

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ И ИНТЕРПРЕТАЦИИ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

ОТОБРАЖЕНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ СТРУКТУР ПО КОСМИЧЕСКИМ СНИМКАМ РАЗНОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ

© 2012 г. К. А. Боярчук^{1*}, М. В. Туманов¹, Л. В. Милосердова²

¹ Научно-исследовательский институт электромеханики, Истра

² Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина, Москва

*E-mail: niiem@istranet.ru

Поступила в редакцию 23.03.2012 г.

Рассмотрены различные аспекты информативности космических изображений. Показано, что благодаря высокой генерализации и большой обзорности тематическая (геологическая) информативность космических изображений, полученных со спутника “Метеор-М” № 1, не уступает, а по ряду характеристик (доступность, своевременность, краткость) превосходит изображения с высоким разрешением.

Ключевые слова: информативность, космические снимки, “Метеор-М”, тематическое дешифрирование

ВВЕДЕНИЕ

Одно из главных достоинств космических изображений (КИ) при изучении природных объектов заключается в возможности увидеть их в естественных границах и соотношениях с другими объектами благодаря генерализации. Однако на пути до потребителя информация, содержащаяся в КИ, многократно преобразуется, перекодируется, видоизменяется — т.е. искажается. Изменения происходят как при технологическом процессе предварительной подготовки ее для пользователя, так и при тематической интерпретации. За почти 40-летнюю историю использования КИ, доминирующей тенденцией совершенствования регистрирующих систем было расширение спектрального диапазона съемок и повышение их пространственного разрешения. Считается, что таким способом “увеличивается информативность” данных дистанционного зондирования (ДЗ). Однако при тематическом применении КИ это зачастую приводит к противоположному результату. При этом понятие информативности выступает либо в семантическом аспекте, как “отношение” между изображением и потребителем, либо как последовательность символов, не зависящая от содержания изображения. В первом значении наиболее важны достоверность, полнота, точность, ценность, своевременность, краткость и доступность информации. Эти свойства независимы от разрешения изображения.

ДАННЫЕ И МЕТОДЫ

Характерным космическим аппаратом (КА) низкого разрешения является КА “Метеор-М” № 1 (Космический комплекс ..., 2008) который входит в состав космического комплекса гидрометеорологического и океанографического обеспечения “Метеор-3М”. Он предназначен для оперативного получения глобальной гидрометеорологической информации в целях прогноза погоды, контроля озонового слоя и радиационной обстановки в околоземном космическом пространстве. Многозональное сканирующее устройство малого разрешения (МСУ-МР) является частью полезной нагрузки данного КА и предназначено для широкозахватной трассовой съемки с получением изображений облачности и земной поверхности в видимом и ИК участках спектра, с разрешением не хуже 1 км в надире.

Среди зарубежных КА для тематического геологического дешифрирования в настоящее время широко применяются изображения спутников серии Landsat (США) (<http://landsat.gsfc.nasa.gov>) и ALOS (Япония) (Болсуновский, Беленов, 2006; <http://alos-satellite.ru/satellite.html>).

В таблице приведены сравнительные характеристики съемочных систем перечисленных выше КА.

В случае изучения геологических объектов континентального ранга благодаря генерализации и интеграции на КИ с низким разрешением удастся непосредственно видеть изучаемые объекты в их естественных контурах и соотношениях с другими объектами, а не воссоздавать их умозрительно с помощью логических или графических обобщений. “Загрубление” изображения и приведение его к требуемому масштабу не равно-

Сравнительные характеристики съемочных камер КА “Метеор-М” № 1, Landsat 7, ALOS

Наименование	“Метеор-М” № 1 (МСУ-МР)	Landsat 7 (ETM+)	ALOS (PRISM)
Спектральный диапазон (мкм)	0.5–12.5	0.52–0.90	0.52–0.77
Полоса захвата (км)	2800	185	35
Пространственное разрешение (м)	1000	15	2.5
Радиометрическое разрешение (бит на пиксел)	10	8	8
Периодичность съемки (день)	0.5	16	46
Основное назначение	Гидрометеорология	Картография	Картография
Дата запуска	17.09.2009	15.04.1999	24.01.2004

сильно изначально обзорному изображению. Поэтому изображения среднего и низкого разрешения, позволяя по-новому рассматривать геологическое строение территорий, не потеряли своего значения в обширном арсенале космических снимков.

