

## Наземная сейсморазведка

### Роль данных дистанционных исследований при описании верхней части разреза

### The role of remote sensing data in near-surface seismic characterization

Andreas Laake и Andrew Cutts, WesternGeco, UK показывают, как данные дистанционного зондирования могут помочь при построении приповерхностной модели с использованием сейсмических данных.

Описание ВЧР – одна из самых существенных проблем в технологиях наземных сейсмических исследований. Современные сейсмические методы, использующие точечный источник и точечный приемник показывают влияние ВЧР на взаимодействие источников и приемников и появление и распространение сейсмических волн помех. Технологии обработки современного набора сейсмических данных требуют, чтобы коррекция за нарушения геометрии и поверхностных шумов обеспечили получение корректных данных для описания продуктивного коллектора.

Получение данных может только дать информацию локального характера о свойствах верхней части разреза вблизи источников и приемников из-за традиционного подхода при регистрации сейсмических данных вдоль профилей приемника и источника. Результирующая модель основана на пространственно ограниченной информации. Данные дистанционного зондирования обеспечивают плотно выбранные точечные изображения поверхности и около поверхностной зоны, которое можно интерпретировать для определения поверхностной литологии и водонасыщения. Когда калибровка осуществляется

с контролем качества параметров вибратора, эти данные могут быть преобразованы к поверхностным упругим данным, которые могут помочь созданию около поверхностных моделей для задания геометрии съемки и последующей обработки данных (Лэйк, 2005).

### Поверхностная классификация

Технология дистанционного зондирования дает возможность накопления полной пространственной характеристики ВЧР, использующей оптические и радарные данные (Сэбины, 1996). Дистанционное зондирование проводится со спутников или самолета и включает в себя пассивные оптические и активные радарные методики. Пассивные оптические методы используют много-спектральную телеметрию отраженной энергии от видимых до тепловых инфракрасных длин волн. Активные радарные методики испускают микроволновый сигнал и делают запись отклика. Рисунки 1 и 2 дают краткий обзор методов дистанционного зондирования, используемых в характеристике ВЧР. Insley и др. (2003 и 2004) и Лэйк и др. (2004a и 2004b) показали практический пример, используя оптические данные для описания береговой поверхности.

