

## ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

*Е.В. Подбельцева<sup>1</sup>, В.Ю.Воронин<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г.Севастополь, ул. Капитанская, 2  
E-mail: oaoi@alpha.mhi.iuf.net

<sup>2</sup> Черноморский филиал Московского  
государственного университета  
им. М.В. Ломоносова,  
г.Севастополь, ул. Героев Севастополя, 7  
E-mail: geoeco@msusevastopol.net;  
vvoronin@yandex.ru

*Рассмотрено применение космических снимков для целей геоэкологического мониторинга и рационального природопользования. Приведены примеры использования космических снимков для обновления карт, мониторинга сельского и лесного хозяйства, морских акваторий, изучения снежного покрова, опасных природных явлений. Обосновано применение космических снимков при проведении оценки воздействия на окружающую среду.*

Космические снимки применяются практически во всех направлениях географических исследований, но интенсивность их использования и результативность применения сильно различается в разных областях изучения Земли. Они чрезвычайно важны в исследованиях атмосферы, гидросферы, литосферы, ландшафтов, рельефа и биосферы, а также в социально-экономиче-

ской географии. В любом из направлений изучается антропогенное воздействие на природную среду. Различны также типы задач, решаемых с помощью снимков в отраслевых географических исследованиях и для изучения нашей планеты как единой системы.

Космические методы стремительно развиваются: появляются новые технологии получения и обработки снимков. К настоящему времени накоплен обширный материал по применению космических методов в науках о Земле. Одно из основных достоинств космических снимков заключается в совместном отображении всех компонентов земной оболочки, обеспечивающих комплексность исследований, что отвечает целям и задачам геоэкологии. Кроме того, космические снимки, наряду с достаточно высоким разрешением, имеют большой пространственный охват, геометрическую и оптическую коррекцию, географическую привязку, наличие нескольких каналов съемки. Все это делает использование космических снимков предпочтительным перед использованием аэрофотоснимков.

В результате выполнения космических съемок накоплен многомиллионный фонд снимков, в котором насчитывается сотни их разновидностей. Для того чтобы специалисты-географы могли эффективно использовать материалы аэрокосмических съемок, они систематизированы, сгруппированы в типы снимков, различающихся по возможностям их применения в географических исследованиях. В таблице 1 приведены классификации космических снимков по [1].

Таблица 1 - Классификации космических снимков

По обзорности	По масштабу	По пространственному разрешению
Глобальные (планета) $\dot{S} = n10^8 \text{ км}^2$ ; $\Theta = 10\ 000 \text{ км}$	Сверхмелкомасштабные 1:10 000 000 – 1:100 000 000	Низкого разрешения $L_R = n\ 1000 \text{ м}$ Среднего разрешения $L_R = n\ 100 \text{ м}$ Высокого разрешения:
Крупнорегиональные $\dot{S} = n10^6 \text{ км}^2$ ; $\Theta = 500 - 3000 \text{ км}$	Мелкомасштабные 1:1 000 000 – 1:10 000 000	а) относительно высокого $L_R = 30-100 \text{ м}$
Региональные $\dot{S} = n10^4 \text{ км}^2$ ; $\Theta = 50 - 500 \text{ км}$	Среднемасштабные 1:100 000 – 1:1 000 000	б) высокого $L_R = 10-30 \text{ м}$
Локальные $\dot{S} = n10^2 \text{ км}^2$ ; $\Theta = 10 - 50 \text{ км}$	Крупномасштабные 1:10 000 – 1:100 000	Очень высокого разрешения $L_R = n1 \text{ м}$ Сверхвысокого разрешения $L_R < 1 \text{ м}$

$\dot{S}$  — площадь охвата снимка;  $n$  — ширина полосы охвата;  $L_R$  — разрешение на местности;  $n = 1-9$ .

Успех аэрокосмических исследований во многом зависит от профессионального уровня проведенной обработки снимков. Тематическую (так называемую отраслевую) обработку снимков выполняет сам географ, который для этого должен знать информационные возможности аэрокосми-

ческих снимков и уметь извлекать из них необходимую информацию.

На рисунке 1 показаны основные направления применения космической информации в геоэкологических исследованиях.



Рисунок 1 – Основные направления применения космической информации в геоэкологических исследованиях

Предметно-содержательную информацию об объекте, его географическом положении, геометрических характеристиках по аэрокосмическим снимкам получают в результате их дешифрирования и фотограмметрических измерений. Для географа приоритетное значение имеет дешифрирование. Это объясняется двумя обстоятельствами. Во-первых, именно дешифрирование дает наибольший объем географической информации о местности. Так, если результат аэрокосмических исследований представляется в виде карты, то полнота и глубина ее тематического содержания зависит от качества выполненного дешифрирования снимков, а точность картографической основы — от фотограмметрических определений. Во-вторых, географ, зная основные закономерности строения, функционирования и развития географической оболочки, владея географическим мышлением, оказывается всегда более профессионально подготовленным для выполнения любой интерпретационного дешифрирования, чем, например, инженерно-технические специалисты, которые лучше владеют техникой фотограмметрических работ.

