

## **АВТОМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ ИНЖЕНЕРНОЙ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ**

\*В.Б. Пийп<sup>1</sup>, А.Н. Наумов<sup>1</sup>

Московский Государственный Университет, Геологический факультет, Воробьевы Горы  
119899 Москва, Россия

### **Automatic processing and interpretation of engineering seismic data**

V.B. Piip, A.N. Naumov

Moscow State University, Geological Faculty, Vorobjovy Gory, 119899 Moscow Russia

### **Аннотация**

Метод однородных функций обращения годографов преломленных волн, был применен при обработке и интерпретации данных инженерной сейсмологии в районе строительства бассейна суточного регулирования для гидроэлектростанции в Северной Осетии. Метод однородных функций - это полностью автоматический метод двумерной инверсии, который не имеет ограничений относительно вариаций скорости в горизонтальном и вертикальном направлениях и также относительно наклона сейсмических границ. Интерпретация показала существование большого оползня на площади исследования и позволила проследить структуру оползня на разрезах и на горизонтальных скоростных картах-срезах.

### **Summary**

Method of inversion of refracted **traveltime** curves using homogeneous functions was applied to the processing and interpretation of the data of engineering seismic in area of building of basin of daily regulation for **hydroelectric** power station in the region of North **Osetia**. This method is fully automatic method of 2-D simple inversion and it has no limits in respect to variations of velocity in horizontal and vertical directions and also in respect to dip of seismic boundaries. The interpretation by this method revealed existence of large rock-slide in the area of the research and allowed to trace structure of the rock-slide in cross sections and in horizontal velocity map-slices

### **Метод интерпретации**

В настоящее время в инженерной сейсмической разведке в основном используются традиционные методы обработки и интерпретации данных: метод  $t_0$  и разностного годографа, метод пластовых скоростей, сопряженных точек и другие. Эти методы, даже в случае использования специальных компьютерных программ, предполагают значительные и требующие особого искусства интерактивные действия интерпретатора, поскольку идентификация и отождествление волн от одной границы раздела на годографах из разных пунктов взрыва остается неформализованной операцией. Кроме того в основе этих методов лежит чрезвычайно упрощенное представление о геологическом разрезе, как о среде с однородными субгоризонтальными слоями.

Метод однородных функций (Piip, 2001), позволяет полностью автоматизировать обработку и интерпретацию данных инженерной сейсмической разведки. Вместе с тем он позволяет интерпретировать самые сложные случаи в исследованиях: двумерно-неоднородные среды со складками различного масштаба в регионах с горным рельефом, выделять и картировать оползни и карст. Обращивать и интерпретировать данные в регионах распространения вечной мерзлоты, Метод однородных функций обобщает все существующие методы интерпретации данных на случай двумерно-неоднородных сред. В рамках метода однородных функций применимы методы  $t_0$  и разностного годографа, метод пластовых скоростей, сопряженных точек и другие. Могут быть использованы методы определения эффективной скорости по данным отраженных волн, Метод Герглотца-Вихерта-Чибисова применим в частном случае однородной скоростной функции, когда скорость в горизонтальном направлении изменяется линейно. Однородные функции очень удобны для описания слоистых геологических сред. Изолинии скорости однородных функций могут быть кривыми произвольной формы, однако эти кривые являются кривыми подобными друг другу. Известно, что осадочные породы накапливаются главным образом в морских условиях и первоначально залегают горизонтально. Дальнейшие деформации изменяют строение геологических

сред. При этом образуются складки, надвиги и разломы, но в основном сохраняется подобие поверхностей раздела.

В средах с однородными скоростными функциями поля времен, годографы и сейсмические лучи характеризуются соотношениями подобия.