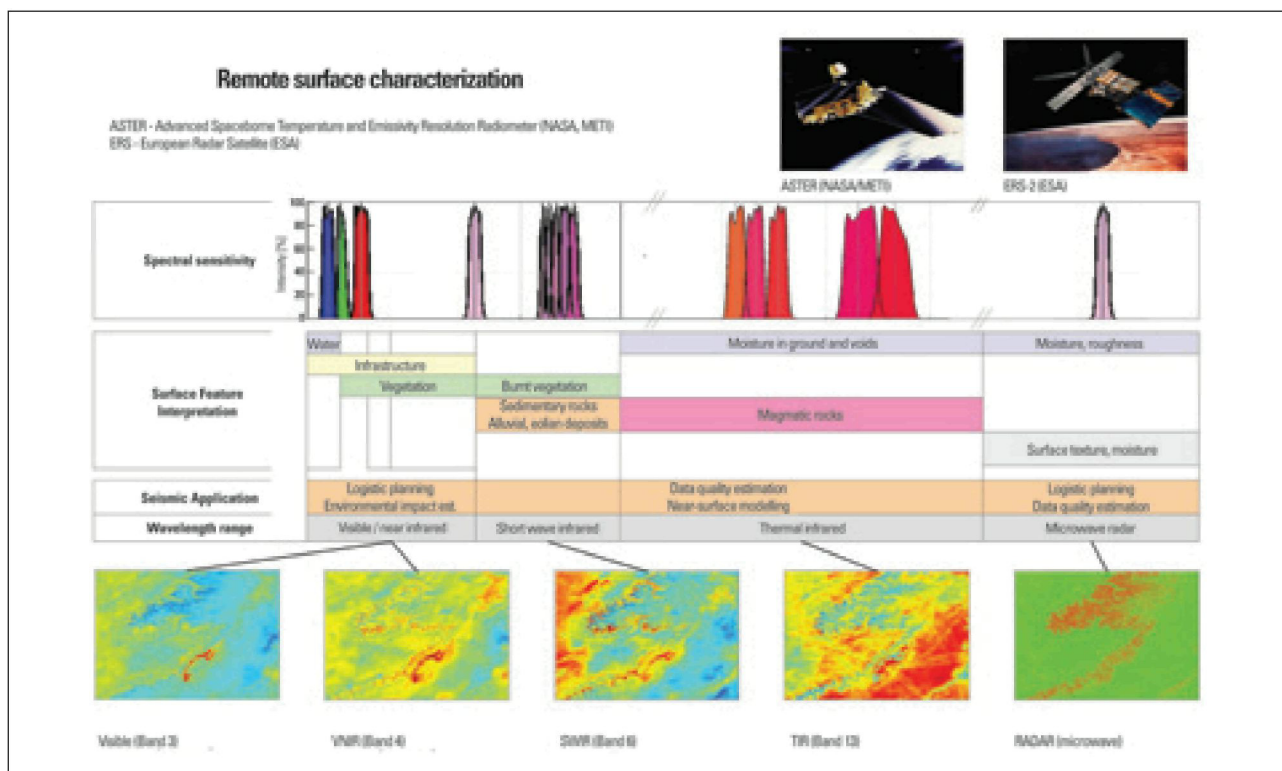


Рисунок 1 Обзор данных дистанционного зондирования для описания поверхности.

## Наземная сейсморазведка

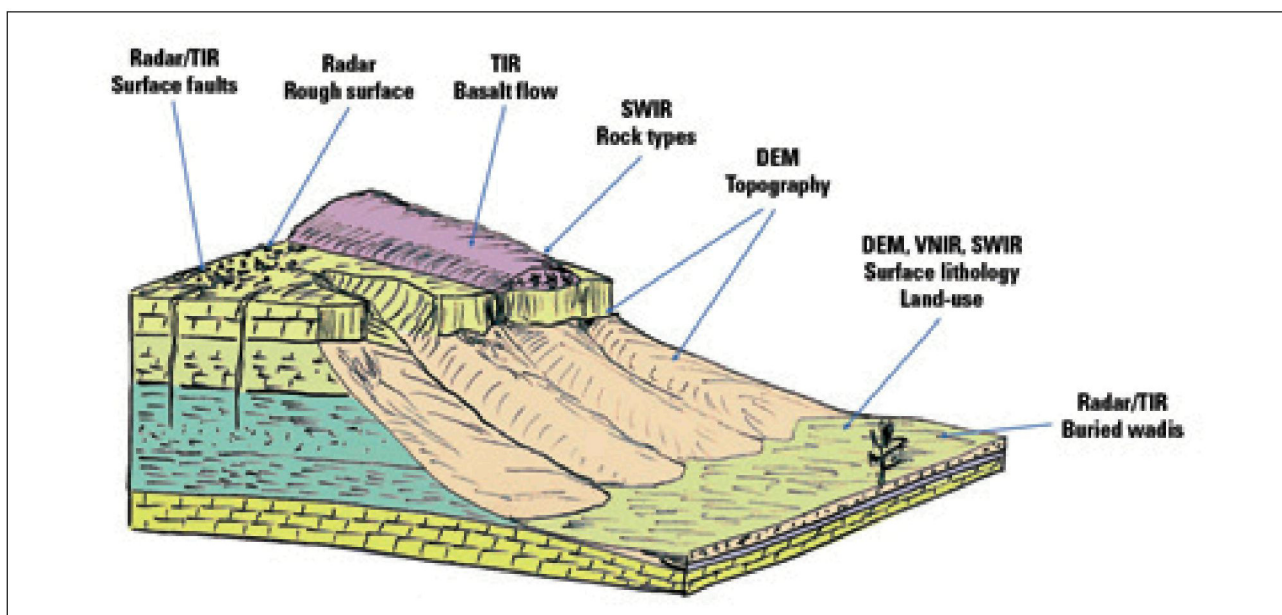


Рис 2 Обзор описания поверхности на основе данных дистанционного зондирования.



Рис 3 Карта поверхности базальтов (красным, слева) и фотография поверхности.

### Краткая история

Описание разреза ВЧР с применением данных спутникового дистанционного зондирования наиболее успешно в засушливом и полусухом климате, где породы выходящие на поверхность не имеют растительности. На вулканической территории, базальты и лавовые потоки были опознаны, используя комбинирование методов тепловых инфракрасных и коротковолновых инфракрасных данных, нацеленных на обнаружение высокого теплового излучения черных базальтов. Рис 3 показывает пример из Аргентины, используя технологию Landsat, где базальты, выходящие на поверхность, представлены лавовыми потоками и блоками, захороненными ниже тонкого по мощности пласта с малыми скоростями. Вскрытые базальты имеют ярко красный цвет, тогда как более темный красный с оттенком фиолетового цвета указывает на неглубокозахороненные базальты. Представленная фотография иллюстрирует вскрытые базальтовые лавовые потоки.

