

**А.В. Дурандин** (ООО «ГеоКосмоМониторинг», Нижний Новгород)

В 1978 г. окончил Исовский геологоразведочный техникум, в 1986 г. — геолого-географический факультет Томского государственного университета по специальности «геология». Работал в ПГО «Красноярскгеология», «Бурятгеология», «Волгагеология». С 2009 г. — главный геолог ООО «ГеоКосмоМониторинг» (Нижний Новгород).

## Структурно-тектонический анализ данных дистанционного зондирования Земли

С 90-х гг. XX в. геофизики академических институтов занимаются изучением низкочастотных электромагнитных сигналов литосферного происхождения (Соболев Г.А., Дедов В.П., Левшенко В.Т., Гульельми А.В., Шуман В.Н. и др.). Экспериментально установлено [1,6,7], что литосфера способна генерировать электромагнитные и сейсмомангнитные возмущения. На границе раздела «Земля — атмосфера» они создают сложную

структуру электромагнитных полей, несущих информацию о процессах в земной коре, ее строении и свойствах [1,3,4,6,7]. На дневную поверхность проецируется трехмерная интерференционная картина геологического строения литосферы [6]. Регистрируемый съемочной аппаратурой искусственных спутников Земли (ИСЗ) отраженный от дневной поверхности солнечный свет модулируется низкочастотными электромагнитны-

Рис. 1.  
Снимок Landsat  
(синим контуром показаны нефтяные залежи)





Рис. 2.  
Трансформанта «min» для  
верхней полусферы для  
глубины 1900 м

ми и сейсмомангнитными сигналами, коррелированными с геологическим строением литосферы [9].

Таким образом, существующий фон природных сейсмоакустических волн, проходящих через толщу земной коры, взаимодействуя с геологическими структурами и объектами, отражается на дневной поверхности в виде интерференционной картины стоячих волн, несущих информацию, накопленную в процессе движения. Сейсмические волны, двигаясь из глубин Земли в неоднородной среде к поверхности, постоянно взаимодействуют с горными породами, генерируя вторичные низкочастотные сейсмоакустические и сейсмомангнитные колебания. Вторичные импульсы посылаются к поверхности в зависимости от формы, размера и условий залегания геологических тел под углом от 60 до 82° [2]. Эти импульсы формируют на границе раздела «Земля – атмосфера» сложную пространственно-временную информационную структуру электромагнитных полей.

На основании этого в ООО «ГеоКосмоМониторинг» разработана экспериментальная методика определения структурно-тектонического каркаса территорий по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). В методике используются данные спектрозональных космических съемок как наиболее доступные, оперативные, разномасштабные и относительно дешевые.

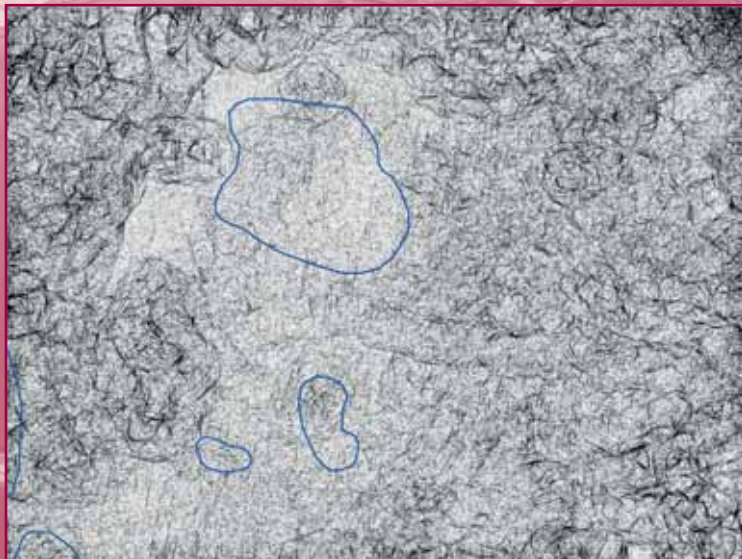
Предварительное осреднение сигнала происходит в процессе аэро- и космосъемок, в зависимости от аппаратного разрешения сенсора. Например, на снимке с космического аппарата Landsat (рис. 1) с разрешением около 15 м осредненный сигнал имеет частоту примерно 20 МГц. Демодуляция отраженного светового сигнала производится с использованием частотных и полосовых фильтров и преобразований Фурье [2].

На первом этапе выполняется автоматизированный линеаментный анализ исходного снимка программным комплексом LESSA [10]. Для демодуляции данных аэрофото- и космосъемки используется поканальный перевод в числовые матрицы, над которыми производится ряд трансформаций: выделение региональной составляющей, осреднение, частотная селекция методом послыоного вычисления аномальных вертикальных градиентов по вычислительным схемам Саксова – Нигарда и Гендерсена-Зитца в верхнюю и нижнюю полусферы [2] при помощи интеграла Пуассона по минимальным (рис. 2), средним (рис. 3) и максимальным значениям.

Значения аномальных вертикальных градиентов пропорционально связаны с отклонениями физических параметров от их средних величин для изучаемого разреза.

Полученные при пересчете трансформанты переводятся в градиенты и оцениваются по стандартному отклонению.

Рис. 3.  
Трансформанта «теап»  
для нижней полусферы  
для глубины 600 м



По полученным трансформантам производится построение псевдоразрезов (рис. 4). В общем случае, так же как при решении обратной задачи в грави- и магниторазведке, исходим из модели идеального шара и соответственно из среднего соотношения радиуса осреднения с глубиной 0,71. На разрезах выделяются поверхности раздела, тектонические нарушения и определяется структурно-тектонический каркас территории.