Проиллюстрируем это положение, рассмотрев возможности отражения тектонических структур на изображениях различного разрешения с различных аппаратов применительно к участку центральной Африки в Южном Судане. Это нефтегазоносная территория, геологическую изученность которой при выполнении геофизических и

буровых работ можно характеризовать как “мозаичную”.

Размер исследуемого участка составляет примерно 1500×1200 км.

Мы считали более информативными те изображения, которые позволяют с наибольшей уверенностью и однозначностью и с наименьшими затратами определить границы и внутреннюю структуру региона, для чего сравнили изображения с разных носителей. За основу был взят фрагмент КИ, полученного сенсором МСУ-МР “Метеор-М” № 1 (рис. 1), с которым сравнивались мозаика, полученная по изображениям Landsat, отдельный сни-

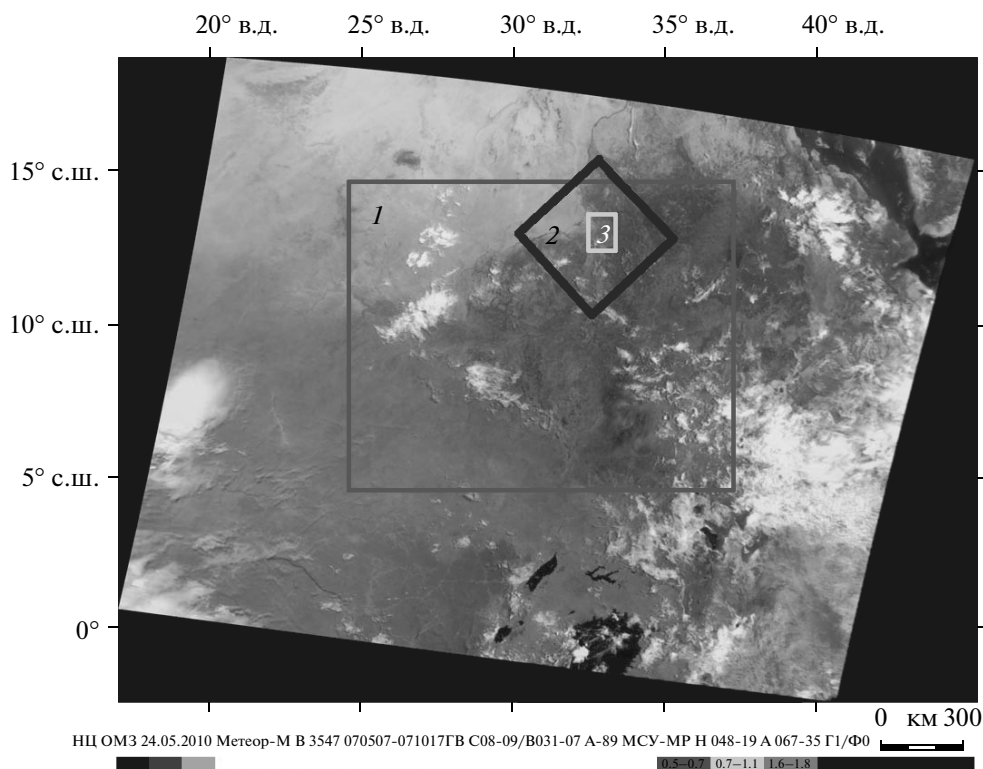


Рис. 1. Фрагмент снимка со спутника “Метеор-М” № 1 (МСУ-МР) и расположение на нем детальных изображений: 1 – мозаика снимков Landsat; 2 – снимок Landsat 7 ETM+; 3 – снимок ALOS-PRISM.