В полярной системе координат уравнение однородной скоростной функции записывается в виде  $v = t^m \cdot \psi(\varphi)$ , где  $t$  - действительное число,  $\psi(\varphi)$  - произвольная функция. Существуют преобразования, которые трансформируют наблюдаемые годографы в годографы, отвечающие одномерной функции полярного угла. Это позволяет избавиться от первого сомножителя в функции скорости и свести задачу к одномерной. В рамках одномерной задачи для зависимости скорости только от полярного угла (полярный угол определяет наклон преломляющей или отражающей границы) существуют широко известные традиционные методы интерпретации годографов преломленных и отраженных волн. Разработанный программный пакет «Годограф» предназначен для определения скоростного распределения по данным первых волн. Функция (1) определяется по двум встречным годографам первых волн. Это самый общий вид скоростной функции, которая может быть вычислена по этим данным. Наблюдаемые годографы при этом аппроксимируются годографами, отвечающими некоторой однородной функции по принципу минимального среднеквадратического отклонения. Таким образом, существует контроль погрешности решения, которая, как показывает опыт, всегда лежит в пределах погрешности определения времен на данном профиле. В случае сложных систем наблюдения общий разрез строится методом локального приближения скоростного поля, при этом используется суперпозиция локальных скоростных полей.

#### **Краткая инженерно-геологическая характеристика района работ и цели исследований.**

Метод однородных функций был использован для обработки материала, полученного летом 2002 года в районе Зарамагских ГЭС (республика Северная Осетия) при исследованиях под строительство бассейна суточного регулирования (БСР). Схема расположения профилей показана на рис. 2е. Строительство бассейна суточного регулирования, наземного водовода и завершающая его шахта (глубиной 500 м) строятся на водораздельной части одного из отрогов Бокового хребта, в междуречье рек Ардон и Баддон. Профили расположены на площадке, окруженной обрывами со всех сторон, кроме южной стороны, от которой поднимается крутой горный склон. Склоны отрога хребта крутые с мелкими логами многочисленных временных водотоков. Крутизна западного склона в его верхней, доступной обследованию части, составляет 27-30°. Восточный склон, спускающийся в долину р. Баддон, имеет крутизну 30-35°. В верхней части склоны на отдельных участках прикрыты маломощными покровами делювиальных и делювиально-коллювиальных отложений мощностью 1,5-2,0 м. На двух участках северного склона имеются конуса техногенных насыпных грунтов – отвалов котлована.

В структурном плане участок БСР находится в зоне южного крыла Нузальской антиклинали, разбитого рядом тектонических разломов на блоки. Наиболее крупным разрывным нарушением на рассматриваемом участке является так называемый Южный разлом, ряд ветвей которого отмечен в пределах БСР. В районе исследования залегают отложения верхней части тоарского яруса нижней юры (J1t2), представленные алевролитами и аргиллитами с подчиненными прослоями песчаников, расланцованными, плитчатыми, трещиноватыми. Мощность превышает 500 м. Выше только рыхлые четвертичные отложения 2-8 м. Таким образом, основанием для БСР и наземной части водовода будет служить, главным образом, сложнослоистая толща алевролитов и аргиллитов с подчиненными прослоями песчаников. В целом породы характеризуются моноклинальным залеганием, осложненным мелкими складками, с падением на юг, юго-запад (170-210°) под углами от 25 до 75°.

Целями исследований являлись:- определение мощности рыхлых отложений;- оценка мощности зоны поверхностного выветривания, техногенной разгрузки и разуплотнения;- выявление участков повышенной трещиноватости и тектонических зон.

### Методика выполнения работ

Сейсморазведочные работы проводилась корреляционным методом преломленных волн (КМПВ) с использованием 24-канальной сейсмической станции СП-002 (разработка ЦСГНЭО). Возбуждение колебаний осуществлялись ударами кувалды по металлической подставке и взрывами.

Регистрация колебаний производилась в режиме накопления сигнала. Прием колебаний осуществлялся горизонтальными сейсмоприемниками СГ-10. Шаг между сейсмоприемниками 1 и 2 м, система наблюдений семиточечная, соответственно длина годографа на участке БСР и трассе водовода – 138 м. Система годографов первых волн, полученная на профиле 10, представлена на рис. 1.

