

5. Самойлова Г.С. Горный Алтай. Особенности структурной организации ландшафтов/ Известия Горно-Алтайского отделения РГО. Вып.1. 2008. – С.117-124
6. Хаин В.Е. Глобальная геодинамика: новые успехи, старые и новые проблемы // Тектоника и геофизика литосферы. Материалы XXXV Тектонического совещания. Т. II. М.: ГЕОС, 2002. С.279–280.
7. Чебаненко И.И. Является ли ротационная динамика Земли (причиной, движущей силой) главным источником геологических процессов на планете Земля?//Геологический журнал. 2011. №1. С.128-131

## ДИСТАНЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ В РЕШЕНИИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

**М.И. Джумашев, Н.А. Федоров**

Научный руководитель доцент Ю.С. Ананьев

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Современный уровень научно-технологических разработок открывает новые перспективы использования объективной многоцелевой космической информации при геологическом изучении недр. Основной целью использования данных дистанционного зондирования Земли (ДЗ) является повышение информационности и прогностических качеств разномасштабных геологических, гидрогеологических, минерагенических и других карт геологического содержания, а также обеспечение оперативного мониторинга геологической среды. В настоящее время ДЗ используются при геологических работах в виде геоинформационных продуктов – дистанционных основ (ДО) Госгеолкарт – 1000/3 и – 200/2, созданных на базе многоспектральных снимков Landsat 7, Landsat 8 и гиперспектральных данных ASTER. ДО создаются в соответствии с «Требованиями к опережающей дистанционной основе Государственных геологических карт Российской Федерации масштаба 1:1 000 000 и 1:200 000».

Опτικο-электронные спутниковые системы дистанционного зондирования Земли (ДЗ) позволяют получать пространственную информацию о земной поверхности в видимом, инфракрасном и тепловом диапазонах. Они способны распознавать пассивное отраженное излучение земной поверхности в видимом и ближнем инфракрасном диапазонах. В таких системах излучение попадает на соответствующие датчики, генерирующие, электрические сигналы в зависимости от интенсивности излучения. Исходя, из данных мировой группировки спутников ДЗ у России несколько действующих спутников: Метеор-М №1, №2, МКА-Н, Монитор-Э, Обзор-О, Ресурс-ДК1 и Ресурс-П №1, №2, Канопус-В и др. Материалы, получаемые с этих спутников играют огромную роль в решении геологических задач. Например: геологическое картирование; информационное обеспечение поиска нефти, природного газа, золоторудных, урановых, полиметаллических и других месторождений полезных ископаемых; создание и обновление топографических и специальных карт и планов вплоть до масштаба 1:5000 и многие другие задачи.

Для извлечения геологической информации из материалов ДЗ используют процедуры дешифрирования. На данный момент наиболее широкое распространение получили следующие виды дешифрирования аэро- и космических снимков: *вещественное и структурное*.

В основе *вещественного дешифрирования* лежат спектральные методы дистанционного зондирования. Изучение спектральных свойств минералов и горных пород методами ДЗ основано на минералогических и петрографических исследованиях. В настоящее время минеральный и литологический состав земной коры известен достаточно хорошо. Более 92% земной коры по массе составляют силикаты – соли кремниевых кислот, поэтому их исследованию и придаётся такое большое внимание. В самом общем виде главные диапазоны линий поглощения основных классов минералов представлены на рисунке 1 (1). Исходя из наличия технических средств и расположения спектральных линий поглощения основных минералов, был сделан вывод, что на сегодняшний день для спектрального анализа материалов дистанционного зондирования в геологии наиболее целесообразно использовать данные полученные радиометром ASTER. Данные получаемые с этого радиометра характеризуются наличием трех каналов в видимой, шести в инфракрасной и пяти в тепловом диапазонах.

Спектры горных пород отличаются большим разнообразием и определяются минеральным составом, типом кристаллической решётки минералов, размером зерен минералов, степенью увлажненности и другими факторами. В видимом диапазоне спектра минералы и горные породы различаются слабо. Значительно больше различий наблюдается в ближнем инфракрасном (БИК) диапазоне. Здесь многие группы минералов, такие как глины, карбонаты, сульфаты имеют отчётливые линии поглощения, регистрируемые современными средствами ДЗ. В качестве примера на рисунке 1 (2) приведены спектры некоторых минералов в БИК диапазоне [4].

