

## КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ РЕГИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИЕМА, ПОЛУЧЕНИЯ И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ ДЗЗ

© В. И. Богомья, А. Н. Загорулько, С. В. Малевинский, В. Н. Мироненко

Національний центр управління та випробувань космічних засобів

Пропонується концепція створення системи приймання, отримання і обробки даних дистанційного зондування Землі для даного регіону проживання з метою ефективного виконання Національної космічної програми України. Оцінюється світовий досвід використання даних ДЗЗ, зачіпаються проблеми рентабельності космічних систем.

### ВСТУПЛЕНИЕ

Эффективность народнохозяйственных отраслей, таких как сельское, водное, лесное, рыбное хозяйство, геология, нефтяная и газовая промышленность, существенно зависит от изученности и рационального использования природных ресурсов Земли. Наблюдение с космических аппаратов вследствие большой высоты полета, скорости и регулярности орбитального движения, обладает по сравнению с традиционными методами исследования земных ресурсов рядом преимуществ: широкой полосой захвата, высокой периодичностью обзора, оперативностью доставки информации, возможностью наблюдения труднодоступных районов, низкой удельной стоимостью съемки единицы площади.

Космические средства позволяют получать высококачественную информацию и сократить время ее обновления до нескольких часов. Высокая информативность наблюдения с ИСЗ дает возможность быстро и объективно оценивать запасы быстро изменяющихся ресурсов (запасы снега, растительной массы пастбищ и т. д.), состояние посевов, лесных массивов, возникновение и развитие опасных природных явлений (наводнений, лесных пожаров, ураганов, циклонов), загрязнение природной среды. Это позволяет своевременно принять меры по рациональному использованию природных ресурсов и предотвратить ущерб от стихийных бедствий и экологических катастроф [1].

По подсчетам американских специалистов, экономический эффект от использования только космических метеорологических систем составляет для всех стран около 60 млрд долл. в год.

Национальная космическая Программа Украины одним из приоритетных направлений предусматри-

вает совершенствование и развитие отечественной системы ДЗЗ, начало которой положил запуск первого украинского КА «Сич-1» 31 августа 1995 г.

КА «Сич-1» предназначался для решения хозяйственных и научных задач природопользования, исследования природных ресурсов, для ведения экологического мониторинга земной поверхности.

Полученные и обработанные в Евпаторийском Центре данные дистанционного зондирования передавались потребителям космической информации как отечественным, так и зарубежным, с успехом применялись для проводки пятой Украинской арктической экспедиции к полярной станции им. Вернадского, обеспечивали качество непрерывного кратковременного прогноза погоды региона проживания.

Однако в процессе работы по обеспечению космической информацией потребителей был выявлен ряд проблем следующего характера.

Не смотря на некоммерческий запуск космической системы «Сич-1», устойчивый и эффективный рынок потребителей космической информации, в первую очередь региональных, до конца не сформирован. Количество потребителей информации с сорока на начало эксплуатации снизилось до нескольких в текущем году.

Региональные органы недостаточно полно информированы о потенциале системы ДЗЗ, вследствие чего не выявлены основные типы задач регионального управления, для решения которых эффективны данные ДЗЗ.

В связи с этим остро стоит концептуальный вопрос организации региональной системы приема, получения и обработки данных ДЗЗ, позволяющих на современном уровне решать как текущие, так и перспективные народнохозяйственные задачи, осо-

бенно в преддверье очередных запусков отечественных КА ДЗЗ «Сич-1М» и «Микроспутник», имеющих возможность принимать информацию и с зарубежных КА.

#### АНАЛИЗ И ОЦЕНКА СОВРЕМЕННОГО ОПЫТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ ДЗЗ

Космические снимки являются практическим решением вопросов оперативного мониторинга земной поверхности.