Метод имеет ограничения точности в зависимости от размера элементарной ячейки (разрешения) исходного снимка.

Использование метода не требует выезда на изучаемую территорию и обеспечивает значительную экономию времени и средств, позволяет сократить объем, сроки и стоимость работ при региональных, среднemasштабных и детальных геолого-геофизических исследованиях.

В силу особенностей анализируемого поля и его параметров методика объясняет значительную дифференциацию на небольших площадях физических свойств геологических тел, образование зон уплотнения и разуплотнения, проявление карста или солифлюкции.

Полевыми исследованиями специалистов Московского государственного университета им. М.В. Ломо-

носова [9] было подтверждено, что на локальных участках наблюдается зональное изменение рельефа земной поверхности, уплотнение или разрыхление почв, изменение других инженерно-геоморфологических и геологических свойств грунтов, растительности и т. д. Анализ этих и других параметров, определяемых во время обработки, позволяет решать значительный спектр задач региональной металлогении, структурной и поисково-разведочной геологии, инженерной геологии и др.

Результаты структурно-тектонических и картировочных исследований дают возможность проводить разработку конкретных рекомендаций инженерно-геологического и иного плана для локальных территорий земной поверхности, в том числе для отдельных сооружений, небольших водоемов, участков дорожной сети.

Можно проводить изучение глубины залегания разнородных пластов пород, мощности и состава рыхлых осадочных толщ, положения основных литологических разделов.

Методика применима в различных областях человеческой деятельности, связанных с недрами, в т. ч.:

- региональная геология и металлогения;
- структурное и палеогеологическое картирование;

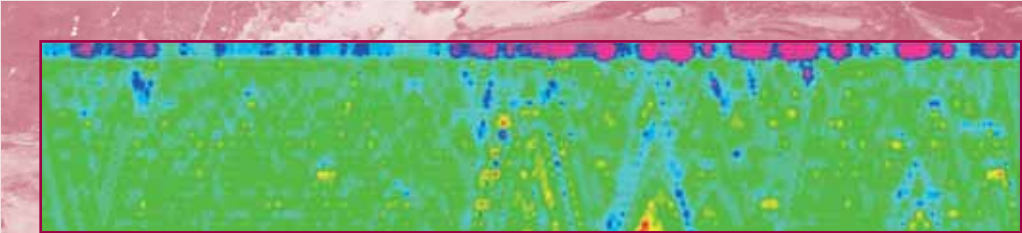


Рис. 4.  
Фрагмент псевдоразреза с отношением масштабов 1:5

- поисковые, поисково-оценочные геологоразведочные работы;
- инженерно-геологические изыскания;
- прогнозирование чрезвычайных ситуаций, связанных с сейсмической и неотектонической активностью, суффозионно-карстовыми явлениями.

Методика также позволяет определять нахождение под землей практически любых объектов (включая затонувшие корабли, археологические объекты и пр.) и геологических объектов, размеры которых больше длины анализируемой волны.

Методика протестирована при поиске углеводородного сырья (Самарская и Нижегородская области, Удмуртская Республика, золота (Алтай), а также медных руд (Республика Башкортостан). Установлено совпадение полученной в результате анализа информации с геолого-геофизическими данными.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гульельми А.В. Ультранизкочастотные электромагнитные волны в коре и магнитосфере Земли. Журнал «Успехи физических наук», декабрь 2007 г., том 177, №12, с.1257-1276.
2. Чернов А.А. Методы геологической интерпретации гравитационных и магнитных аномалий. Материалы международной конференции «GEOSCIENCES 2006», с.388-391.
3. Левшенко В.Т. Сверхнизкочастотные электромагнитные сигналы литосферного происхождения. Автореферат диссертации доктора физ.-мат.наук. Москва, Объединенный институт физики им.О.Ю.Шмидта РАН, 1995 г., 36 с.
4. Ершов С.В., Новик О.Б., Ружин Ю.Я. Физика предвестников цунами и схема наземно-космического мониторинга. Седьмая всероссийская открытая ежегодная конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Москва, ИКИ РАН, 16-20 ноября 2009 г. Сборник тезисов конференции, с.255.
5. Павлович В.Н., Богданов Ю.А., Шуман В.Н., Ващенко В.Н. Электродинамика тектонических процессов и электромагнитное профилирование земной коры в Антарктическом регионе. Украинский антарктический журнал, 2009 г., №8, с.154-170.
6. Шуман В.Н. Электромагнитные сигналы литосферного происхождения в современных наземных и дистанционных зондирующих системах. Геофизический журнал, 2007 г. № 2, с. 3–16.
7. Шуман В.Н. Уравнение генерации спонтанных электромагнитных сигналов в системе литосферных блоков. Геофизический журнал, 2008 г. № 1, с. 42–48.
8. Башкуев Ю.Б., Хаптанов В.Б., Нагуслева И.Б., Буянова Д.Г., Адвокатов В.Р., Дембелов М.Г. Радиофизическая диагностика зон тектонических нарушений. Доклады Российской научной конференции «Зондирование земных покровов радарми с синтезированной апертурой», Улан-Удэ, 2010 г., с.405-421.
9. Фивенский Ю.И. Использование материалов аэрокосмических съемок для изучения земной коры. Журнал «Геодезия и картография» №1, 2006, с. 44-52.
10. Златопольский А.А. Методика измерения ориентационных характеристик данных дистанционного зондирования (технология LESSA) Пятая Юбилейная Открытая Всероссийская конференция «Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса» Выпуск 5, ООО «Азбука», Москва, 2008 г., т. 1, с. 102-112.