*Структурное дешифрирование* предусматривает выявление по аэрокосмическим изображениям особенностей ландшафта, связанных с проявлением на земной поверхности тектонических форм и элементов глубинного строения. При дешифрировании МДС используется *контрастно-аналоговый* и *геоиндикационный* методические подходы [2]. *Контрастно-аналоговый метод* изучения структурных элементов литосферы по МДС заключается в типизации полей фотоизображения с определенным набором дешифровочных признаков. В этом случае априорно предполагается, что территории со сходными геолого-геоморфологическими условиями имеют на МДС одинаковый фоторисунок, а с различными – отличаются по фотоизображению. При изучении тектонических особенностей по МДС таким способом основное значение имеет анализ структуры фотоизображения. Структурные формы платформенного чехла и фундамента, активизированные на неотектоническом этапе, отражаются на МДС в виде линейных, кольцевых и площадных аномалий рисунка аэрокосмического изображения. Линейно вытянутым контрастным фрагментам фоторисунка соответствуют

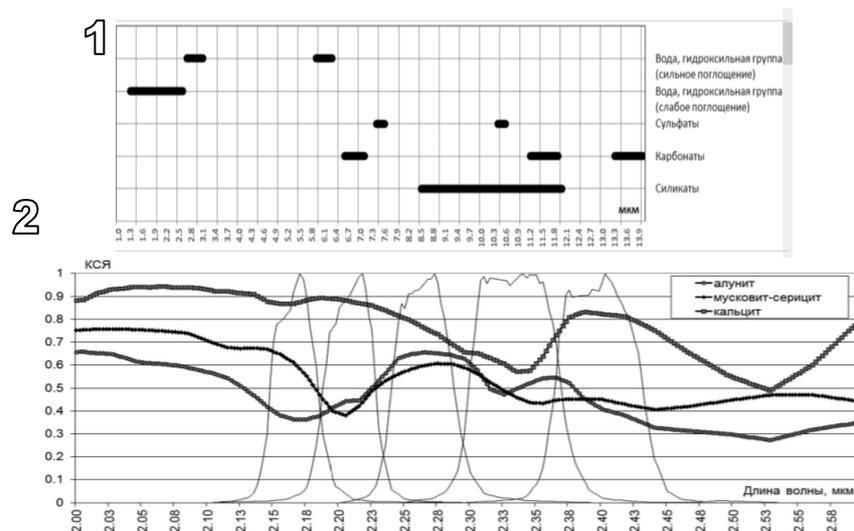


Рис. 4 Линии поглощения основных классов минералов и гидроксильных групп воды в минералах (1); коэффициенты спектральной яркости некоторых минералов в диапазоне 2,0-2,6 мкм: алуниит (сульфаты), мусковит-серицит (слюды), кальцит (карбонаты). Тонкими линиями показаны спектральные функции пропускания каналов спектрорадиометра ASTER (2)

линеаменты – индикаторы тектонической нарушенности земной коры. Системы полосовых аномалий более темного фотона, чем соседние участки фотоизображения, являются показателями зон трещиноватости с повышенной проницаемостью для глубинных флюидов. Изометричная ориентировка фотоаномалий характерна для кольцевых структур – сложно построенных гетерогенных образований земной коры. Площадным аномалиям фоторисунка соответствуют тектонические блоки, различающиеся новейшим геодинамическим режимом. При тектонических построениях на основе МДС наиболее информативен *геоиндикационный метод*, предусматривающий анализ ландшафтных индикаторов проявлений структурных элементов литосферы [3]. По аэро- и космическим снимкам с привлечением значительного объема фактологического материала (геоморфологического, геохимического, геолого-геофизического и др.) устанавливают корреляционные связи между ландшафтными особенностями земной поверхности, геодинамическим режимом развития и погребенными структурными формами. Чем выше степень унаследованности структурного плана платформенного чехла структурам фундамента, тем информативнее геоиндикационное дешифрирование МДС. Рассмотрим, структурное дешифрирование на примере кольцевой структуры Инаглинского интрузивного массива и интрузивного массива Кондер (рис. 2 (1,2)).



