

КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Канд. техн. наук С.Н. Волков

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КС ДЗЗ В ИНТЕРЕСАХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РФ

Часть 1. Использование КА ДЗЗ в системах экологического мониторинга

Имеющаяся в настоящее время информация международных и отечественных организаций свидетельствует о необходимости самого серьезного внимания к вопросам экологической безопасности государства. Взаимосвязанное рассмотрение социальных эколого-экономических вопросов в рамках единой схемы расширенного воспроизводства определяет ущерб, причиняемый окружающей среде в несколько десятков миллионов рублей в год, что значительно превышает затраты на защиту среды от загрязнений. По расчетам ЦЭМИ РАН экономический ущерб от загрязнения воды у нас в стране составляет приблизительно 5 млрд. руб., воздуха – 20 млрд. руб. в год (в ценах 1995 г.).

Затраты на охрану природы с учетом средств объединений и предприятий, вкладываемых в совершенствование технологических процессов, направленных на сокращение отходов и их повторное использование, извлечение полезных компонентов, переработку и другие цели составили в конце 90-х годов 1% валового национального продукта (ВНП). Вместе с тем доказано, что экономические потери в результате загрязнения природной среды составляют в развитых странах 3 – 5 % ВНП.

В настоящее время практически отсутствует информация об ущербе, наносимом здоровью людей в результате ухудшения экологической обстановки, также являющемся компонентом национальной безопасности государства. Результаты отдельных исследований в этой области свидетельствуют о необходимости изучения и учета в структуре экологического обеспечения общества степени потери эффективности деятельности населения, в частности степени выполнения функциональных обязанностей военнослужащими,

определяющей в конечном итоге состояние боеготовности и бое- способности ВС.

Создание национальной системы экологического обеспечения (ЭО) жизни и деятельности общества – сложная долговременная и многофакторная проблема, решаемая, как правило, путем поэтапного создания соответствующих обеспечивающих подсистем, одной из которых является система экологического мониторинга (ЭМ).

В России с 1993 г. ведутся работы по созданию Единой государственной системы экологического мониторинга (ЕГСЭМ), которая должна стать источником объективной комплексной информации о состоянии окружающей природной среды в Российской Федерации. ЕГСЭМ – общегосударственная система, создаваемая на основе действующих в РФ систем мониторинга [1].

Задачи ЕГСЭМ включают:

- мониторинг источников антропогенного воздействия на окружающую среду;
- мониторинг загрязнения абиотического компонента;
- мониторинг биотического компонента;
- обеспечение создания и функционирования экологических информационных систем.

В общем случае мониторинг выполняет три основные функции: наблюдение, оценка и прогноз. В свою очередь система наблюдения состоит из следующих подсистем:

- слежения за загрязнением воздуха в городах и промышленных районах;
- слежение за трансграничным переносом веществ, загрязняющих атмосферу;
- слежение за загрязнением почв;
- слежение за загрязнением пресных и морских вод;
- комплексное наблюдение за загрязнением природной среды и состоянием растительности;
- слежение за химическим и радионуклидным составом, кислотностью атмосферных осадков и загрязнением снежного покрова;
- слежение за фоновым загрязнением атмосферы.

Структурное построение системы ЭМ производится исходя из:

- целей и задач экологического мониторинга на наземных объ- ектах;

- особенностей организационной и административно-территориальной структуры, функциональных задач, видов и режимов деятельности объектов наблюдения;
- особенностей информационной технологии обработки результатов наблюдения и контроля состояния окружающей среды;
- видов экологических факторов, воздействий и загрязнителей, подлежащих наблюдению и измерению;
- структурных компонентов биосферы (атмосфера, гидросфера, литосфера, биота);
- среды, в которой функционируют средства размещения (носители) приборов и устройств наблюдения и регистрации состояния окружающей среды.

Средства ЭМ изготавливаются в стационарном, мобильном или носимом исполнении и могут быть наземного, морского (берегового или судового), воздушного (вертолетного или самолетного) и космического базирования.

