

К.А. Боярчук (ОАО «НИИЭМ»)

В 1983 г. окончил физический факультет Ленинградского государственного университета. Специалист в области дистанционного зондирования Земли. В настоящее время — генеральный директор ОАО «НИИЭМ» Доктор физико-математических наук.

Л.В. Милосердова (РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина)

В 1972 г. окончила Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова по специальности «геологическая съемка и поиск месторождений полезных ископаемых». В настоящее время — доцент кафедры теоретических основ поисков и разведки нефти и газа РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина. Кандидат геолого-минералогических наук.

М.В. Туманов (ОАО «НИИЭМ»)

В 2006 г. окончил Московский государственный университет путей сообщения по специальности «вычислительные машины, комплексы, системы и сети».

В настоящее время — начальник центра ОАО «НИИЭМ».

Аэрокосмические методы геологического дешифрирования (на примере строительства космодрома Восточный)

С развитием индустриального и постиндустриального общества человечество заселило все удобные для проживания территории и осуществляет экспансию на неудобные (акватория, полярные широты, пустыни). Причем с развитием науки и техники риски не уменьшились, а лишь дифференцировались. Для индустриального общества характерно развитие транспортной сети, горнопромышленного производства, строительства крупных инженерных сооружений. В связи с этим возникла инженерная геология — прикладная наука, занимающаяся подготовкой площадок для будущего строительства, изыскания трасс железных дорог, мостов.

В настоящее время разнообразные инженерные сооружения создаются практически на всей поверхности Земли, их размеры все возрастают, как и требования к надежности.

Человечество вынуждено все интенсивнее использовать земную поверхность и строить на ней

все более опасные и грандиозные сооружения. Туннель Большого адронного коллайдера имеет длину окружности почти 27 км [5], Кольская сверхглубокая скважина превышает глубину 12 км [6], при разработке полезных ископаемых, в том числе артезианских вод, в земле создаются грандиозные полости или нарушается гидростатическое равновесие, заполнение водохранилищ нарушает естественный гидродинамический режим и т. д.

Для противостояния природным силам принимаются различные инженерные решения — укрепительная цементация, увеличение глубины врезки бетонных оснований, изменение конструкции сооружений. Однако нередко катастрофическими являются не непосредственные процессы в геосфере, опасность которых была предусмотрена, а цепная реакция на них в природе. Характерный пример: АЭС на Фукусиме была рассчитана на противостояние землетрясению. Станция и выдержала землетрясение.