Рис. 2 Инаглинский интрузивный массив (1); интрузивный массив Кондер (2)

Суммируя все вышесказанное, в первую очередь хочется отметить колоссальный вклад в развитие геологии материалов дистанционного зондирования. Использование их в научных исследованиях не только обновило методику геологического изучения поверхности Земли, но также и открыло новые возможности. Тематическое картографирование исследуемых территорий движется по пути все большей автоматизации и упрощения этого сложного процесса. Для геолого-геоморфологических исследований снимки ДЗЗ сейчас выступают чуть ли не главными опорными материалами в силу своей разносторонней информативности и

обзорности. Доступность данных будет максимально упрощаться, а качество материалов лишь повышаться во времени. Дистанционное зондирование – дисциплина будущего, однако имеется ещё много недоработок как технического, так и теоретического характера. Необходимо сказать, что этим проблемам уже уделяется много внимания учеными в области данной науки. Таким образом, наука дистанционного зондирования движется по вектору постоянного развития и совершенствования.

#### Литература

1. Аковецкий В.И. Дешифрирование снимков: Учеб. для вузов. / В.И. Аковецкий. М.: Недра. 1983. – 377 с.
2. Верещака Т.В., Зверев А.Т., Сладкопечев, С.А. Судакова С.С. Визуальные методы дешифрирования: Учеб. пособие / Т. В. Верещака, А. Т. Зверев, С.А. Сладкопечев, С. С. Судакова. М.: Недра. 1990. – 341 с.
3. Кац Я. Г., Тевелев А.В., Полетаев А.И. / Основы космической геологии: Учеб. пособие. / Я.Г. Кац, А.В. Тевелев, А.И. Полетаев. М.: Недра. 1988. – 235 с.
4. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых / под. ред. докт. геол.-мин. наук, проф. А.А. Поцелуева. – 2-е изд. – Томск: STT. 2012. – 304 с.

### ГИГАНТСКИЕ ТЕКТНИЧЕСКИЕ БРЕКЧИИ В ЗОНАХ РАЗЛОМОВ

П.О. Маерков

Научный руководитель доцент В.Г. Житков

*Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Тектонические брекчии, как горные породы, состоящие из угловатых обломков горных пород, сцементированных мелко- тонкозернистым материалом, широко известны и относятся к проявлениям разломной сдвиговой тектоники с особыми условиями формирования. Эти особые условия определяются относительно низкими значениями температуры и давления. Другими словами, тектонические брекчии - образования малых глубин, или "эпизоны", характеризующейся парагенезисами хрупких деформаций.

Данные породы описаны в геологической литературе и в особой дополнительной характеристике не нуждаются. Обратим внимание лишь на то, что размеры обломков в тектонических брекчиях, согласно данным описаниям колеблются от первых метров до долей миллиметра.

Проводимые исследования с использованием материалов мультиспектральных космических съемок позволили получить новую, очень важную и актуальную, на наш взгляд, информацию в отношении масштабов проявления тектонических брекчий в зонах крупных разрывных структур.

В качестве примера нами взяты фрагменты зон тектонических сдвиговых деформаций западной Монголии и Ирана в силу их практически полной обнаженности и высокой спектральной контрастности, слагающих данные деформационные комплексы, горных пород. Исследования проводились на материалах мультиспектральных космических съемок Landsat ETM+ с комбинацией спектральных каналов в видимом диапазоне, а также в препаратах синтеза видимого, ближнего и среднего инфракрасного диапазонов с размером пиксела 30 м, обработанных по апробированным методикам [1, 2].

Район, насыщенный мегабрекчиями гранитоидов расположен в западной части Монголии и примерно в центральной части тектонической зоны. "Обломки" гранитов имеют близкие к изометричным угловатые формы и размеры от 10 до 24 км в поперечнике (рис. 1). Они "плавают" в черносланцевом пластическом субстрате тонко полосчатой, линзовидно-полосчатой, свилеватой текстуры.



*Рис. 1. Мегабрекчия гранитов. Светлые блоки в центральной части снимка - "обломки" гранитов (размеры от 10 до 24 км). Зап. Монголия*

же тектонической зоны. Размеры угловатых фрагментов гранитов колеблются в пределах от 5 до 30 км, а общий диапазон "растаскивания" составляет 187 км в северо-западном направлении. Как и в предыдущем примере, блоки гранитоидов заключены в пластичный сланцевый субстрат тонко полосчатой, линзовидно-полосчатой и свилеватой текстуры.