

Линеаменты третьего порядка распространены практически равномерно и повсеместно. По направлениям простираций этих линеаментов в целом соблюдается закономерная связь с космоструктурами 1 и 2 порядка. Основным направлением простираения в этом случае является восточно-северо-восток ($62-77^\circ$) (рис. 1в). Длина линеаментов колеблется от 0,3 до 1,5 км, их количество составляет 490. Подавляющее большинство их находится в пределах 0,7-1 км в длину. Небольшие поля их концентрации выделяются на юге, северо-западе и северо-востоке.

Таким образом, прямолинейные линеаменты всех порядков обнаруживают структурную и парагенетическую взаимосвязь. Направления простираций на розе-диаграмме всех выделенных структур данного типа соответствуют восток-северо-востоку ($63-72^\circ$) и в намного меньшем количестве восточно-юго-востоку ($105-115^\circ$). Общее число выявленных линеаментов – 1535. Средняя длина 2,7 км (рис. 1г).

Используя названные выше статистические данные была выявлена связь преобладающих направлений линеаментов с простираем антиклинория Западного Саяна и крупных региональных разломов, таких как Саяно-Минусинский, Северо-Саянский, Борусский и Кандатский [4], так же установлена пространственная связь выявленных структур с джебашской зоной Западного Саяна [2].

Направления линеаментов 2-го и 3-го порядков (восток-северо-восточное), а так же направления наиболее крупных линеаментов 1-го порядка (северо-западное) свидетельствуют о наличии системы сопряженных продольных и поперечных разломов, образовавшихся при развитии Тувинско-Минусинско-Западносибирской РКС [1].

Доминирующими являются продольные разломы представленные либо крупными региональными нарушениями. Они ортогонально пересекаются поперечными разломами, имеющими трансформный характер, которые по масштабам развития редко выходят за пределы рассекаемых ими региональных структур. В совокупности данные нарушения образуют своеобразный разломный каркас РКС и являются структурами первого порядка.

Оперяющие их и менее масштабные разломы, характеризующиеся примерно такой же пространственной ориентировкой, представляют собой структуры второго порядка. По масштабам развития они имеют внутрирегиональный характер [1] и хорошо прослеживаются на изучаемой территории в виде линеаментов 2-го порядка описанных выше.

Помимо отмеченных разломов в пределах составных частей региональных структур, располагается весьма значительное количество нарушений, имеющих локальный характер проявления – это выделенные линеаменты 3-го порядка. Их структурный план заметно более разнообразен, чем у структур более высоких порядков, но они субсогласны по простираению с разломами первого и второго, и соответственно с линеаменами 1-го и 2-го порядков. По масштабам развития эти мелкие (продольные и поперечные) сопряженные разломы (линеаменты) относятся к структурам третьего порядка [1].

Таким образом, в ходе интерпретации схемы линейных структур было установлено преобладающее направление линеаментов 2-го и 3-го порядков (восток-северо-восточное) и направление наиболее крупных линеаментов 1-го порядка (северо-западное). Эти статистические данные показали, что выделенные линеаменты имеют прямую связь с Тувинско-Минусинско-Западносибирской РКС, а именно с её системой продольных и поперечных разломов.

Литература

1. Гринев О.М. Рифтовые системы Сибири: методология изучения, морфотектоника, минерагения. – Томск : СТТ, 2007. – 434 с.
2. Милановский Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии): учебник для вузов. – М. : Изд-во МГУ, 1996. – 448 с.
3. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. Дистанционные методы геологических исследований, прогнозирования и поисков месторождений полезных ископаемых: учебное пособие для вузов. – Томск : Изд-во СТТ, 2012 г. – 304 с.
4. Схема структурно-геологического районирования Алтая, Саян и Енисейского края / сост. и подгот. к печати картфабрикой ВСЕГЕИ г. СПб. ; редакторы П.С. Матросов, Г.Н. Шапошников, А.П. Щеглов. – 1: 5 000 000. – СПб., 19__ г. – 1 карта (3 листа)
5. Требования к дистанционным основам Госгеолкарты-1000/3 (ДО-1000/3) и Госгеолкарты-200/2 (ДО-200/2) / СПб. : Изд-во СПб картфабрики ВСЕГЕИ, 2006 г. – 21 с. (МПР России, ФГУНПП «Аэрогеология», ГУП «НИИКАМ»).