### Методика обработки материалов. Результаты.

Профиль 8 располагается ниже по склону относительно площади исследования. На профиле получен разрез пород в их естественном залегании (рис. 2с). На

автоматически вычисленном разрезе с использование пакета программ "ГОДОГРАФ", выделяются три слоя. Внизу сохранные коренные породы со скоростью от 2000 м/с до 3200 м/с. Падение слоев на юг, с углами наклона 30-40 °. Породы разбиты разломами. Выше слабо разрушенные коренные породы со скоростями от 1400-1600 до 1900 м/с. Породы здесь местами сохраняют структуру коренных пород. Выше сильно разрушенные породы со скоростью от 600 до 1400 м/с. На всех остальных 8 профилях, которые расположены на горизонтальной площадке на уровне 1635 м, прослежены структуры крупного погребенного оползня. Профиль 7 (рис. 2а) пересекает оползень в его центральной части. Оползень разбит на три крупные блока относительно сохранных пород. Отчетливо прослеживается поверхность скольжения оползня, которая отделяет его тело от древней выветрившейся дневной поверхности. Движение оползня происходило с юга на север, со стороны крутого склона. На профиле 10 (рис. 2б) прослежен крупный надвиг, который является периферической частью оползня. Оползень погребен под слоем разрушенных приповерхностных пород. Достоверность разрезов подтверждена тем, что все они хорошо увязываются друг с другом. Это видно на рис. 2д, где показаны вертикальные скоростные зависимости в точке пересечения профилей 10 и 7. Отсюда можно заключить, что погрешность определения скорости не превышает 50 м/с. Мощность рыхлых четвертичных отложений в северной части участка БСР (в области более низкоскоростных пород) составляет 25–30 м, в южной части – 15–20 м (рис. 4).

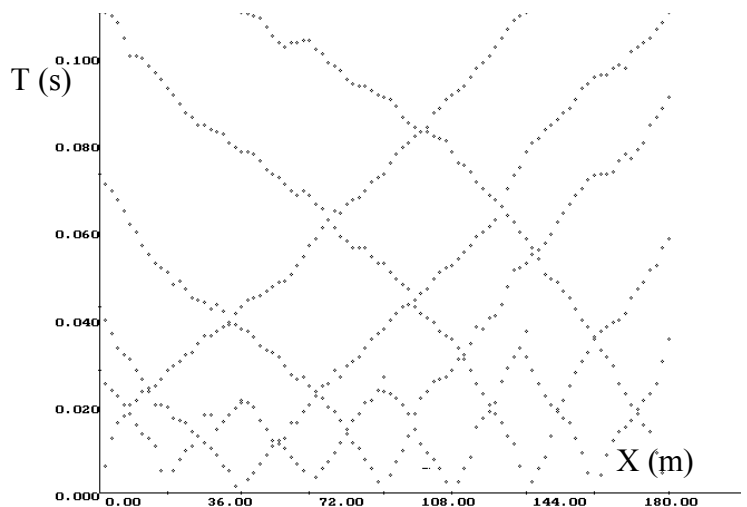
Очертания оползня в плане и пространстве получены на серии скоростных горизонтальных карт-срезов. Карта-срез на уровне 1605 м показана на рис. 2е. На этом гипсометрическом уровне тело оползня имеет изометрические очертания. Выше на уровне 1620 м тело оползня разбито на 2 отдельных блока.

### Заключение

Применение метода однородных функций для интерпретации годографов сейсмических волн позволило установить существование погребенного оползня на исследуемой площади, определить его положение, детальное строение, то есть выделить блоки (глыбы) относительно сохранных пород, разломы, которые разбивают тело оползня и определить положение оползня в пространстве, для чего были построены горизонтальные скоростные карты-срезы для различных гипсометрических уровней.

### Литература

1. V.B. Piip 2001. 2D inversion of refraction traveltime curves using homogeneous functions. Geophysical prospecting. **49**, p 461-482



Система годографов первых волн, полученная на профиле 10 .