Целесообразность использования в системе ЭМ космических средств основывается на высоких потенциальных возможностях космической системы дистанционного зондирования Земли (КС ДЗЗ), что определяется приоритетностью экологических задач в структуре информационных задач ДЗЗ, имеющих важное общегосударственное и международное значение и соответствующих принятой классификации [2]:

- гидрометеорология, прогноз погоды, изучение эволюции климата;
- контроль экологического состояния окружающей среды;
- контроль чрезвычайных ситуаций техногенного и природного характера;
- информационное обеспечение рационального природопользования и хозяйственной деятельности;
- создание динамической модели Земли как экологической системы.

В структуре данных классов учеными Роскосмоса выделяются более 100 первоочередных задач, необходимость решения которых определяется потребностями социально-экономического развития государства.

Высокие потенциальные возможности КС ДЗЗ подтверждаются также приведенной в табл.1 качественной оценкой информации,

получаемой в процессе наблюдения и измерения характеристик природной среды и контролируемых объектов различными средствами ЭМ.

Таблица 1

Типы измерительных средств	Показатели качества измерений					
	Обзорность	Пространственное разрешение	Точность	Комплексность	Производительность	Экономичность
Космические средства	+++	+	+	+	+++	+++
Авиационные средства	+	++	++	+	++	++
Наземные средства	–	+++	+++	+++	+	+
Комплексная система	+++	+++	+++	+++	+++	++

Современные КС ДЗЗ – многоплановые космические системы, структура которых непрерывно совершенствуется в зависимости от комплекса решаемых задач, требований потребителей, кооперации разработчиков КС, политико-экономической обстановки в стране и за рубежом и ряда других основополагающих факторов.

Наблюдения Земли из космоса начали осуществляться в 60-х гг. прошлого столетия с американских и советских метеорологических спутников. За последующие десятилетия информационные возможности и целевое применение КА значительно расширились.

В настоящее время 60 стран и 40 международных организаций обсуждают план создания «Глобального комплекса систем дистанционного зондирования Земли» (GEOSS).

Общая картина динамики развития основных подсистем КС ДЗЗ показана в табл. 2, где представлены как структуризация КС ДЗЗ (гидрометеорологические, океанологические и КС ИПРЗ), так и эволюция отдельных КА в существовавшие и разрабатываемые КС в рамках национальных и международных проектов.

Одним из первых практических применений ИСЗ явилось создание постоянно действующей метеорологической КС, представленной средневысотными спутниками 3-го поколения "Метеор-3" и первым отечественным геостационарным ИСЗ "Электро". Ука-

занная двухъярусная оперативная по формату передачи получаемой информации КС (ОКС) являлась приемлемой для условий нашей страны и отвечала основным требованиям создания единой орбитальной группировки интернациональной гидрометеорологической сети. Основным стратегическим направлением совершенствования данной ОКС являлась разработка и ввод в эксплуатацию новых средневысотных спутников на солнечно-синхронных орбитах "Метеор-3М" и высокоорбитальных ИСЗ "Электро-2" на наклонно-суточных орбитах.

Первым этапом создания КС, предназначенной для оперативного получения и передачи заинтересованным потребителям информации о состоянии водной поверхности океанов, ледовом покрове Северных морей и полярных областей земного шара, являлось принятие в опытную эксплуатацию ИСЗ "Океан-О1", облик которого фактически был сформирован к 1983 г., когда был запущен спутник "Космос-1500", оснащенный комплексом радиофизической аппаратуры.

Модернизируемые ИСЗ класса "Океан-О1" в соответствии с концептуальными положениями развития космической океанологии предполагалось постепенно заменять российскими ИСЗ класса "Метеор-3М" с целью создания оперативной Российской океанологической системы спутников.

С 1974 г. разработаны, непрерывно совершенствовались и эксплуатировались КС оперативного мониторинга окружающей среды и изучения природных ресурсов Земли "Метеор-Природа" и "Ресурс-О1" (в табл. 2 – КС ИПРЗ). Данные КС предназначены для регулярного получения и оперативной передачи на Землю космических данных глобального, регионального и локального масштабов, используемых для следующих целей: экологического контроля, мониторинга чрезвычайных ситуаций природного и антропогенного характера, обеспечения эффективного и рационального использования природных ресурсов, научного исследования Земли.

Как видно из табл. 2, сложившаяся к середине 90-х годов орбитальная группировка ОКС ДЗЗ включала систему КА "Электро", "Метеор-3", "Ресурс-О1" и "Океан-О1", предназначенные для дистанционного зондирования Земли в интересах гидрометеорологии, изучения природных ресурсов, экологического мониторинга, исследования Мирового океана и климата.

