

4. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. Дистанционные методы геологических исследований, прогноза и поиска полезных ископаемых (на примере Рудного Алтая). – Томск: СТТ, 2007. – 228 с.
5. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. Картирование погребенных палеодолин и кор выветривания по материалам современных космических съемок // Россыпи и месторождения кор выветривания 2010: Матер. XIV междунар. совещания – Новосибирск: Изд-во «Апельсин», 2010. – С. 570 – 574.

## ДИСТАНЦИОННОЕ ЗОНДИРОВАНИЕ В ИЗУЧЕНИИ РУДНЫХ И НЕФТЕГАЗОВЫХ РАЙОНОВ СИБИРИ

Ю.С. Ананьев, доцент

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

Сибирь и Дальневосточные регионы являются главными источниками большинства полезных ископаемых добываемых в России. Здесь сосредоточены основные запасы золота, урана, алмазов, меди, никеля, алюминия, платиноидов, угля, нефти, газа и других полезных ископаемых. Помимо известных районов масштабные геологоразведочные работы ведутся на перспективных площадях в новых труднодоступных и малоосвоенных регионах.

Использование материалов космических съемок (КС) здесь весьма актуально, в том числе на изученных и опосредованных наземными методами площадях. Здесь можно рассчитывать, главным образом, на выявление скрытых рудных объектов. Следовательно требуется применение инновационных технологий, которые позволяют на начальном этапе в короткие сроки при минимальных затратах средств значительно локализовать перспективные площади для постановки детальных поисковых и оценочных работ комплексом глубинных методов.

Очевидными преимуществами материалов ДЗЗ являются многие параметры [3]. Но необходимо подчеркнуть, что в отличие от традиционно используемых в геологии профильных наблюдений, которые характеризуются выборочной пространственной информативностью (в зависимости от ориентировки профилей), материалы КС равно азимутально информативны. В связи с этим они позволяют, как правило, получать принципиально новую геологическую информацию даже на детально изученных площадях.

В последнее время количество спутниковых съемочных систем постоянно возрастает и практически удваивается ежегодно. Это создает весьма благоприятные условия для использования не только архивных данных КС, но и заказа оперативных съемок в текущем режиме. В последнем случае возникает содержательная задача – определение оптимального вида КС и наиболее информативного сезона съемки.

Современные мультиспектральные данные позволяют получать информацию в широком спектре от коротковолновой части видимого диапазона (0,3-0,4 мкм) до теплового (10-20 мкм) и радиодиапазона ( $n \cdot \text{см}$ ) с малым ( $>30$  м), средним (30-10 м) и высоким ( $<1$  м) пространственным разрешением. В разных диапазонах КС геологические объекты и явления проявляются по-разному. В одних случаях предпочтительна съемка в каких-то участках видимого диапазона, в других случаях более информативны различные каналы ИК и теплового диапазонов [3].

Для решения многих геологических задач применяется комплекс методов, когда используются данные КС нескольких масштабов, разных спектральных диапазонов, при этом используются материалы различных съемочных систем.

В Национальном исследовательском Томском политехническом университете разработкой технологий обработки и дешифрирования современных мультиспектральных космических снимков для решения геологических задач занимаются в центре дистанционных методов исследований и мониторинга окружающей среды. Сотрудниками центра проведены разномасштабные работы (1:500000 – 1:5000) в Горном (Калгутинский редкометалльный район) и Рудном Алтае (Зыряновский и Лениногорский полиметаллические районы), в Западной Калбе (район золоторудного месторождения Бакырчик), в Восточной (Бодайбинский золоторудный, Аkitканский золото-урановорудный и Витимский урановорудный районы), Центральной (Ванкорский нефтегазоносный район) и Западной Сибири (Ортон-Федоровский золоторудный и Усинский районы), Северном Казахстане (Валерьяновская СФЗ) [1, 2, 4]. Изученные районы значительно отличаются по природным условиям – типу рельефа, характеру биоклиматических зон, степени обнаженности, составу и мощности рыхлых перекрывающих отложений, геокриологическим условиям. В каждом конкретном случае возникает задача комплексирования материалов различных КС. Проведенными исследованиями показана высокая геологическая информативность ДЗЗ во всех природных обстановках.

Выполняемые исследования позволили доказать на многочисленных примерах, что материалы ДЗЗ позволяют решать геологические задачи на всех без исключения этапах и стадиях геологоразведочных работ. От прогноза до разведки и освоения месторождений. При этом на каждой стадии работ в зависимости от масштаба работ и решаемых задач необходимо использовать свой наиболее информативный комплекс материалов ДЗЗ.

Установлены закономерности размещения известных рудных районов и месторождений в участках сопряжения разноориентированных линеаментов с кольцевыми структурами, имеющими глубинную природу. Впервые показано блоковое строение некоторых районов. Выделены очаговые структуры, оказывающие закономерное влияние на размещение полезных ископаемых. На значительных площадях (до 2500 км<sup>2</sup>), перекрытых мощными аллохтонными отложениями, изучено геологическое строение фундамента и выявлены элементы рудоконтроля погребенных месторождений.

