

# ОЦЕНКА ПОТЕНЦИАЛА СНИМКОВ С КА PLEIADES ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТОПОГРАФИЧЕСКИХ КАРТ И ПЛАНОВ

**Е.А. Кобзева** («Технология 2000», Екатеринбург)

Окончила аэрофотогеодезический факультет МИИГАиК по специальности «инженер-аэрофотогеодезист». После окончания института работала в ФГУП «Уралаэрогеодезия» (Екатеринбург), а с 2000 г. — в ФГУП «Уралгеоинформ» (Екатеринбург). С 2011 г. работает в ООО «Технология 2000», в настоящее время — главный инженер.

В рамках программы Pleiades User Group специалистами компаний «Ракурс» и «Технология 2000» выполнен комплексный проект по тестированию космических снимков, полученных с КА Pleiades в режиме TRISTEREO компанией Astrium (Франция). TRISTEREO позволяет создавать более точные стереомодели горных областей и территорий с плотной высотной застройкой, так как наличие дополнительного снимка снижает вероятность появления «мертвых зон».

Проект заключался в исследовании параметров точности и изобразительных свойств космических снимков с точки зрения создания картографических материалов, в том числе трехмерных моделей.

## ▼ Исходные данные

Эксперимент выполнялся по космическим снимкам на территорию г. Екатеринбург и его окрестностей, полученным в режиме TRISTEREO с космических аппаратов Pleiades. Левый (L), надирный (N) и правый (R) снимки триплета составили три стереопары с разными углами конвергенции (табл. 1). Ориентирование снимков было выполнено на ЦФС PHOTOMOD с использованием RPC-модели и одной опорной точки. Средняя погрешность ориентирования,

полученная по 45 контрольным точкам, составила: по оси X и по оси Y — 0,3 м, а по оси Z — 1,0 м. Подробный отчет по оценке ориентирования снимков в зависимости от метода и количества опорных точек представлен в материале [1].

Используя надирный космический снимок с КА Pleiades в (угол наклона снимка — 4°, размер пикселя на местности 0,5 м), был построен ортофотоплан.

Дополнительными данными для исследований служили:

— ортофотоплан масштаба 1:2000, созданный по космическому снимку с КА WorldView-2;

— ортофотоплан масштаба 1:2000, созданный по аэроснимкам, полученным аэросъемочной системой АЗ (VisionMap, Израиль), размер пикселя на местности 0,1 м;

— топопланы масштаба 1:500 на застроенные территории;

— цифровая топографическая карта масштаба 1:10 000 с сечением рельефа 2 м.

## ▼ Анализ дешифровочных свойств

По ортофотопланам, составленным по космическим снимкам с КА Pleiades, WorldView-2 и аэроснимкам системы АЗ на одну и ту же территорию, была выполнена визуальная оценка

возможности распознавания объектов местности.

Надежность распознавания оценивалась по четырем категориям:

— А — уверенное дешифрирование без использования дополнительных материалов;

— В — дешифрирование возможно камеральным способом с использованием дополнительных материалов;

Космические аппараты Pleiades 1A и Pleiades 1B были разработаны французским космическим агентством CNES и выведены на орбиту в декабре 2011 г. и декабре 2012 г. Они имеют одинаковые технические характеристики и синхронизированы на орбите так, чтобы обеспечивать ежедневную съемку одного и того участка земной поверхности. На КА установлена оптико-электронная съемочная аппаратура с пространственным разрешением на земной поверхности: в панхроматическом режиме — 0,5 м, в мультиспектральном — 2,0 м. Большая маневренность КА на орбите позволяет получать за один проход не только стереопары космических снимков, но и триплет снимков, состоящий из «классической стереопары» и снимка в надир, полученных с одного витка.

**Стереопары космических снимков с КА Pleiades** Таблица 1

Название стереопары	Угол конвергенции, °
L + N	15,17
N + R	14,01
L + R	21,20

— С — дешифрирование возможно только с использованием данных полевого обследования;

— D — дешифрирование невозможно.

Перечень объектов для анализа соответствовал сквозному классификатору цифровых топографических карт и планов масштабов 1:2000–1:10 000, принятому в ООО «Технология 2000» и строго соответствующему инструкциям [2–6].

Было проанализировано 236 типов объектов классификатора. Общая статистика дешифровочных свойств приведена в табл. 2.

По космическим снимкам сверхвысокого разрешения 40% объектов распознаются уверенно (категория А), примерно 50% объектов могут быть дешифрированы с помощью дополнительных материалов и полевого обследования (категории В и С), и около 10% объектов дешифрировать невозможно (категория D). Для аэроснимков эти показатели равны соответственно 55, 40 и 5%.