Таблица 2

ЭТАПЫ	ОПЕРАТИВНЫЕ КОСМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ ДЗЗ		
	Гидрометеорологические	Океанологические	Изучения природных ресурсов
1966	Космос-122 26.06.1966		
1967	Система 2-х КА (Космос-144; 156)		
1969	Метеор (№1...21) 26.03.1969		
1974 1975	Метеор-2 (№1...25) 11.06.1975		Метеор-Природа 09.07.1994
1983		Океан-ОЭ 28.09.1983 (Космос-1500; 1602)	
1984 1985	Метеор-3 (№1...7) №1- 24.11.1984(неудачн.) №2-24.10.1985	Океан-О1 №1 29.07.1986	Ресурс-О1 03.10.1985
1994	Единая оперативная космическая система (ЕОКС)		
1994	Метеор-3 Электро	Океан-О1 (№7)	Ресурс-О1 (№3)
2000	Выполнение международных проектов		
2000	Метеор-СРРБ Метеор-SAGE Метеор-TOMS	Совместное использование данных Океан-О1 ERS (ЕКА)	Ресурс-О1 №3,4 СПОТ-2
2000	Единая оперативная космическая система (ЕОКС-2)		
2015	Метеор-3М Электро-2	Ресурс-О1 №5-6 (Ресурс-Арктика) Российская океанографическая спутнико- вая система	

Анализ характеристик приведенных КС ДЗЗ показывает, что реализованный при их создании целевой принцип проектирования данных КС обусловил ряд существенных недостатков, основными из которых являются дублирование решаемых задач, приводящее к тематической избыточности информации, и, как следствие этого, функциональная избыточность информационной аппаратуры.

Краткий обзор этапов развития и направлений совершенствования ОКС ДЗЗ позволяет сделать следующие выводы:

- сложившаяся к концу 90–х годов структура ОКС ДЗЗ и соответствующая ей орбитальная группировка специализированных КА принципиально обеспечивали возможность решения комплекса основных задач ДЗЗ;

- внедрение в практику создания КС основного концептуального положения "от решаемых задач – к облику КА" позволило сформировать основные принципы системотехнического проектирования КС на основе максимального учета специфики решаемых ими задач;

- одним из реальных путей совершенствования ОКС ДЗЗ являлась разработка и реализация принципов интеграции отдельных подсистем в единую ОКС (ЕОКС), способную реализовать объективно существующие основания для структурного и функционального объединения подсистем;

- изменение политико-экономической обстановки в стране и за рубежом и роли российских КС в рамках международного космического сообщества определяли необходимость существенной переработки концептуальных положений развития национальных КС в целях обеспечения возможности сохранения и развития космической отрасли России, максимального удовлетворения потребителей в стране и за рубежом и поддержания престижа российской космонавтики;

- дальнейшее развитие ОКС ДЗЗ как важной составной части космической отрасли России предполагает комплексное решение политических, экономических и технико-технологических проблем, среди которых одно из приоритетных мест занимает проблема обоснования, разработки и реализации методов и средств проектирования и совершенствования указанных КС с учетом динамики развития комплекса внешних факторов национального и международного характера.

Результатом сложившейся с конца 80–х годов политико–

экономической обстановки в стране и в космической отрасли явился распад орбитальной группировки ДЗЗ, которая в настоящее время представлена одним КА «Ресурс–ДК» № 1. Сложившаяся ситуация обусловила коррекцию концептуальных положений развития КС ДЗЗ на ближайший и долгосрочный периоды, включенных в государственных и отраслевых нормативных документах (Концепция [3], ФКП–2015 [4]) и ряд направлений развития данных КС в интересах их использования в системах ЭМ. Среди них, в частности, следующие [5]:

– создание современной системы ДЗЗ, развивающей и расширяющей возможности, достигнутые по линии КА типа «Ресурс–ДК», с последующим включением в эту систему радиолокационного сегмента и созданием перспективных КА нового поколения, в том числе маломассогабаритных;

– воссоздание системы гидрометеорологического обеспечения с современными КА.

