основним джерелом отримання океанографічної інформації – радіолокаційною станцією бокового огляду (РЛС БО). Показана провідна роль у її створенні фахівців Академії наук України.

ABSTRACT The article introduces the reader to the space operational oceanographic system «Ocean» and the main source of oceanographic information – side-looking radar. The leading role in its creation specialists of the Academy of Sciences of Ukraine is shown.