Второй изучаемый пример, из Алжира, рассматривает отвесный обрыв известняка над карбонатным обломочным гравийным плато. Тепловое выветривание выходящего на поверхность известняка создало твердую темную корку, дав подобные оптические характеристики для других темных пород. Рис 4 показывает представление виртуальной трехмерной цифровой модели высот (DEM) с видимым диапазоном со спутника АСТРЫ, показанного на прилагающейся фотографии, с отвесным обрывом над гравийным плато. Контраст между известняком и гравийным плато с использованием только видимого диапазона довольно низок.

Данные дистанционного зондирования от коротковолнового инфракрасного диапазона (Рис 5, слева) обеспечивают разделение карбонатного известняка на плато (красный), гравийные плоскости обломочной породы (сине-зеленый), и золотые отложения, включающие



## Наземная сейсморазведка

Рис 5 Вид негатива спектра ИК-области (слева) и изображение данных радара (справа).

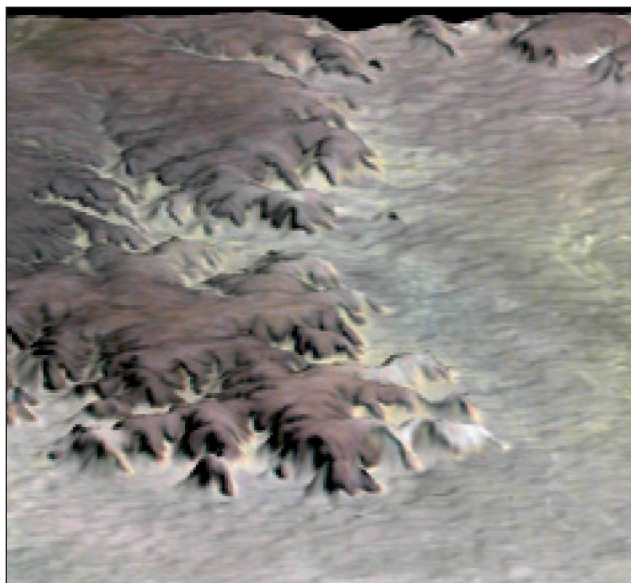
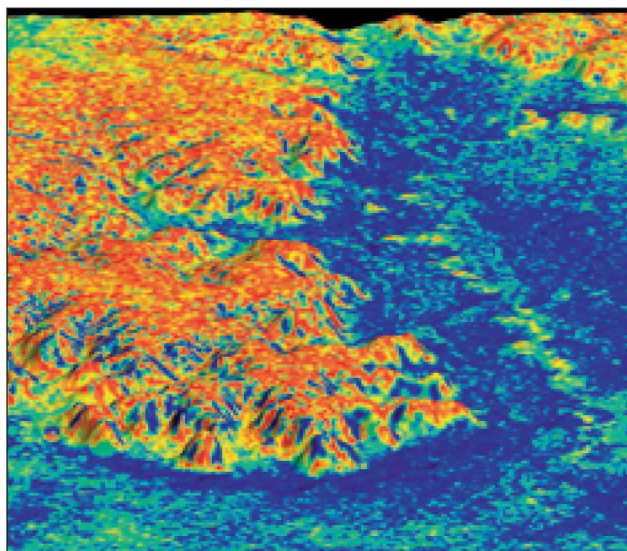
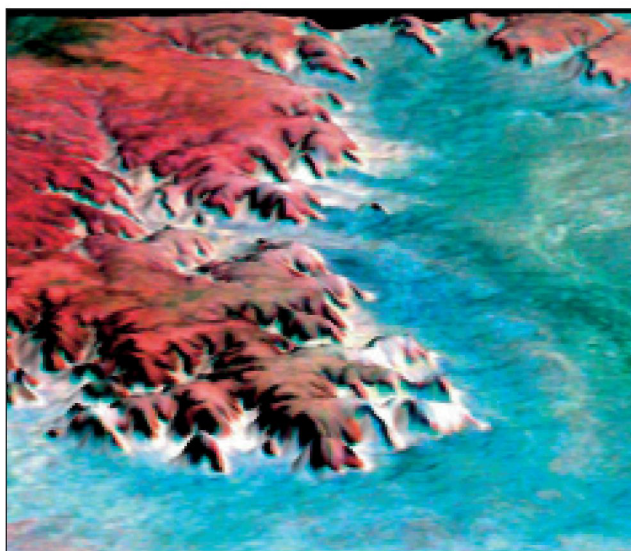


Рис 4 Нормальный цвет дистанционных данных и фотография обрыва.