В настоящее время работы по ДЗЗ в России проводятся на основе Федеральной космической программы [4]. В рамках программы создается космическая система гидрометеорологического назначения «Метеор–3М» и космическая система мониторинга Земли «Канопус–В». Развертывание этих систем планируется в 2008 и 2010 гг. соответственно.

Заключение

Проведенный анализ возможностей КС ДЗЗ по решению задач мониторинга природной среды показал, что в настоящее время имеются предпосылки для обоснования областей использования и оценки эффективности применения методов и средств получения и обработки космической информации (КИ) в общей структуре системы ЭМ.

В концептуальном плане эти предпосылки могут быть представлены в виде следующих положений:

1. Использование КИ в системах ЭМ должно производиться путем ее интегрирования с возможной информацией от имеющихся наземных и авиационных средств на принципах комплексирования с учетом достоинств и недостатков каждого способа контроля окружающей среды.

Из табл. 2, показывающей сравнительные характеристики возможностей космических, авиационных и наземных средств мони-

торинга природной среды, видно, что КА являются наиболее производительными и эффективными, а наземные средства имеют преимущество в комплексности и точности проводимых наблюдений. Авиасредства по всем показателям занимают промежуточное положение, в связи с чем очевидным способом повышения эффективности контроля природной среды является оптимальное сочетание всех рассмотренных средств: космических, авиационных и наземных.

2. Возможность получения КИ для целей экологического контроля определяется успешной реализацией структурной триады "задачи экологического контроля – возможности аппаратуры и методов ДЗЗ – перспективы бортового информационного комплекса". Подробный анализ данного вопроса свидетельствует о высоких потенциальных возможностях бортового информационного комплекса КА ДЗЗ по обеспечению системы ЭМ всеми видами КИ.

3. Успех внедрения КИ в системы ЭМ во многом определяется используемым методическим аппаратом на всех этапах предварительной, межведомственной и тематической обработки КИ. Еще 10 - 15 лет назад точность и достоверность тематической обработки из-за недостаточного знания интерпретационных зависимостей и слабого внедрения цифровых методов обработки составляла всего 60 – 80 %. К настоящему времени положение существенно меняется к лучшему за счет внедрения новых и модернизированных методов интерпретации и автоматизированной классификации спутниковых изображений, цифровых баз данных и ГИС.

4. Эффективность использования получаемой КА ДЗЗ космической информации во многом определяется степенью ее доведения до имеющихся и потенциальных пользователей. Повысить эффективность доведения КИ до потребителей могут не только развивающиеся методы архивации и распространения КИ, но и осваиваемый метод сброса части КИ, передаваемой на Землю по радиоканалам непосредственно на типовые региональные центры, снабженные малыми приемными станциями [6].

5. Большое значение для повышения эффективности внедрения КИ в системы ЭМ имеет проведение различных демонстрационных проектов на национальном и международном уровнях, способных наглядно представить потенциальные возможности КС ДЗЗ для решения отдельных экологических проблем.

Литература

1. Экология. Военная экология / Под общ. ред. В.И. Исакова. – 2-е изд., перераб. – М.; Смоленск: ИД Камертон. –2006. – 724 с.
2. Макриденко Л.А. Системное обоснование особенностей развития космической системы ДЗЗ: материалы конференции // 7-й Межд. форум «Высокие технологии 21-го века» / Л.А. Макриденко, И.В. Минаев, В.Ю. Анисимов [и др.]. – Москва, 2007. – С. 23–25.
3. Концепция развития российской космической системы дистанционного зондирования Земли на период до 2025 года. – М.: Федеральное космическое агентство, 2006. – 82 с.
4. Федеральная космическая программа России на 2006–2015 гг.: утв. Постановлением Правительства РФ от 22.10.2005 г. № 635. – 167 с.
5. Давыдов В.А. Современные космические системы в интересах социально-экономического развития РФ: материалы конференции // 7-й Межд. форум «Высокие технологии 21-го века» / В.А. Давыдов, В.И. Лукьященко, Д.Б. Пайсон. – Москва, 2007. – С. 2–3.
6. Саульский В.К. Современные космические системы ДЗЗ и перспективы их применения: материалы конференции // 7-й Межд. форум «Высокие технологии 21-го века» / В.К. Саульский, В.А. Селин. – Москва, 2007. – С. 37–39.