Мировой опыт выявил огромное многообразие видов мониторинга. Для региональной системы приема, получения и обработки данных ДЗЗ представляют интерес следующие виды [2]:

- 1) мониторинг экологической ситуации;
- 2) мониторинг аварийноопасных ситуаций и последствий аварий;
- 3) мониторинг морских побережий и процессов переформирования береговой зоны;
- 4) мониторинг землепользования;
- 5) мониторинг лесопользования.

Современное развитие космической науки в области данных дистанционного зондирования предполагает большое количество соответствующей научной аппаратуры и космических аппаратов (КА), способных реализовать разнообразие видов мониторинга. Краткий обзор возможностей и технических характеристик КА приведен в табл. 1.

Возникает необходимость локализации КА ДЗЗ, данные которых наиболее оптимально соответствуют решению текущих проблем региона, в соответствии с критерием «цена—качество».

#### РЕВИЗИЯ ИМЕЮЩЕГОСЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО, МЕТОДИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА НА КРЫМСКОМ ПОЛУОСТРОВЕ

В целом космическая система дистанционного зондирования Земли рассматривается как новый и эффективный инструмент для оценки имеющихся сырьевых ресурсов и их рационального использования, введения передовых технологических компонентов в традиционные процессы, ожидаемых масштабов производства сельскохозяйственной продукции и тому подобное.

Классическая структурная схема систем ДЗЗ включает в себя взаимодействие космического и наземного сегментов. Исторически эти системы развивались от космического сегмента как наиболее сложного элемента, но в последнее время в связи с накоплением в мире огромных объемов аэрокосмических данных (сотни терабайт) все больше внимания уделяется вопросам их эффективного использования. Поэтому за конечную цель могут быть приняты следующие цели ДЗЗ в рамках Национальной космической программы Украины:

— создание системы постоянного и бесперывно-

Таблица 1. Технические характеристики КА

КА	Аппаратура	Количество каналов	Спектральное положение каналов				Пространственное разрешение
IRS-lc, IRS-lb	PAN	1	*				5.8 м
IRS-la, -lb, -P2	LISS-II	4	*	*			36.25 м
IRS-lc, -ld, -P4	LISS-III	4	*	*	*		23.5—70.5 м
IRS-P5	LISS-IV	—	*	*	*		10 м
IRS-lc, -ld IRS-P3, -P4	WIFS	2	*	*			188 м
		3	*	*	*		188 м
NOAA9-14	AVHRR/2	5	*	*	*	*	1.1 км в надир
NOAA K-N'	AVHRR/3	6	*	*	*	*	1.1 км в надир
ERS-2	ATSR-2	8	*	*	*	*	1 км в надир
ADEOS-I	POLDER	8	*	*			6×7 км в надир
ADEOS-I	AVNIR	5	*	*			8—16 м
SPOT-4	HRVIR	4	*	*			20 м
SPOT-4 -5a, -5b	VEGETATION	4	*	*	*		1 км в надир
ENVISAT-1	AATSR	7	*	*	*	*	1 км
ENVISAT-1	MERIS	15	*	*			300 или 1200 м
LANDSAT 7	ETM+	7	*	*	*	*	15—60 м
EOS-AM-1, -2, -3	MODIS	36	*	*	*	*	250 м, 1000 м
EOS-AM-1, 2, 3	MIRS	4	*	*			240 м в надир
EOS-AM-1	ASTER	14	*	*	*	*	15—90 м
RADARSAT	SAR	1				*	19—100 м
ENVISAT-1	ASAR	1				*	30—1000 м
ERS-1, ERS-2	AMI SAR	1				*	30 м (С-полоса)

го обеспечения потребностей субъектов производственно-хозяйственной, научной и управленческой деятельности государственного, регионального и местного уровней в информации ДЗЗ, связанной с защитой и контролем за окружающей средой, рациональным использованием природных ресурсов, неблагоприятными изменениями климата, ухудшением экологии, истощением природных ресурсов, кризисными природными и техногенными процессами, которые имеют трансграничный характер;

— укрепление международного статуса Украины как космического государства, интегрирование в мировую систему космических исследований и создание основ для деятельности на мировом информационном рынке космических услуг путем интегрирования космической системы наблюдения Земли «Сич» в европейскую и международную системы наблюдения Земли;

— создание системы подготовки и переподготовки специалистов по ДЗЗ.