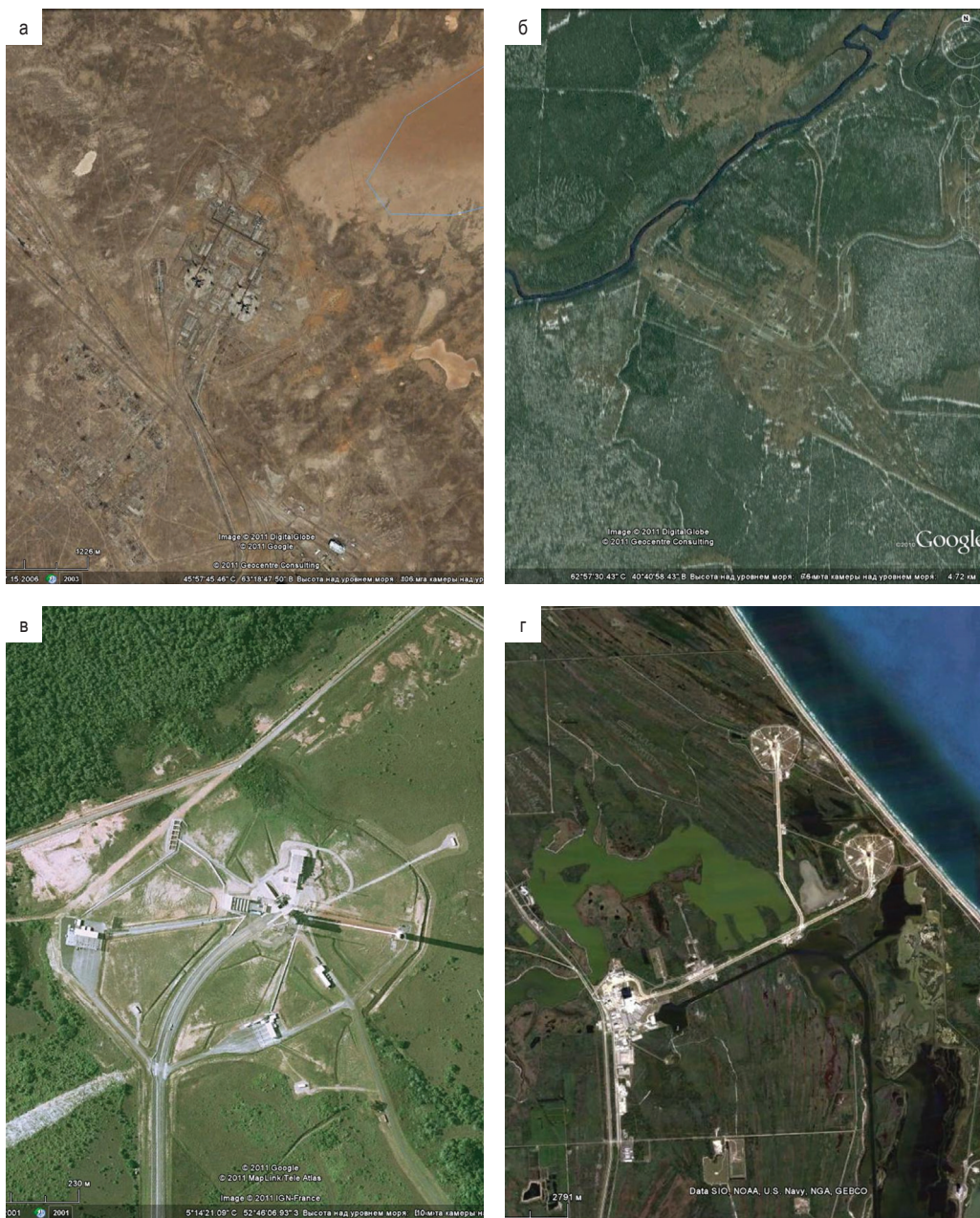


Рис. 1. Космические изображения космодромов: а — Байконур (Казахстан); б — Плесецк (Архангельская область); в — Куру (Французская Гвиана); г — м. Канаверал (Флорида, США). Изображения Google Earth

Однако вызванное землетрясением в другом районе цунами спровоцировало катастрофу [4].

При прогнозе геологической опасности требования для разных инженерных сооружений различны. То, что может быть безопасно для сельских поселений, магистральных трубопроводов и дорог, опасно для типового и производственного строительства, а безопасное для типового строительства может оказаться опасным для уникальных сооружений с особыми требованиями к устойчивости (АЭС) [1]. Поэтому инженерно-геотектонические исследования должны существенно различаться для массового строительства, ответственных сооружений и прецизионных сооружений.

Изучение тектонических структур и движений для инженерных целей требует внедрения новых методов. Важным требованием к ним является возможность регионального охвата территории и быстрота проведения.

Появившиеся в арсенале геологов в середине прошлого века, но до сих пор недостаточно оцененные, аэрокосмические методы удачно дополняют другие, позволяя районировать изучаемые территории, нацеливать дороги, трудоемкие и длительные детальные наземные исследования на оптимальные участки, увязывать между собой точечные наблюдения и вести мониторинг уже реализованных проектов.

При рассмотрении основных комплексов инженерно-тектонических исследований, рекомендуемые при изучении различных опасных и вредных геологических процессов [3], можно полагать, что космические методы являются наиболее универсальными.

Для достижения оптимального результата можно рекомендовать:

- использование разномасштабных материалов (материалов различного разрешения), поскольку каждое разрешение дает возможность изучать различные по размеру объекты и применять метод последовательной детализации изучения геологических структур;
- использование изображений, выполненных в различных зонах спектра;
- использование изображений с высоким разрешением, что позволяет определять современные тектонические смещения;

- использование изображений различных лет с максимально доступным диапазоном времени съемок, что позволяет попытаться выявить неравномерность тектонических смещений.

Также стоит отметить, что в настоящее время существует целый ряд опасных процессов, для которых набор инженерно-тектонических исследований пока не выяснен, например мерзлотные.

К ответственным сооружениям, занимающим гигантские площади, относятся и космодромы, число которых неуклонно возрастает (рис. 1).