Под дешифрированием всегда понималось извлечение качественной геоинформации со снимков при их непосредственном рассматривании. Не следует думать, что визуальное дешифрирование в современных аэрокосмических методах — неоправданный анахронизм. В настоящее время это основной и наиболее распространенный способ извлечения информации из снимков. При визуальном дешифрировании изучаемый локальный объект или явление всегда рассматривается в пространственной взаимосвязи с его окружением, что дает важную, нередко решающую дополнительную информацию, которая обычно ускользает при компьютерной обработке. Поэтому стратегия совершенствования способов получения тематической информации по аэрокосмическим снимкам заключается в интеграции визуального и компьютерного дешифрирования, каждое из которых имеет свои достоинства и ограничения. Так, визуальное дешифрирование снимков на экране компьютера с успехом дополняется автоматизированной обработкой по специальным программам, позволяющим улучшить дешифровочные свойства снимка, либо

быстро и с большой детальностью выделить четко изобразившиеся объекты. Для разделения объектов разного типа, определения границ между ними используются методы компьютерной классификации (кластеризации). Компьютер позволяет анализировать большие объемы цифровой информации, что необходимо, например, при обработке гиперспектральных снимков. Примечательно, что для суждения о достоверности результатов компьютерной обработки снимков нередко приходится использовать визуальные оценки.

Растут города, появляются новые поселения, строятся дороги, коммуникационные сети, инженерные сооружения, осваиваются новые районы добычи полезных ископаемых, вырубаются леса, изменяется структура землепользования. Задача *обновления топографических карт* очень актуальна, поскольку государственные топографические карты основных масштабов уже созданы, составление топографических карт заново требуется реже — только в случае кардинальных изменений, таких как строительство новых городов и крупных сооружений.

В качестве первичного материала для топографических карт традиционно использовались аэрофотоснимки. Космические цифровые снимки открывают новые воз-

можности: удешевление повторных съемок, увеличение площади охвата местности и снижение искажений, связанных с рельефом. Кроме того, упрощается генерализация изображения на мелкомасштабных картах: вместо трудоемкого упрощения крупномасштабных карт можно сразу использовать космические снимки среднего разрешения. Поэтому съемки из космоса используются все шире и шире, и в перспективе могут стать основным методом обновления топографических карт (таблица 2).

При выборе снимков для составления карт определенного масштаба учитывают графическую точность рисовки и печати карт (0,1 мм). При обновлении карт наносятся лишь изменения контуров элементов, а при составлении карт необходимо определить точное положение этих элементов. Поэтому для составления топографических карт требуются космические снимки более высокого разрешения, чем для их обновления.

Причем следует учитывать, что при составлении и обновлении топографических карт определенного масштаба одни и те же типы космических снимков могут быть пригодны или непригодны для различных элементов содержания топографических карт.

Таблица 2 - Рекомендуемые масштабы для составления и обновления топографических, обзорно-топографических и обзорных карт по космическим снимкам [2]

Тип снимков, размер пиксела	Масштаб								
	10 000 – 25 000	25 000 – 50 000	50 000 – 100 000	100 000 – 200 000	200 000 – 500 000	500 000 – 1 000 000	Мельче 1 000 000		
Terra/Aqua MODIS, 250-1000м									
Ресурс МСУ-СК, 140м									
Ресурс/Метеор МСУ-Э, 35-45 м									
Landsat TM, 30м									
Landsat ETM+, 15-30м									
Terra ASTER, 15м									
IRS LISS, 23 м									
RADARSAT SAR, 8 м, 25-30 м									
IRS PAN, 5,8 м									

Обновление карт ■ Составление карт □

Снимки широко используются для обновления геологических, геоморфологических, гидрологических, океанологических, метеорологических, геоботанических, почвенных, ландшафтных карт (таблица 3). Для каждого типа тематических карт имеется своя методика их составления и обновления по космическим снимкам, использующая в определенном сочетании рисунок снимка и значения яркости в каждой его точке (соответствующие спектральной отражательной способности поверхности, ее температуре или другим характеристикам, в

зависимости от типа снимка). Использование космических снимков при составлении тематических карт способствует увеличению детальности карты и рисовке контуров, в большей мере соответствующих природному рисунку.

Важно отметить, что использование космических снимков в сочетании с полевыми исследованиями позволяет оперативно обновлять различные серии государственных карт, в том числе карты лесной таксации, карты почв, геоботанические карты.