Различные регионы решают этот вопрос, исходя из своих научно-технических и финансовых возможностей. Одни имеют лишь соответствующие структуры и программно-технические способы для обработки спутниковых данных, которые закупаются. Более полная система базируется на функционировании собственного наземного оснащения и соответствующих соглашений для непосредственного приема данных от КА для ДЗЗ различных стран.

Полная система, обеспечивающая независимость от различных политических и экономических факторов, состоит из взаимодействующих собственных наземного и космического сегментов.

КС «Сич-1» именно такая система, которая была разработана и создана в рамках направления «Дистанционное зондирование Земли» Национальной космической программы Украины. Данная космическая система получила свое должное продолжение в рамках новой КС «Сич-1М».

В связи с вышеизложенным, НЦУИ КС видит свою основную роль именно в этом направлении и готов на основании своего собственного опыта по управлению космической системой «Сич-1» организовать на своей базе региональную систему приема, получения и обработки данных ДЗЗ.

Анализ имеющегося научно-технического, методического потенциала на полуострове позволяет выявить основные учреждения, способные решить данную проблему в тесной кооперации. Это:

— Таврический национальный университет им. Вернадского (г. Симферополь)

— Морской гидрофизический институт (г. Севастополь),

— Кабинет Министров Крыма.

Являясь мощными интеллектуальными центрами полуострова, Таврический национальный университет им. Вернадского и Морской гидрофизический институт помогли бы решить задачи тематической обработки принимаемой информации, отдельные вопросы обучения и переквалификации специалистов по тематической обработке, задачи по формированию регионального рынка потребителей космической информации.

Создание региональной системы приема, получения и обработки данных ДЗЗ без поддержки региональных органов управления, то есть Кабинета Министров Крыма, невозможно. Поэтому первоочередным является вопрос о необходимости заинтересованности Кабинета Министров, учитывая, что экономический подъем регионов невозможен без опережающего развития информационных технологий, а спутниковые системы превосходят по основным технико-экономическими показателями все другие виды связи, навигации и дистанционного зондирования Земли. Поддержка видится в придании создаваемой системы правового регионального статуса и частичного финансирования из местного бюджета на начальном этапе.

Мировой опыт доказывает реальность и необходимость подобных образований. В 1995 г. индонезийские власти развернули совместный с Францией проект с целью овладения собственной способностью использовать информацию спутниковых наблюдений за Землей. Эта инициатива дала рождение проекту Sattin, управляемому компанией Spot. Проект Sattin — был первым проектом своего рода с широким спектром деятельности. Он подразумевал разработку законченной системы, позволяющей принимать информацию Spot, обрабатывать, сохранять и распределять пользователям. Целью второй фазы Sattin была передача know-how. Группа испытательных центров в 1997г. организовала курсы для почти 200 тренируемых из государственных и частных фирм для повышения значимости потенциального применения спутниковых съемок, включающего лесное и сельское хозяйство, городское планирование и береговой контроль. Проект предусматривал также и тренировку инструкторов [4].

#### ФОРМИРОВАНИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО РЫНКА ПОТРЕБИТЕЛЕЙ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Космическая информация может рассматриваться как товар производственного назначения, который имеет стоимость и выступает как объект купли-продажи. Рыночные условия требуют предварительного изучения рынка космической информа-



Таблица 2. Детализация задач ДЗЗ

Задачи	Общая площадь наблюдения, млн га	Периодичность наблюдения	Ежегодный объем съемок, млн га	Размещение на местности, м
Инвентаризация лесных массивов	9	5 лет	1.8	40
Составление почвенных карт, оценка эрозии и деградации почв	42	5 лет	8.4	20
Определение температуры почвы	6	4-5 раз в год	24	50—100
Определение влажности неорошаемой почвы	50	10 раз за год	500	100—200
Определение влажности орошаемой почвы	6	10 раз за год	60	50—100
Определение площади водного эквивалента и динамики снежного и ледового покровов	60	5 раз за год	300	40—100
Поверхностное увлажнение почв за счет осадков	50	16 раз*	800	500—1000
Уровень грунтовых вод, обнаружение источников подземных вод	6	5 раз за год	30	10—100
Контроль вегетации растений, прогноз урожая	42	17 раз*	700	20—30
Контроль загрязнений атмосферы в промзонах и на полигонах	3	1 сут	1100	100—300
Контроль загрязнения поверхностных вод	1.2	1 сутки	400	50—300
Контроль загрязнения суши (косвенно):				
— по состоянию снежного покрова	0.6	3 сут в сезон	6	50—300
— по состоянию растительности	0.6	10 сут в сезон	15	10—20
Контроль загрязнений Черного и Азовского морей, мутность воды	46	7 сут в сезон	2400	100—300
Определение рыбопромысловых районов	0.25	5 сут	360	300—1000
Температура морской поверхности Черного и Азовского морей	46	10 сут	1680	300—1000
Контроль потенциально опасных техногенных источников теплового и химического загрязнения среды	0.05	3-6 ч	73	5—20

ции. Под рынком в данном случае рассматривается вся совокупность организаций, которые производят, покупают или могут покупать космическую информацию наблюдения Земли для ее обработки и использования в своей деятельности. При этом организации, которые получают и обрабатывают космические снимки, составляют рынок производителей, а те, которые используют — рынок покупателей.

Опыт использования информации с КА «Сич-1» и анализ многочисленных публикаций [1, 3] свидетельствуют о том, что основными направлениями использования космической информации являются исследования литосферы (геология, геоэкология, геоморфология, горное дело, почвоведение); гидросферы (гидрогеология, геоэкология, водное хозяйство); биосферы (сельское и лесное хозяйство, геоботаника, экология); атмосферы (метеорология, климатология, охрана окружающей среды); социосферы (городское хозяйство, транспорт, энергетика, образование).

Современные методы и технические способы получения и обработки космической информации позволяют решать сотни научных и производственных заданий при изучении земной поверхности, недр, грунтов, растительности, хозяйственной деятельности и т. д. Множество решаемых на основе аэрокосмических данных народнохозяйственных задач целесообразно (с точки зрения требований к аппаратуре ДЗЗ и оперативности съемок) разбить на 4 группы:

I — картографические задачи и задачи инвентаризации угодий и лесных массивов;

II — природно-ресурсные задачи и задачи экологического мониторинга;

III — задачи кризисного мониторинга;

IV — задачи метеорологического обеспечения.

Задачи первой группы отличаются низкой периодичностью обновления информации и достаточно высоким пространственным разрешением. Задачи второй группы требуют оперативного получения данных (до одного раза в сутки), высокого разрешения съемок в многоспектральном диапазоне. Для задач третьей группы характерны жесткие требования по оперативности и пространственному разрешению. Для задач четвертой группы характерен глобальный охват земной поверхности и высокая частота наблюдений (3-4 раза в сутки), но низкое пространственное разрешение.

Детализация задач по первым трем группам и соответствующие им необходимые объемы и периодичность получения информации, а также требования к аппаратуре ДЗЗ приведены в табл. 2.

Мировой опыт знает пример китайского центра BEIJING SPOT IMAGE, который в 2000 году отметил свой первый успешный год в бизнесе, с доходом в 15 млн франков, с 60 потребителями космической и 2 основными контрактами с китайскими региональными органами над получение изображений 72 самых больших городов Китая.