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ МАТЕРИАЛОВ КОСМИЧЕСКОЙ СЪЕМКИ ВЫСОКОГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАЗРЕШЕНИЯ В РЕШЕНИИ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ ЗАДАЧ

С.В. Тимошков, Р.И. Сафин, Т.Е. Каркаранов

Научный руководитель профессор А.А. Поцелуев

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия

К настоящему времени разработана большая группа методов, в которых используются разнообразные физические и технические подходы в дистанционных геологических исследованиях [7]. Эффективность проведения МКС зависит от метода, территории проведения работ и выполнения запланированных съемок. Использование материалов космических съемок позволяет получать качественно новую информацию не только

при геолого-съёмочных и прогнозно-поисковых работах, но и на более детальных стадиях оценочных и разведочных работах. Это актуально как для новых, так и для детально изученных площадей. Из этого следует, что требуется применение таких технологий, которые позволяют на начальном этапе в короткие сроки при минимальных затратах средств уточнить геологическое строение и значительно локализовать перспективные участки для постановки детальных работ комплексом глубинных методов.

Необходимо подчеркнуть, что в отличие от традиционно используемых в наземных и аэроисследованиях профильных наблюдений, которые характеризуются выборочной пространственной информативностью (в зависимости от ориентировки профилей), современные МКС 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, средним и высоким (< 1 м) пространственным разрешением [2]. В данных диапазонах съёмки геологические объекты и явления проявляются по-разному. Важно при этом учитывать природные условия региона работ – особенности рельефа, характер растительности, тип и мощность рыхлых отложений, обводненность, климатические особенности, наличие вечной мерзлоты и пр. По данным МКС они дают принципиально новую геологическую информацию даже на мало изученных площадях.

При выборе методов дистанционных исследований в каждом конкретном случае следует опираться на следующие основные положения:

- комплекс применяемых методов должен соответствовать характеру исследуемых объектов и условиям их проявления в данной обстановке;
- в комплексе не должно быть дублирующих друг друга методов;
- выбранный комплекс методов должен обеспечить минимальные затраты времени и средств на решение поставленных задач.

Дистанционные исследования позволяют выявлять косвенные признаки месторождений полезных ископаемых и геологические структуры.

Данные дистанционного зондирования широко используются при решении различных задач, в том числе, весьма успешно, в прогнозировании и поиске месторождений полезных ископаемых, в геологических и геоэкологических исследованиях и картографии и т.д.[4]. Сложность и высокая стоимость получения геолого-геофизической информации традиционными наземными и аэро методами в труднодоступных районах, где осуществляется поиск и добыча полезных ископаемых, повышает значение технологий дистанционного получения данных.

В России уделяется большое внимание созданию новых космических аппаратов для изучения земной поверхности. В этих технологиях будут использоваться более ста новых изобретений и более двухсот программ. АО «Российские космические системы» получило государственную регистрацию и будет заниматься созданием новых космических аппаратов. 28 разработок «Российских космических систем» включены в базу данных перспективных изобретений Роспатента. Среди них – бортовая информационная система с радиолинией метрового диапазона волн, устройство для сбора и обработки результатов телеметрических измерений, системы оценивания помехозащищенности навигационного контура космических аппаратов, спутникового мониторинга смещений инженерных сооружений с использованием спутниковых навигационных систем.

В России материалы космических съёмок стали широко использоваться в геологоразведочных работах. Этому способствует появление новых космических систем расширяющих спектр решаемых геологических задач [1,2,5,6]. За последние 5 лет запущены такие спутники, как Электро-Л №2; Канопус-В; Ресурс-П №2; БКА. Именно они обеспечивают оперативное решение многих задач отрасли, в числе которых такие важные как:

- 1) создание высокоточной топографической основы для привязки скважин, сейсмопрофилей и инфраструктуры промыслов, а также для многоцелевых задач на всех этапах геологоразведочных работ;
- 2) детальная оценка инженерно-геологических условий участка работ и выявление предпосылок стихийных бедствий (наводнений, оползней, землетрясений и др.);
- 3) изучение региональной структуры и зон нефтегазового накопления для слабо исследованных территорий

Восточной Сибири и Дальнего Востока;

- 4) выявление зон трещиноватости в карбонатных резервуарах, обладающих высокими фильтрационно-емкостными свойствами.