Рассмотрим полученные оценки дешифровочных свойств следующих типов объектов.

**Геодезическая основа.** Пункты ГГС, точки съёмочной сети и реперы опознаются на космических снимках только при наличии дополнительных материалов. На открытых участках уверенно читается окопка, если она сохранилась.

**Рельеф суши.** В данный класс объектов помимо основных элементов включены различные формы нарушения рельефа (овраги, промоины, обрывы, ямы, откосы). На одиночных снимках нарушения рельефа могут быть дешифрированы, в основном, по форме тени. При переходе от одиночного снимка к стереопаре распознаваемость резко увеличивается — фактически все объекты переходят в категорию А.

**Сводные результаты возможности дешифрирования объектов**

**Таблица 2**

Тип исходных данных	Количество объектов			
	А	В	С	D
Космические снимки с КА Pleiades	103	92	21	20
Космические снимки с КА WorldView-2	106	90	19	19
Аэроснимки системы АЗ	126	78	15	14

**Гидрография.** Объекты, как правило, дешифрируются уверенно по прямым признакам на любом типе снимка. В категории В, С, D попадают объекты естественного и искусственного происхождения, скрытые растительностью. Основные проблемы возникают при распознавании искусственных сооружений: различные типы колодцев и колонок практически не поддаются дешифрированию.

**Населенные пункты.** Разрешающая способность исследуемых снимков позволяет обнаружить отдельные строения даже небольших размеров. Затруднение вызывает определение огнестойкости зданий и сооружений.

**Социально-экономические объекты** (здания и сооружения нежилого назначения, а также вышки, башни, столбы и опоры, линии связи и электропередачи, трубопроводы, заборы и ограждения). Встречаются затруднения в дешифрировании оснований столбов и опор, даже по отчетливо «читаемым» теням. Основные проблемы возникают при конкретизации класса объекта: материал и форма опоры или ограждения, рабочее напряжение линии электропередачи, назначение промышленного предприятия и т. д.

**Дорожные сети и дорожные сооружения** (объекты транспортной инфраструктуры, наземные сооружения метрополитенов, а также пешеходные дорожки). Линейные протяженные объекты поддаются наилуч-

шему дешифрированию по сравнению с объектами любых других типов — более 2/3 объектов имеет категорию дешифрирования А. Проблемы при дешифрировании представляют точечные и малопроотяженные линейные объекты: трубы под дорогами и некоторые тротуары, часто скрытые зелеными насаждениями. Обнаружение таких объектов может быть облегчено использованием стереорежима и дополнительных материалов.

**Растительный покров и грунты.** Большинство площадей, занятых растительностью, легко дешифрируется по цвету и/или фототону. Проблему, как правило, представляет отнесение растительности к конкретному виду (например, трудно отделить травянистую луговую растительность от степной).

#### ▼ Анализ точности отображения объектов

Была выполнена «отрисовка» одних и тех же капитальных зданий с максимально подробным отображением архитектурных деталей на:

— ортофотоплане масштаба 1:2000, полученном по космическому снимку с КА Pleiades в надир;

— ортофотоплане масштаба 1:2000, созданном по космическому снимку с КА WorldView-2;

— стереопаре с КА Pleiades (N + R).

Анализировались размеры и конфигурация «отрисованных» объектов. Контрольными данными для сравнения служили

ортофотопланы масштаба 1:2000, полученные по аэроснимкам системы АЗ.

Были выбраны здания двух категорий: многоэтажные в городской застройке, а также одно- и двухэтажные в частной застройке. Всего нанесено и исследовано 40 зданий в городской застройке и 43 здания в частной застройке.

Были получены следующие результаты.

1. Средняя погрешность нанесения углов зданий по ортофотопланам, созданным по космическим снимкам с КА Pleiades и WorldView-2, одинакова и составляет 1,3–1,5 м. Средняя погрешность нанесения углов зданий по стереопарам с КА Pleiades значительно лучше, чем по одиночным снимкам, и составляет 0,9 м.

2. Максимальные погрешности составили 4,0–5,4 м для ортофотопланов и 3,5 м для стереоизображений.

3. Форма и размеры капитальных зданий простой формы по космическим снимкам отображались верно (рис. 1).

4. Архитектурные детали сложной конфигурации отображались как верно, так и с ошибками, в зависимости от контраста с окружающей местностью, в ряде случаев были пропущены.