Установлены ранее не известные (в том числе не обнаруженные наземными и аэро-работами) элементы геологического строения, имеющие важное минерагеническое значение. Получены принципиально новые данные о характере структур ряда районов и рудных полей, уточнены границы интрузивных тел и характер их

взаимоотношения, проведено расчленение и определен характер залегания стратифицированных образований, выделено значительное количество новых тектонических зон рудоконтролирующего и пострудного характера, уточнено положение известных рудных объектов, выявлены новые перспективные жильно-метасоматические зоны.

#### Литература

1. Ананьев Ю.С., Поцелуев А.А., Житков В.Г. Космоструктурные модели золоторудных объектов Западной Калбы. // Известия Томского политехнического университета. – 2010. – Т. 317. – № 1. – С. 35 – 41.
2. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Анникова И.Ю. и др. Космоструктурная модель района Калгутинского редкометалльного месторождения (Горный Алтай) // Известия Томского политехнического университета. – 2007. – Т. 311. – № 1. – С. 45–53.
3. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. и др. Дистанционные методы геологических исследований, прогноза и поиска полезных ископаемых (на примере Рудного Алтая) – 2-е изд., доп. и испр. – Томск: STT, 2010. – 228 с.
4. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. Картирование погребенных палеодолин и кор выветривания по материалам современных космических съемок // Материалы XIV международного Совещания «Россыпи и месторождения кор выветривания: современные проблемы исследования и освоения» (2-10 сентября 2010 г., г. Новосибирск). – Новосибирск, 2010. – С. 570 – 574.

### АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ОСЕДАНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ В РАЙОНЕ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК НА ОСНОВЕ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

К.Н. Апачиди<sup>1</sup>, О.Р. Верещагин<sup>1</sup>

Научные руководители доцент О.С. Токарева<sup>1</sup>, старший преподаватель Д.В. Мозер<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

<sup>2</sup>Карагандинский государственный технический университет, г. Караганда, Казахстан

При добыче угля и других полезных ископаемых происходит оседание земной поверхности и образуются зоны обрушения и сдвижения [6], при этом возникает риск повреждения и разрушения различных объектов на расположенных рядом территориях.

Сдвигение горных пород — перемещение и деформирование массива горных пород вследствие нарушения его естественного равновесия при ведении горных работ. Непосредственно над очистной выработкой слои пород теряют сплошность и обрушаются в выработанное пространство [3].

В Карагандинской области (Казахстан), где в настоящий момент имеется большое количество шахт со значительным объемом выработанного угля, уже зарегистрированы случаи деформации железнодорожного полотна, проседания автомобильных дорог и возникновения трещин на стенах зданий. В связи с этим актуальным является своевременное обнаружение и прогноз процессов оседания в их начальной стадии для предупреждения чрезвычайных ситуаций.

Использование современных возможностей дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ) из космоса позволяет получать оперативные сведения о местоположении, скорости и характере изменения поверхности. В настоящее время активно развивается спутниковая радарная интерферометрия – метод измерений, использующий эффект интерференции электромагнитных волн. Интерферометрическая обработка пар и серий снимков выполняется, в частности, с целью определения просадок земной поверхности и является одним из уникальных и перспективных направлений в использовании радарных снимков. Например, в [5] изложены результаты применения данных радарных космических снимков, получаемых со спутника ENVISAT для мониторинга территории Карагандинского угольного бассейна.

Целью данной работы является оценка оседания земной поверхности в районе угледобычи на основе радиолокационных данных со спутников Cosmo-SkyMed и данных наземных исследований.

Изучение оседания поверхности проводилось в районе выработки шахты им. Т. Кузубаева в Карагандинской области. Для определения границ опасных участков были совмещены планы горных работ шахты и карта изучаемой территории. В результате обнаружено, что в центре данного участка находится пересечение железнодорожного пути и автодороги А17 вблизи п. Актас. Таким образом, сдвигение и обрушение грунта на рассматриваемом участке может привести к деформации железнодорожного полотна и поверхности автомобильной автодороги, и, в конечном итоге, к опрокидыванию поездов и автокатастрофам.

Для исследований использовались космические радарные снимки со спутников Cosmo-SkyMed 1–4, которые оснащены антенной с синтезированной апертурой, позволяющей выполнять интерферометрическую съемку земной поверхности с пространственным разрешением лучше 1 м на местности. Съемка проводится в X-диапазоне электромагнитного спектра с длиной волны 3,1 см [4]. Получаемая в результате обработки снимков интерферограмма представляет собой разностно-фазовую картину поверхности, которая строится путем комплексного перемножения основного изображения и изображения, комплексно-сопряженного к вспомогательному. Для построения интерферограммы выбрана пара снимков с датами съемки 9 и 13 мая 2014 г.

Построение интерферограммы местности проводилось с использованием модуля Interferometry комплекса SARscape системы для обработки данных ДЗЗ ENVI. SARscape Interferometry предназначен для обработки интерференционных радиолокационных данных (интерферометрия с двух соседних витков, InSAR) и дифференциальных интерференционных радиолокационных данных (интерферометрия п. проходов, DInSAR) для создания цифровых моделей рельефа, карт когерентности и смещений/деформаций земной поверхности [4].

Наземная оценка степени оседания на исследуемой территории проводилась одним из классических