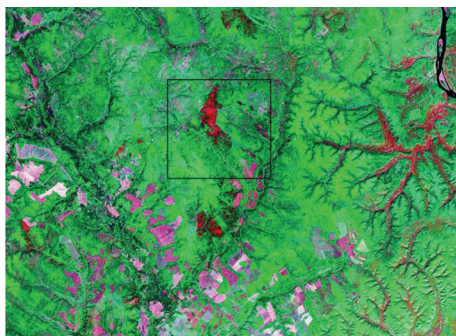
Как видно на изображениях, несмотря на различия в геологической позиции этих территорий, различия в ландшафтах и их антропогенной освоенности и, следовательно, фотогеничность разломов, они могут быть дешифрированы на всех этих площадках.

В настоящее время в тайге Амурской области строится еще один полигон — Восточный, расположенный неподалеку от военной базы (военного городка) Свободный (рис. 2).

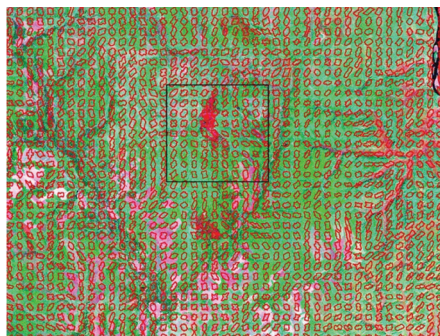
Этот полигон располагается в междуречье Зеи и Амура. Ближайший населенный пункт — Углегорск. Даже при беглом взгляде на космические изображения этой территории видно, что здесь имеются многочисленные разрывы, дешифрирующиеся по стандартным для них признакам, наиболее надежный из которых — спрямленные элементы рельефа вообще и гидросети в особенности. Так, субширотный разрыв проходит через самую середину полигона. Не вдаваясь в подробности геологического строения территории, ограничимся дешифрированием его разломно-блокового каркаса.

Основным дешифрируемым изображением был фрагмент мозаики NASA [7]. Для дешифрирования использовалась программа LESSA (Lineament Extraction and Stripe Statistical Analysis — выделение линеаментов и штрихов, статистический анализ) [2].

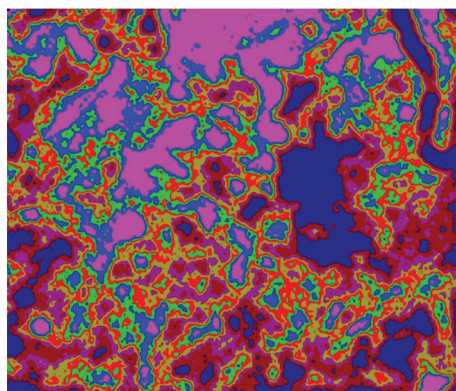
На рис. 2а приведено исходное изображение. На рис. 2б показана построенная по мелким штрихам картодиаграмма роз-диаграмм. Очевидно, что разные по облику розы-диаграммы отражают различные в тектоническом плане участки. Можно убедиться, что на территории планируемого полигона розы-диаграммы различны.