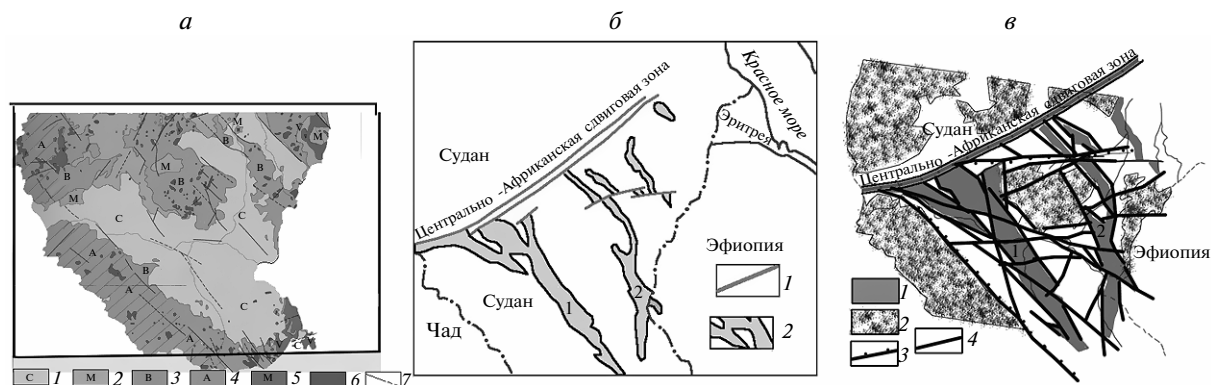


Рис. 2. *а* – Схема нефтегазоносной провинции Южного Судана; *б* – схема геологического дешифрирования космических снимков низкого разрешения: 1 – сдвиговая зона, 2 – нефтеносные бассейны Мужлад (1) и Мелут (2); *в* – схема геологического дешифрирования космических снимков среднего разрешения: 1 – нефтеносные бассейны Мужлад (1) и Мелут (2), 2 – докайнозойские породы, 3 – линеаменты (разломы) – границы грабена, 4 – линеаменты, определяющие внутреннюю структуру грабена.

мок Landsat и снимок ALOS-PRISM. Все изображения приведены к проекции Меркатора.

Дешифрирование проводилось контрастно-аналоговым методом с привлечением аэровизуальных наблюдений, выполненных в январе 2007 г. на отдельных ключевых участках, а также эталонных фрагментов ландшафтного дешифрирования. В случае спорных моментов интерпретации фоторисунка использовалась программа LESSA.

Дешифрировались изображения, полученные в ноябре–декабре, когда размеры болот минимальны, а гари, возникающие в результате поджогов травы, которые производятся после выпаса скота, покрывают территорию на ограниченных площадях. Использовались изображения “Метеор-М” (МСУ-МР), Landsat (ETM+) (Enhanced Thematic Mapper Plus – усовершенствованный тематический картограф) в различных диапазонах спектра, и ALOS (PRISM, панхроматический канал).

Далее на изображениях выделялись участки, предположительно соответствующие территориям новейшего прогибания и подъема, обусловленных движениями по разломам и растущим антиклинальным складкам. Как правило, разломы на изображениях выражались в виде линеаментов – спрямленных элементов изображения различного размера, а растущие антиклинальные складки – в виде кольцевых структур. Эти участки выделялись по аномалиям извилистости и врезам русел протоков, ручьев, ложбинок и временных водотоков, а также аномалиям распределения дюн и барханов.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Уже при предварительном просмотре обзорного изображения виден гигантский клин, расширяющийся к востоку и ограниченный р. Нил. С юга клин ограничен линеаментом, выраженным

перепадом цветов. С юга изображение окрашено в зеленый цвет, обусловленный лесами, а с севера – в бурый и коричневый, обусловленные саванной, в которую превратилась эта территория после окончания сезона дождей. Северный линеамент обусловлен прямолинейным руслом р. Хор Абу Хабл, в районе дельты, загибающейся к югу. С севера от него коричневый тон сменяется на желтый, обусловленный, вероятно, сменой саван пустынями. На этом изображении отчетливо выделяется территория в виде коричневого треугольника с четкими краями, что свидетельствует о, вероятно, разломной природе, обусловившей ее геологическую структуру.