в себя рыхлый песок, гипс, и соль в подножии обрыва. Текстура поверхности определена с помощью радара (рис 5, справа), где данные от радара 7 см диапазона использовались, чтобы картировать поверхностное рассредоточение объектов, больших, чем 10 см в диаметре. Сравнительный анализ с использованием коротковолновых инфракрасных данных указывает, что большинство грубых поверхностей может быть отнесено к известняку на плато.

Дополнительное использование тепловых инфракрасных и коротковолновых инфракрасных данных может дать информацию о первых дециметрах разреза гравийного плато. Рис 6 (слева) показывает набор видимых, коротковолновых, и тепловых инфракрасных данных, объединенных с данными радарных исследований, для обеспечения построения сложного изображения, в соответствии с требованиями анализа.

Дренажные системы на гравийном плато теперь могут быть выделены как оранжевые особенности поверхностного дренажа и желто-зеленые особенности захороненных дренажных систем. Несвязанные эоловые отложения представлены красным цветом. Определение этих особенностей, и любых связанных с ними изменений на профиле скоростей верхней части разреза может быть существенным и для планирования сейсмических съемок и для последующей обработки данных.. Известковое плато более точно характеризуется с помощью радарных данных. Фиолетовые области указывают на поверхность крутого утеса, тогда как другие оттенки от синего до сине-зеленого указывают на переход от массивного глыбового известняка к валунам известняка. Соответствующая фотография (рис 6) была взята с края обрыва известняка в месте, обозначенном в этом сложном изображении клином.

## Наземная сейсморазведка

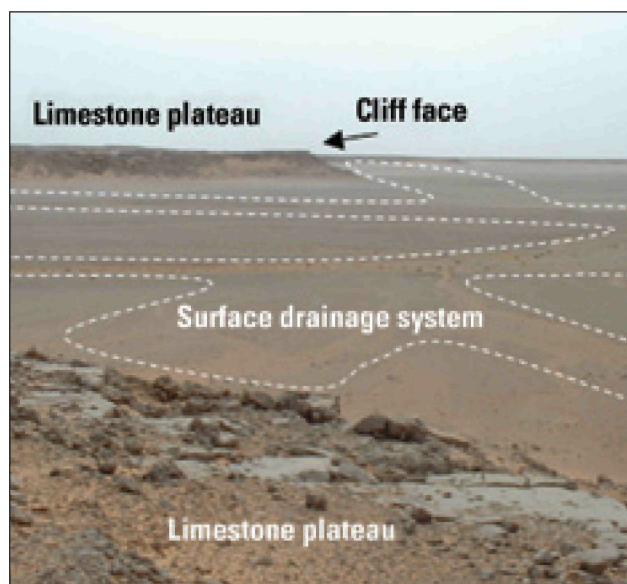
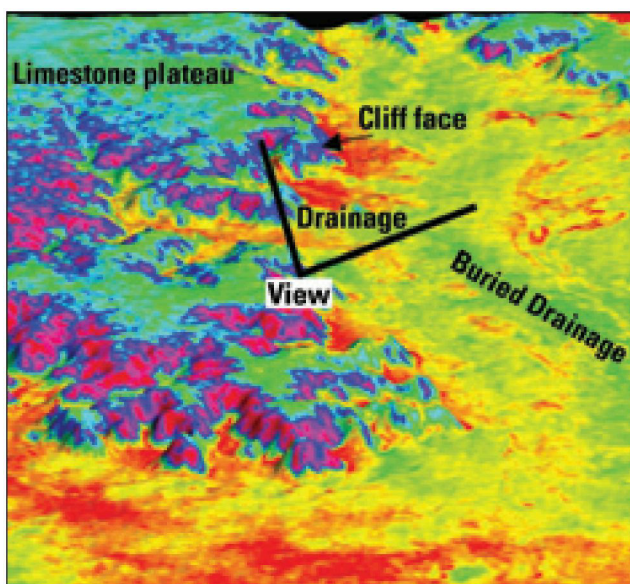


Рис 6 Параметры поверхности (слева) и фотография склона (справа).