В частности в Томском политехническом университете разработкой технологий комплексирования, обработки и анализа МКС для решения геологических задач масштаба от 1:1000 000 до 1:5000 занимается научно-инновационный центр космогеологических исследований «Космогеология» [3]. Выполняются исследования прогнозного, поискового, оценочного и разведочного назначения (в том числе инженерно-геологические исследования) на различные виды полезных ископаемых в различных структурах земной коры.

Говоря о возможностях «космической» геологоразведки, подразумевается удивительный эффект, благодаря которому, подняв точку наблюдения, можно увеличить не только площадь, но и «глубину» обзора. Методом космического зондирования можно всего за полгода со спутника исследовать огромную территорию и дать прогноз, где есть нефть, уран или подземные воды. Исходя из этого, надо сказать, что результаты космической съёмки открыли геологам Землю «в разрезе».

Современные системы дистанционного зондирования Земли позволяют выполнить одновременную съёмку наблюдаемой территории в нескольких спектральных диапазонах и с различным разрешением на местности повышением четкости и разрешением космических изображений, основанные на различных способах комплексирования разноспектральной видеоинформации [8].

Первое направление - это комплексирование разноспектральных геометрически совмещенных изображений. Благодаря спектральному принципу съемки, одноименные объекты в различных спектральных диапазонах отображаются совершенно по-разному. Это создает предпосылки для создания методов и алгоритмов формирования некоего нового изображения, в котором с высокой четкостью объединяются все объекты наблюдаемой сцены.

Второе направление - это комплексирование равнозональных изображений, полученных в одном и том же спектральном диапазоне с помощью ПЗС-линеек, поля зрения, которых специально субпиксельно смещаются на доли расстояния между соседними фотоприемными элементами. Смещение полей зрения одноименных фотоэлементов позволяет более плотно сканировать наблюдаемую территорию и путем специальной математической обработки полученных данных повысить четкость и разрешающую способность наблюдаемых объектов.

Третье направление - это комплексирование изображений от ПЗС-линеек, работающих в различных спектральных каналах и имеющих субпиксельное смещение полей зрения. Такое комплексирование позволяет повысить качество изображений как за счет сканирования территории в более частой решетке пространственной дискретизации, так и за счет объединения информации из различных спектральных диапазонов, т.е. здесь объединяются идеи комплексирования первых двух направлений. В рамках каждого направления предполагается построить модели исходных изображений, разработать алгоритмы и методы их комплексирования и методики оценки степени повышения четкости и дешифрируемости объектов за счет проведения математической обработки.

Литература

1. Ананьев Ю.С., Поцелуев А.А., Житков В.Г. Космоструктурные позиции золоторудных объектов Заангарской части Енисейского кряжа. – Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 320. – № 1. С. 38–47.
2. Ананьев Ю.С., Поцелуев А.А., Житков В.Г. Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований № 6. 2015. Ч. 2. – С. 260-265.
3. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. Геология, геофизика и минеральное сырье Сибири: матер. 2-ой научн. – практ. конф. (21-24 апреля 2015 г.) - Новосибирск: СНИИГГИМС, 2015. С. 188 – 189.
4. Поцелуев А.А., Ананьев Ю.С., Житков В.Г. Дистанционные методы геологических исследований и поисков месторождений полезных ископаемых. – Томск: STT, 2014.– 304 с.
5. Сделано у нас. Космический аппарат дистанционного зондирования Земли «Ресурс-П» № 2 введен в эксплуатацию. [Электронный ресурс].Режим доступа <http://sdelanounas.ru/blogs/?search=%D0%A0%D0%5%D1%81%D1%83%D1%80%D1%81-%D0%9F>
6. Mapgroup. Ресурс-П 1, 2, 3, 4, 5 (Resurs-P 1, 2, 3, 4, 5).[Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://mapgroup.com.ua/kosmicheskie-apparaty/27-rossiya/221-resurs-p-resurs-p-1> (Дата обращения 19.02.2016)
7. GALSPACE. Дистанционное зондирование Земли. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://galspace.spb.ru/nature.file/dzz.html> (Дата обращения 22.02.2016)
8. РОССИЙСКИЙ ФОНД ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ. Разработка методов и информационных технологий комплексирования разноспектральных изображений с целью повышения четкости и дешифрируемости объектов наблюдаемой сцены.[Электронный ресурс].Режим доступа : http://www.rfbr.ru/rffi/ru/project_search/o_269851(Дата обращения 25.02.2016)