На рис. 1 приведен фрагмент КИ “Метеор-М”, а на рис. 2 – результат его дешифрирования, описанный в (Макриденко и др., 2008). Методика дешифрирования базируется на традиционном контрастно-аналоговом методе, дополненном контролем соответствия масштаба и обзорности изображения размерам целевых (главных) объектов дешифрирования и применением компьютерной программы LESSA.

Упомянутый выше клин сопоставляется с гигантским грабеном, к которому приурочены нефтегазоносные бассейны Мужлад (1) и Мелут (2), границы которых также выделяются на этом изображении в виде линеаментов, определяющих внутреннюю структуру грабена. Области прогибания, заполненные докайнозойскими породами, выявляются по более однородному фоторисунку по сравнению с мелкопятнистым фоторисунком, развитым на площадях выхода докайнозойских пород, связанных с областями относительного прогибания, или выходами интрузий.

Мозаика снимков Landsat (рис. 3а) покрывает площадь номенклатурного листа N-36-10 M 1 : 200 000. Изображение получено синтезом

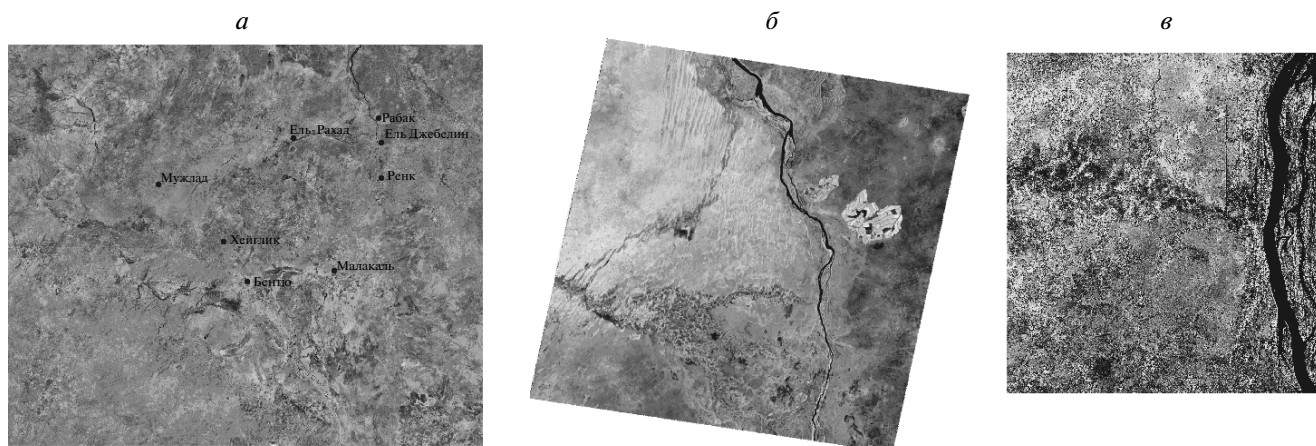


Рис. 3. Сравнимые изображения: *a* – мозаика снимков Landsat; *б* – снимок Landsat 7 ETM+; *в* – снимок ALOS-PRISM.