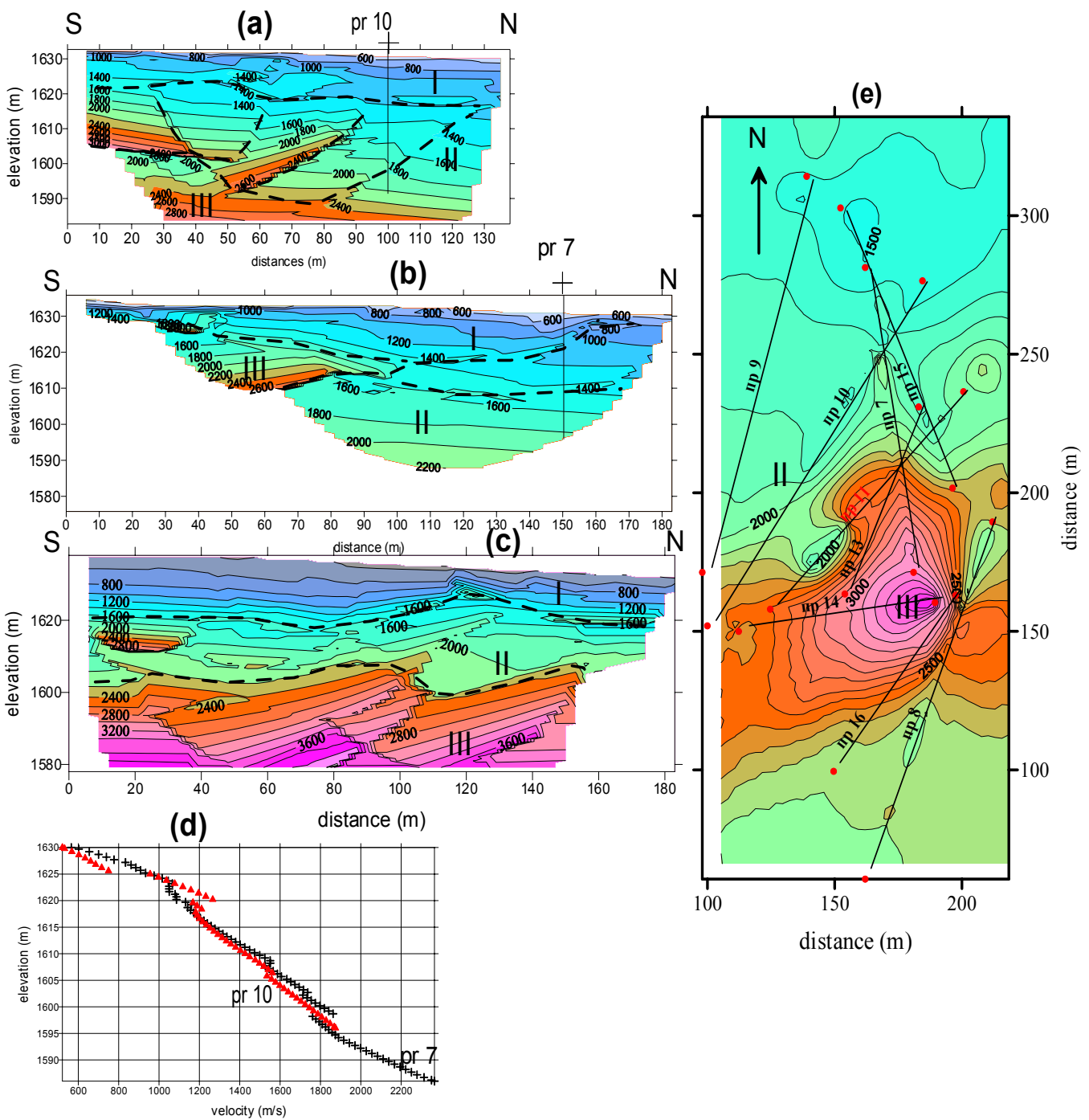


Рис. 2. Строение площади исследования в разрезах и картах. Тонкими линиями показаны изолинии скорости. Сечение изолиний на разрезах 200 м/с, на карте 100 м/с. (а), (b) и (с) - разрезы по профилям 7, 10 и 8.; (d) - сравнение вертикальных скоростных зависимостей в точке пересечения профилей 7 и 10, (е) - скоростная карта-срез на уровне 1605 м. Слой приповерхностных разрушенных пород обозначен как I. II - слой слабо разрушенных пород, III - слой сохранных коренных пород.