Таблица 3 - Рекомендуемые масштабы для составления и обновления тематических карт по космическим снимкам [2]

Тип снимков, размер пиксела	Масштаб							
	10 000 – 25 000	25 000 – 50 000	50 000 – 100 000	100 000 – 200 000	200 000 – 500 000	500 000 – 1 000 000	Мельче 1 000 000	
Terra/Aqua MODIS, 250-1000м								
Ресурс МСУ-СК, 140м								
Ресурс/Метеор МСУ-Э, 35-45 м								
Landsat TM, 30м								
Landsat ETM+, 15-30м								
Terra ASTER, 15м								
IRS LISS, 23 м								
RADARSAT SAR, 8 м, 25-30 м								
IRS PAN, 5,8 м								

Обновление карт  Составление карт 

Чтобы убедиться в целесообразности использования космических снимков для обновления топографических карт, достаточно привести некоторые цифры. Роскартография разработала Концепцию создания электронных топографических карт и электронных планов городов на территорию РФ. В документе говорится о разработке технологии обновления топокарт по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). По оценкам ГИС-Ассоциации, стоимость данных на всю территорию РФ составит для обновления карт масштабов:

- 1:25 000 - Ikonos-2, OrbView-3, EROS-A от 4 до 11,5 млрд. руб.;
- 1:50 000 - SPOT-5, IRS-1C, -1D (PAN) от 140 млн. до 1,5 млрд. руб.;

1:100 000 - SPOT-2,-4, IRS-1C, -1D (PAN) от 140 млн. до 0,5 млрд. руб.

Для сравнения, по данным Роскартографии, для обновления топографических карт всего масштабного ряда традиционными методами требуется выделение 40-50 млрд. рублей и увеличение численности работающих в 2-3 раза.

Применение космических снимков при проведении оценки воздействия на окружающую среду (ОВОС). Оценку воздействия на окружающую среду можно считать одной из областей проблемной ориентации космической картографии и ГИС. Возможности, которые представляют эти технологии при проведении ОВОС, дают основу для более оперативного, обоснованного и рационального планирования размещения

объектов ОВОС. Значительно возрастают возможности обработки больших массивов информации, что необходимо при комплексном системном подходе к реализации ОВОС. Важной составляющей является возможность статистического анализа и моделирования различных процессов.

По территориальному охвату космические снимки, используемые при проведении ОВОС, можно отнести к региональным и локальным, или местным. Обычно они охватывают территорию площадью от 50 до 2000 км<sup>2</sup> и создаются в масштабе от 1:25 000 и крупнее до 1:200 000. Анализ данных включает поиск и выборку данных, статистический анализ, моделирование, автоматизированное создание карт, экспертное оценивание.

Рельеф территории является одним из основных источников информации с космических снимков для ОВОС. При использовании информации о рельефе территории следует учитывать, что для равнинных территорий с малыми уклонами масштаб исходной топокарты должен быть примерно в два раза крупнее, чем получаемые карты в процессе построения раstra рельефа и его производных. Это связано с недостаточным количеством информации о рельефе территории для поверхностей с малыми уклонами и возникающими в результате ошибками аппроксимации.

Основное применение ДДЗ в рамках ОВОС — составление на их основе средне-масштабных (1:50 000 - 1:200 000) карт наземного покрова, растительности, ландшафтов и др., которые отражают современное состояние территории и используются для составления производных оценочных карт.

Для составления этих карт ДДЗ классифицируются. Выбор оптимальной классификации должен осуществляться как на базе количественных статистических, так и экспертных качественных показателей. При исходном разрешении космических снимков 20-30 м могут быть получены типы изображения, соответствующие рангу урочищ (1:50 000—1:100 000). Далее полученные типы изображения сопоставляются с данными, полученными с тематических карт (геологической, геоморфологической, почвенной, лесной инвентаризации, землепользования) и в процессе полевых обследований.

**Выводы.** Космические методы применимы во всех направлениях геоэкологических исследований.

С их помощью обеспечивается:

- облегчение и удешевление в несколько раз процесса обновления топографических и тематических карт;

- решение типичных задач в сельском хозяйстве: инвентаризация сельскохозяйственных угодий, контроль состояния посевов, выделение участков эрозии, заболачивания, засоления и опустынивания, определение состава почв, слежение за качеством и своевременностью проведения различных сельскохозяйственных мероприятий, наблюдение за динамикой развития сельскохозяйственных культур и прогнозирование урожайности;

- одна из главных задач лесного хозяйства – государственный учет лесов, а так же определение площадей и территориального размещения лесных массивов; определение породного состава лесов; выявление спелых и перестойных насаждений; контроль за лесовозобновлением на вырубленных участках и на горячах; контроль за состоянием защитных лесных полос в южных регионах; мониторинг очагов усыхания от вредителей и болезней;

- увеличение достоверности природных океанологических наблюдений акваторий, оперативный мониторинг прибрежных территорий;

- слежение за динамикой снежного покрова как индикатора изменения климата;

- оперативное обнаружение и предотвращение (принятие мер) лесных пожаров, паводков, наводнений и других опасных природных явлений;

- более оперативное, обоснованное и рациональное проведение процедуры оценки воздействия на окружающую среду.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Книжников Ю.Ф., Кравцова В.И., Тутубалина О.В. Аэрокосмические методы географических исследований: Учеб. для студ. высш. Учеб. заведений / – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 336 с.

2. Изображения Земли из космоса: примеры применения. – М: Изд-во «Альба», 2005. – 98 с.