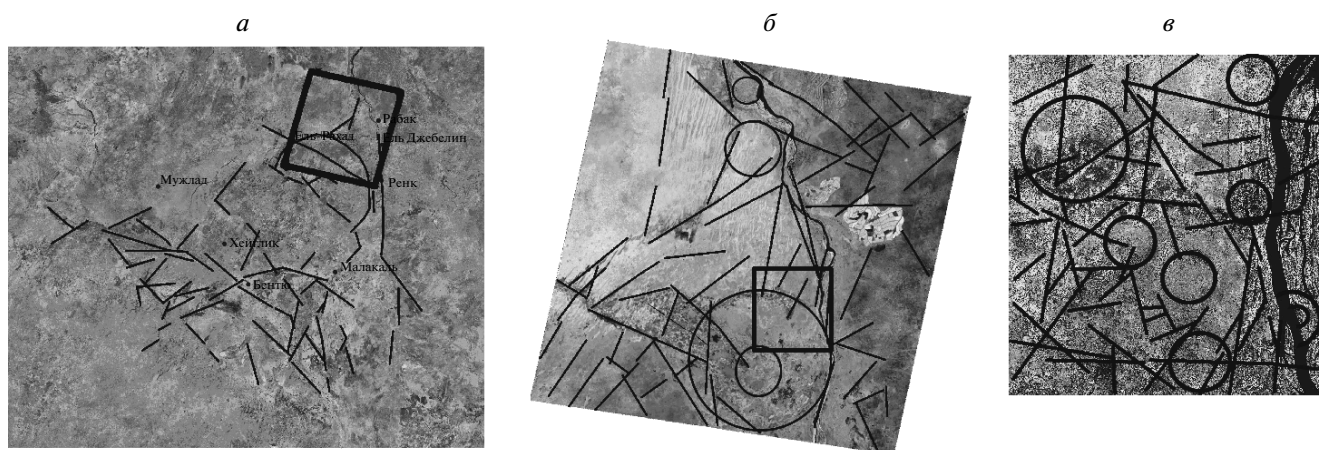


Рис. 4. Схемы линеаментов и кольцевых структур изображений: *a* – мозаика снимков Landsat; *б* – снимка Landsat 7 ETM+; *в* – снимка ALOS-PRISM.

диапазонов 70, 40, 20. В составе мозаики участвует 31 снимок, самый ранний из которых – получен 12.09.1990, а самый поздний – 11.11.2001. В процессе создания мозаики изображения индивидуальных снимков выравнивались, усреднялись по спектральной яркости, т.е. искажались. Сравнив информативность изображения “Метеор-М” и мозаики снимков Landsat, приходится признать, что изображение “Метеор-М” предпочтительнее по достоверности, полноте, доступности и краткости. Кроме того, как видно на схеме дешифрирования (рис. 4а), единые линии распались на разрозненные фрагменты, в которых хоть и можно увидеть общую структуру, но лишь в виде отдельных элементов.

На рис. 3б приведено изображение, полученное 12.02.2004 Landsat 7 (канал 4 сенсора ETM+). В географическом отношении это дельта р. Эль Араб. Снимок практически одномоментен, следовательно, более достоверен, чем мозаика. На

этом изображении виден участок восточного окончания северного линеамента. Здесь он полностью теряет свой прямой облик, выгибаясь к северу. На этом фрагменте также теряет свои прямолинейные очертания восточная сторона треугольника – р. Нил. То есть здесь потеряны одно из самых главных преимуществ КИ – обзорность, и связанные с ним генерализация и интеграция. На изображении видна сеть небольших пересекающихся линеаментов, вычленяющих блоки, различающиеся фототонном, фоторисунком, и величиной врезов небольших ложбинок, что позволяет интерпретировать их как относительно поднимающиеся и погружающиеся. Кроме того, здесь выделяются три кольцевые структуры – на юге большая, поликонцентрическая, состоящая из двух вложенных друг в друга, и две небольшие на севере. По-видимому, они отражают небольшие растущие поднятия, о чем свидетельствуют фрагменты радиально-концентрического искажения протоков дельты (рис. 4б).