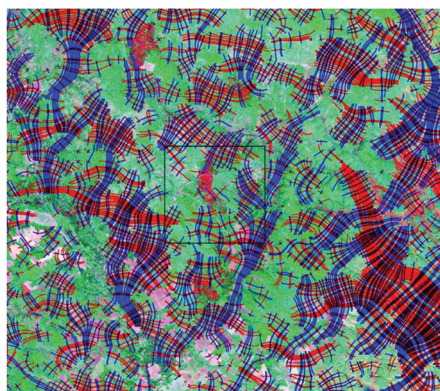
а



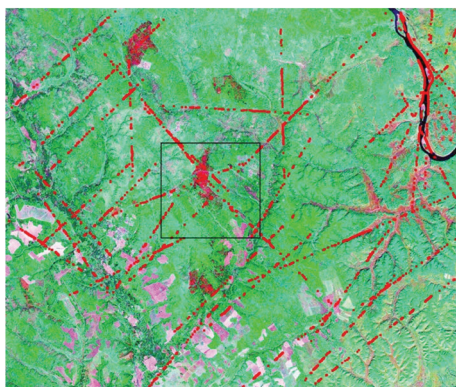
б



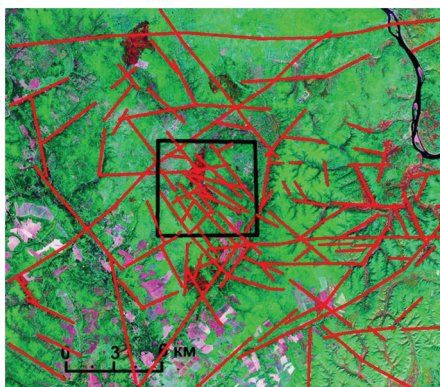
в



г



д



е

Рис. 2. Фрагмент мозаики космического изображения района космодрома Восточный, и результаты обработки снимков с помощью программы LESSA

На рис. 2в приведена карта интенсивности штрихов, которая тоже отражает интенсивность вертикальных движений, особенно если максимальные градиенты этих движений выстраиваются в прямые линии, отражая перемещающиеся блоки.

На рис. 2г показана карта линий удлинений роздиаграмм (красные) и перпендикулярные им направления (синие). Эти линии можно с определенной долей допущения трактовать как проекции на горизонтальную плоскость (поверхность рельефа) направлений ориентировки максимальных сжимающих и растягивающих напряжений. Естественно, что те участки, на которых ориентировка этих линий меняется или линии обрываются, можно трактовать как узлы сочленения различных блоков.

На рис. 2д приведена карта протяженных (в терминологии LESSA) линеаментов, выделенных программой. Видно, что часть их проходит непосредственно через будущую площадку.

На основе приведенных схем была построена обобщенная схема дешифрирования (рис. 2е) линеаментов, которые предположительно отражают разломы. Относительное сгущение сети линеаментов в районе строительства будущего космодрома обусловлено также субъективным фактором — большим вниманием к этому участку и рассмотрением этого участка также в более крупном масштабе. Детальное рассмотрение этой территории демонстрирует различные врезы и рисунки тальвегов мелких водотоков по разные стороны линеаментов, что позволяет трактовать их как живые (активные) разрывы.

Таким образом, предварительное рассмотрение космических изображений территории будущего строительства космодрома «Восточный» заставляет внимательно отнестись к возможности движений по разломам и учитывать их при его строительстве и эксплуатации.

Господствовавшее веками представление о неизбытности земной тверди оказалось не вполне верным. На самом деле земная кора разбита сетью разрывов на блоки, перемещающиеся друг относительно друга с большей или меньшей интенсивностью. Оптимальный материал для предварительного картирования разрывов — космические изображения, по которым можно выя-

вить их в естественных границах и соотношениях с другими объектами.

Изучение космических изображений территории позволяет локализовать опасные участки и разместить на них участки наземного мониторинга, предусмотреть защитные мероприятия и конструктивные решения.

Таким образом, можно говорить о том, что интеграция результатов обработки данных ДЗЗ с системами управления и принятия решений в организационных структурах, имеющих территориально распределенный имущественный комплекс это важный аспект решения вопросов информационного обеспечения управления.

Только на основе всесторонней и объективной информации возможно адекватное принятие управляющих решений, регулирующих хозяйственное освоение территории, проведение превентивных операций и принятие решений чрезвычайного характера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боярчук К.А., Горшков А.И., Кузнецов И.В., Пиотровская Е.П., Милосердова Л.В., Малушина Н.И. Использование спутниковых данных для разведки недр и идентификации тектонически неустойчивых структур // МНЖ «Актуальные проблемы авиационных и аэрокосмических систем: процессы, модели, эксперимент». — № 1(28). Т 14, 2009. — С. 31 — 43.
2. Златопольский А.А. Новые возможности технологии LESSA и анализ цифровой модели рельефа. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов: Сборник научных статей. Том 8. — № 3. — М.: ООО «ДоМира», 2011. — 320 с.
3. Несмеянов С.А. Введение в инженерную геотектонику. — М. Научный мир, 2004. — 216 с.
4. Learning lessons from the Fukushima disaster / *Physicsworld* // Volume 24 №5 May 2011 P.12 — 13 // IOP Publishing Ltd, Dirac House, Bristol BS1 6BE, UK
5. <http://lenta.ru/news/2010/02/28/lhc/>
6. <http://lenta.ru/news/2011/04/12/drilling/>
7. <http://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/mrsid.pl>