5. В частной застройке встречались трудности в разделении жилых и нежилых построек при их смыкании, а также наблюдались нарушения формы и размеров строений (до 2 м).

#### ▼ Анализ рисовки горизонталей

Для оценки точности отображения горизонталей был выбран открытый всхолмленный участок с частной застройкой. Перепад высот на участке составлял 60 м (абсолютные высоты от 220 до 280 м), площадь участка — 1,5 км<sup>2</sup>.

Рисовка горизонталей была выполнена вручную по стереопарам с КА Pleiades. Положение



**Рис. 1**

Форма и размеры капитальных многоэтажных зданий простой формы: ортофотоплан (КА Pleiades) — слева, ортофотоплан (аэросъемочная система АЗ) — справа

горизонталей сравнивалось с горизонталями на цифровой топографической карте масштаба 1:10 000 с сечением рельефа 2 м (рис. 2).

Результаты оценки:

1. Общие формы рельефа показаны верно.

2. Рельеф слишком генерализован, пропущены отдельные горки высотой 3–4 м, сглажены и не отображены лога.

3. Формы рельефа лучше выражены на стереопаре (L + R), чем на стереопаре (N + R), что

объяснимо большим углом за-сечки. С этой точки зрения съемка в режиме TRISTEREO имеет преимущество перед обычной стереосъемкой.

Полученные результаты следует считать предварительными, так как они являются частным случаем конкретной стереопары.

#### ▼ Результаты проекта

В целях создания цифровых топографических карт и планов, космические снимки с КА Pleiades могут уверенно исполь-



**Рис. 2**

Общая картина сравнения горизонталей: синим цветом отмечены горизонталы по стереопаре с КА Pleiades, коричневым — референсные горизонталы с топокарты масштаба 1:10 000

зоваться для создания и обновления цифровых топографических карт масштаба 1:10 000 с сечением рельефа 2 м.

Для топографических планов масштабов 1:5000–1:2000 космические снимки должны использоваться ограниченно, в зависимости от задач, для которых они предназначены, и характеристик местности.

Создание (обновление) цифровых топографических планов масштаба 1:2000 на застроенные территории с использованием космических снимков с КА Pleiades с соблюдением нормативных требований невозможно.

Создание (обновление) контурной части цифровых топографических планов масштаба 1:5000 на застроенные территории по космическим снимкам с КА Pleiades должно выполняться по стереопарам. Использование одиночных снимков не обеспечивает соблюдение нормативных требований.

Эти же выводы справедливы и для космических снимков с КА WorldView-2.

По космическим снимкам сверхвысокого разрешения могут создаваться специализированные планы крупных масштабов с усеченным объектовым составом и пониженной точностью относительно стандартных топографических планов.

Компания «Технология 2000» благодарит компании Astrium и «Ракурс» за поддержку и сотрудничество при проведении тестовой съемки с КА Pleiades, а также полезные замечания в процессе обсуждения.

#### ▼ Список литературы

1. Титаров П.С. Оценка точности ориентирования снимков Pleiades. — [www.racurs.ru](http://www.racurs.ru).

2. Инструкция по топографической съемке в масштабах 1:5000, 1:2000, 1:1000 и 1:500. — М.: Недра, 1982.

3. Инструкция по фотограмметрическим работам при создании цифровых топографических карт и

планов. — М.: ЦНИИГАиК, 2002.

4. Условные знаки для топографических планов масштабов 1:5000, 1:2000, 1:1000, 1:500. — М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005.

5. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10 000. — М.: Недра, 1977.

6. Временные дополнения в условные знаки для топографической карты масштаба 1: 10 000 издания 1977 г. — М.: Роскартография, 2002.

#### RESUME

Specialists from the Racurs and «Technology 2000» companies fulfilled a comprehensive project to test the images obtained from the Pleiades spacecraft. The project was to study the accuracy and visual properties of the satellite images obtained in the TRISTEREO mode, for creating cartographic materials, including three-dimensional models. The article presents the results of one of the stages of assessing the images' potential to create and update digital topographic maps and plans on 1:2,000–1:10,000 scales.

**PHOTOMOD**

Цифровые модели рельефа

2D и 3D векторизация, картографирование

3D-моделирование

Организационное формирование и создание мозаик

Фототриангуляция

**РАКУРС**  
Тел.: (495) 720-51-27, [info@racurs.ru](mailto:info@racurs.ru), [www.racurs.ru](http://www.racurs.ru)

Приглашаем вас посетить наш стенд на выставке «Интерэкспо ГЕО-Сибирь 2014», 16-18 апреля, г. Новосибирск, ЭкспоЦентр, стенд В210