Еще в большей степени эффект раздробления единых линий и появления новых объектов дешифрирования проявляется на изображении высокого разрешения, полученного 12.10.2008 с КА ALOS-PRISM (рис. 3б). Снимок сделан в диапазоне 0.52–0.73 мкм, разрешение снимка – 2.5 м. Изображение захватывает центральную часть дельты р. Хор Абу Хаббл. Здесь проходит центральная протока дельты, которая является северной дугой, ограничивающей упомянутую выше кольцевую структуру, сопоставляемую с растущей антиклинальной складкой. На таком малом фрагменте невозможно увидеть кольцо в целом. Снимок покрывает также фрагмент западного ограничения треугольника – р. Нил. Естественно, что на таком маленьком фрагменте невозможно определить его принадлежность к общей линейной системе. Однако на этом фрагменте проявились новые линейные элементы, вероятно, отражающие разрывы другого масштабного ранга, новые кольцевые структуры. А те, которые были выделены на предыдущем изображении, уже незаметны на этом (рис. 4б).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, с уменьшением обзорности изображения его информативность для решения задач регионального и континентального масштабов уменьшается. Мозаика из изображений не намного улучшает дешифрируемость тектонического строения, и при этом проявляются другие недостатки такого изображения – разновременность и приведение к средним характеристикам, что уменьшает его достоверность.

“Одномоментные” обзорные изображения КА “Метеор-М” № 1 позволяют исследовать критерии нефтегазоносности, связанные с осадочными бассейнами и нефтегазоносными провинциями в целом. Их можно использовать для уточнения границ нефтегазоносных провинций, осадочных и нефтегазоносных бассейнов, определения по-

ложения трансконтинентальных и трансрегиональных линейных элементов (разломов), участков с различными типами новейших тектонических движений и др. Результат дешифрирования, как правило, носит оценочный характер, позволяющий понять роль и место исследуемой территории в контексте других тектонических структур.

Дешифрирование изображений “Метеор-М” позволяет не только уточнить, но и принципиально изменить представление о структуре района, особенно в части его разломно-блокового строения.

Следовательно, благодаря генерализации и интеграции на изображениях с низким разрешением удастся более отчетливо видеть изучаемые объекты в их естественных контурах и соотношениях с другими объектами, а не воссоздавать их умозрительно с помощью логических или графических обобщений. При этом “загрубление” изображений и приведение его к требуемому масштабу не равносильно изначально обзорному изображению. Поэтому изображения среднего и низкого разрешения, позволяя по-новому рассматривать геологическое строение территорий, не потеряли своего значения в обширном арсенале космических снимков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Болсуновский М.А., Беленов А.В. Возможности картографической стереокамеры PRISM спутника ДЗЗ ALOS // Геопрофи. 2006. № 6. С. 28.

Космический комплекс гидрометеорологического и океанографического обеспечения “Метеор-3М” с космическим аппаратом “Метеор-М” № 1: справочные материалы. М.: ФГУП “НПП ВНИИЭМ”, 2008. 144 с.

Макриденко Л.А., Боярчук К.А., Милосердова Л.В., Малушина Н.И. Информативность космических изображений для нефтегазогеологического дешифрирования // Вопр. электромеханики. 2008. Т. 105. С. 63–81.

<http://alos-satellite.ru/satellite.html>

<http://landsat.gsfc.nasa.gov>

Representation of the Geological Structures by the Satellite Different Spatial Resolution Images

K. A. Boyarchuk¹, M. V. Tumanov¹, L. V. Miloserdova²

¹ Scientific and Research Institute of Electromechanics, Istra

² Gubkin Russian State University of Oil and Gas, Moscow

Various informative aspects of the space images have been examined. It was shown that due to the high degree of the generalization and wide viewing, thematic (geological) informative content of the “Meteor-3M” no. 1 images is on par with high resolution images and for a number of the parameters such as availability, timeliness, multiplicity compares favourably with them.

Keywords: informative content, satellite images, “Meteor-M” S/C, thematic identification