Архивы постоянно обновляются благодаря трем спутникам, пролетающим над данной территорией

ежедневно. Последующий анализ этих изображений помогает определять изменения моделей земельных угодий и точное влияние урбанизации на сельскохозяйственные земли. Трехлетний контракт направлен на ежегодный контроль этих мест. Среди других сфер применения — составление топографических карт, исследование природных ресурсов и контроль проблем окружающей среды, воды и леса.

BEIJING SPOT IMAGE смог удовлетворить все эти требования и доказал свою способность удовлетворять потребности китайского рынка в целом [4].

#### ОРГАНИЗАЦИЯ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА ПРИЕМА КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Анализ и оценка современного опыта использования информации ДЗЗ показывает, что для реализации текущих народнохозяйственных задач с помощью данных дистанционного зондирования необходима организация замкнутого цикла приема космической информации. Одной из составляющих данной системы является создание собственного аппаратно-программного комплекса приема и обработки космической информации высокого разрешения, способного принимать информацию с существующих и перспективных космических аппаратов, как отечественных, так и зарубежных [2].

Рассматриваемый аппаратно-программный комплекс приема и обработки космической информации высокого разрешения должен обеспечить:

- прием, архивацию и оперативную обработку данных дистанционных измерений (ДДИ);
- ведение каталогов обзорных изображений;
- информирование пользователей про наличие архивных и возможностей получения оперативных ДДИ;
- предварительную обработку и распространение ДДИ.

Оперативность исполнения приоритетных заявок на проведение одноразовой съемки с помощью отечественных КА (в зависимости от положения КА на орбите на время получения заявки) должна составлять 0.6—6.5 сут;

Максимальное время выдачи информации приоритетным потребителям о результатах обработки ДДИ (с момента завершения их регистрации) должна составлять 2.5 ч;

Потери в процессе регистрации информации сеанса (или части информации) должны составлять

меньше 25 % в случае, когда это привело к снижению допустимого уровня результатов обработки, выданных потребителю.

Срок хранения информации в архиве — не менее 10 лет.

Отработанная на примере использования космической системы «Сич-1», структура организации обеспечения потребителей космической информации не претерпевает существенных изменений, а дополняется региональными признаками.

#### ВЫВОДЫ

Предложенная региональная система приема, получения и обработки данных ДЗЗ поможет эффективнее использовать финансовое обеспечение Национальной космической Программы Украины, перейти к рентабельности последующих запусков космических аппаратов дистанционного зондирования путем решения задачи формирования цивилизованного регионального рынка потребителей космической информации.

Сама концепция создания региональной системы приема, получения и обработки данных ДЗЗ предполагает возможность ее использования в любом регионе Украины с учетом его характерных признаков и заслуживает дальнейшего обсуждения для более эффективного применения.

1. Моисеенко А. Е. Современное состояние и перспективы использования средств дистанционного зондирования Земли из космоса в целях изучения природных ресурсов и экологии. Обзорная информация. — М.: ЦНИИГАиК, 1995.— 104 с.
2. Кондратьев К. Я., Поздняков Д. В. Новое в дистанционном зондировании окружающей среды // Исслед. Земли из космоса.—1996.—1.—С. 107—121.
3. Україна з космосу / Під ред. В. І. Лялька, О. Д. Федоровського // Космічна наука і технологія. Додаток.—1997.— 3, № 3/4.—37 с.
4. Spot Magazine.—2000.—N 31/1st.

#### CONCEPTION TO ARRANGE OF REGIONAL SYSTEM FOR RECEPTION, OBTAINING AND PROCESSING DSE DATA

V. I. Bogomia, A. N. Zagorul'ko, S. V. Malevins'kyi,  
V. N. MIRONENKO

A conception to arrange the system of the reception, obtaining and processing data of Earth's distance sounding for given region with a purpose of the efficient fulfilment of the Ukrainian National Space programm is suggested.