Вид охватывает обрыв и гравийное плато. Поверхностная дренажная система очерчена песчаными включениями с редкой растительностью.

### Результаты

Данные дистанционного зондирования, особенно коротковолновые и тепловые инфракрасные, совместно с данными микроволновых радаров, могут дать информацию о литологии и структурной поверхности ВЧР. Совмещая литологические данные с оценкой поверхностной шероховатости, полученными радарными данными, может быть получена информация, связанная с фактурой поверхности, например размером валунов определенных типов пород. Такая информация непосредственно связана с упругими свойствами поверхности и может обеспечить качественную оценку скорости по данным наземной сейсморазведки и ее пространственное изменение. Твердый известняк, например, показывает значительно более высокую скорость, чем очень мягкие эоловые отложения или гипс. Информация о литологии и поверхностной шероховатости может также интерпретироваться для планирования сейсмических съемок, например, область, покрытая валунами существенного размера является препятствием для вибрационной сейсморазведки, где трудно использовать группу вибрационной техники с опорной плитой. Характер литологии ВЧР может также влиять на качество измерительных датчиков сейсмических сигналов и для источников и приемников. Анализ данных дистанционного зондирования может помочь в понимании влияния пространственных изменений на получаемое качество данных. Данные дистанционного зондирования представляют собой 'точные рисунки' прямоугольных пикселей с традиционным размером 1 - 15 м. и они обычно дают намного более плотную характеристику ВЧР, чем традиционные сейсмические данные. Данные дистанционного зондирования могут помочь в интерполяции приповерхностных скоростей в верхней части разреза, полученных с применением традиционно редких данных сейсмических съемок.

### Заключения

Оптическое дистанционное зондирование, используя видимые, инфракрасные, и коротковолновые инфракрасные данные, позволяет характеризовать и отображать непосредственно поверхность для определения особенностей, типа землепользования, растительности, и определения поверхностных типов пород. Тепловые инфракрасные данные дают информацию о приповерхностном строении путем преобразования солнечного света в тепловое излучение. Вулканические породы и сильно выветренные породы характеризуются высоким тепловым инфракрасным излучением, тогда как захороненные дренажные системы и поверхностные сбросы хорошо идентифицируются на тепловых инфракрасных данных из-за остывания в результате испарения.

Радарное дистанционное зондирование, использует микроволновое рассеивание от поверхности и приповерхностной области для получения информации о поверхностном строении и, в засушливых областях, для определения размера поверхностных валунов. Дистанционное зондирование может дать качественное отображение поверхности и приповерхностного участка, которое может помочь в планировании сейсморазведки и оценки качества данных приемников и получения модели скорости в верхней части разреза. Цифровые модели альтитуд и поверхностная информация о шероховатости могут также помочь в планировании сейсмических работ.

### Благодарности

Авторы благодарят WesternGeco за разрешение издать эту статью и Infoterra за обеспечение данными дистанционного зондирования. Авторы также благодарят Европейское управление космических исследований за его поддержку проекта как части программы «Развитие рынка земных наблюдений».



## Литература

Insley, M. and Laake, A. [2003] Seismic Quality Analysis in Algeria: Application of Earth Observation data sets to Oil & Gas Exploration. *PESGB London Evening Meeting*.

Insley, M. and Laake, A. [2004] Satellite based seismic technology, case study: Berkine basin, Algeria. *66th EAGE Annual Conference and Exhibition*. Expanded abstracts, paper E032.

Laake, A. [2005] Application of Landsat Data to Seismic Exploration - Case Study from Kuwait. *Kuwait First International Remote Sensing Conference and Exhibition*.

Laake, A. and Insley, M. [2004a] Satellite-based seismic technology. *World Oil*, 225, 9, 27-33.

Laake, A. and Insley, M. [2004b] Applications of satellite imagery to seismic survey design. *The Leading Edge*, 23, 1062-1064.

Laake, A. and Tewkesbury, A. [2005] Vibroseis data quality estimation from remote sensing data. *67th EAGE Annual Conference and Exhibition*, Expanded abstracts, paper G017.

Sabins, F. [1996] *Remote sensing, principle and interpretation*. 3rd Ed., W.H. Freeman & Co, New York.