

Малоглубинная сейсморазведка карстующихся пород

Ермаков А.П., Владов М.Л., Шмурак Д.В.

При проведении инженерно-геологических изысканий при строительстве различных линейных сооружений (дорог, трубопроводов и др.) на разрезах с развитием карста возникает необходимость в подробном описании геометрии и прочностных свойств кровли карстующихся пород, в том числе коры выветривания, нередко перекрытых рыхлыми отложениями. Одним из инструментов для решения таких задач является малоглубинная сейсморазведка. Этот геофизический метод в силу своих физических принципов способен получать изображение геологической среды – геометрию и форму границ, а также ее прочностные и деформационные характеристики.

Проявление карстовых процессов в рельефе дневной поверхности хорошо известно и изучено (рис. 1). Особое внимание при строительстве линейных сооружений должно уделяться выявлению карстовых полостей, не выраженных в рельефе дневной поверхности. Наиболее часто такая ситуация наблюдается на склонах берегов рек, где широко развиты оползневые процессы.



Рис. 1. Карстовая воронка, выраженная в рельефе дневной поверхности.

Возможность применения сейсморазведки для картирования кровли скальных пород, перекрытых рыхлыми отложениями, и поиска карстовых полостей обусловлена контрастом акустических свойств рыхлых, скальных и разрушенных скальных пород.

Для решения задач, связанных с поиском и картированием кровли карстующихся пород и карстовых полостей, может быть использован стандартный комплект сейсморазведочного оборудования и полевая методика, предполагающая регистрацию продольных и поперечных волн, пришедших в первых вступлениях. Дальнейшая обработка полевых материалов направлена на получение сейсмических разрезов в изолиниях скоростей распространения продольных и поперечных волн и последующий расчет разрезов упругих параметров: V_s/V_p , модуля Юнга, коэффициента Пуассона, модуля деформации, предела прочности на одноосное сжатие и др.

Сейсмическая интерпретация разрезов в изолиниях скорости распространения волн происходит путем отождествления сейсмических границ 1-го и 2-го рода с геологическими границами с привлечением, в первую очередь, данных бурения инженерно-геологических скважин, а также геофизической информации из других методов (Пийп В.Б., 1991).

На рис. 2 приведен пример сейсмического разреза в изолиниях скорости распространения только продольных волн. На разрезе красной линией показана кровля карбонатных пород как граница второго рода между вышележащей интегральной толщей супеси, суглинка и песка со значениями скоростей продольных волн 600-1800 м/с и нижележащими известняками со скоростями от 1800 м/с для трещиноватых и разрушенных известняков до 4200 м/с для крепких и плотных известняков в области максимальной глубины сейсмического разреза. По форме изолиний и характеру градиента скорости выделены потенциально опасные области - воронки, понижения в кровле карбонатов, ослабленные зоны и т.д.

Однако возможности и задачи сейсморазведки при исследовании карста не исчерпываются картированием кровли карстующихся пород и ее рельефа. Многоволновой подход в сейсморазведке в данном случае состоит в получении разрезов в изолиниях скоростей распространения поперечных волн, что позволяет рассчитывать такие характеристики среды как предел прочности на одноосное сжатие и модуль деформации. Отдавая себе отчет в том, что формулы связей между этими характеристиками и значениями скоростей продольных и поперечных волн носят корреляционный характер, их расчет позволяет выполнять основную функцию сейсморазведки – корреляцию свойств

среды между точками независимых определений (скважинами). В любом случае разрезы в изолиниях этих характеристик позволяют судить об относительных изменениях прочностных и деформационных характеристик карстующихся пород по латерали и глубине.

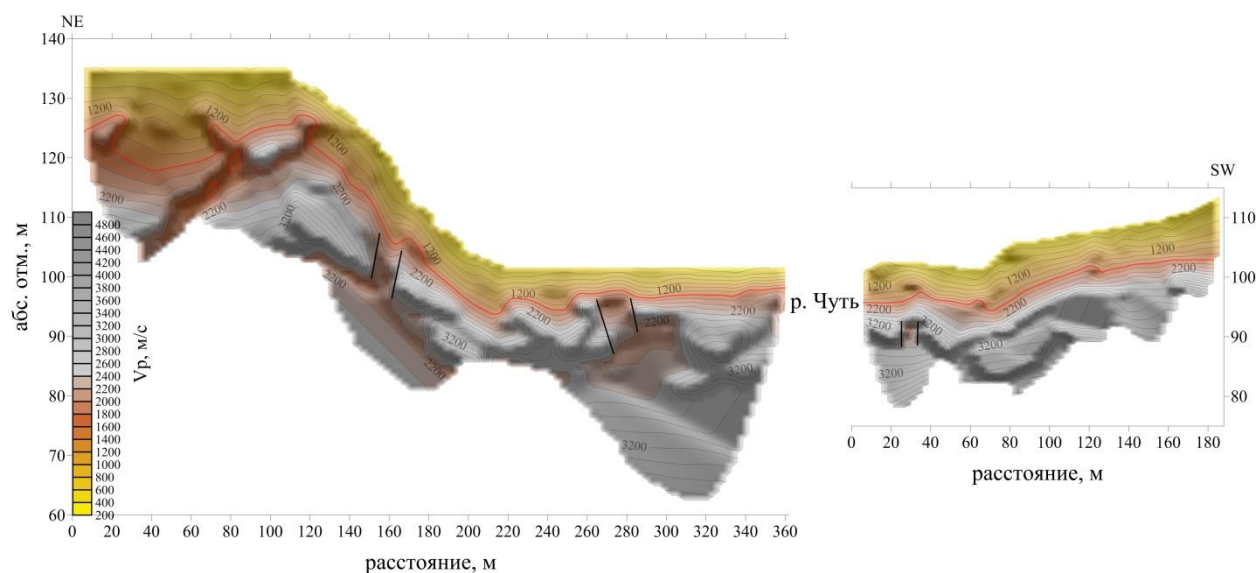


Рис. 2. Сейсмогеологический разрез в изолиниях скорости распространения продольных волн, полученный по профилю на переходе через реку Чуть (респ. Коми). Сечение изолиний 200 м/с. Отношение горизонтального масштаба к вертикальному 1:3. Желтый цвет на разрезе соответствует интегральной толще супеси, суглинка и песка. Серый цвет – слою прочного, плотного известняка. Коричневый цвет – переходный слой разрушенного известняка. Красной линией показана кровля разрушенных известняков. Черными линиями ограничены предполагаемые ослабленные зоны (карстовые полости, воронки и т.д.).

Анализ разрезов упругих параметров позволяет выделять в слое карбонатов, подвергающихся выветриванию, ослабленные зоны, например, по пониженным значениям параметра V_s/V_p . Характерные значения этого параметра для крепких карбонатных пород лежат в диапазоне 0.4-0.5. Для карбонатных пород средней прочности, подвергшихся процессам выветривания, этот параметр может находиться в пределах 0.35-0.4. Сильно разрушенные до состояния «муки» карбонатные породы будут иметь значения V_s/V_p меньше 0.35 при скорости распространения продольных волн около 1800-2000 м/с. Если рассматривать такой параметр как предел прочности на сжатие, то для сохранных известняков он составляет около 80-100 МПа, средней прочности – 40-50 МПа, и низкой прочности – ниже 20 МПа.

Опыт применения сейсморазведки для решения задач расчета прочностных характеристик достаточно хорошо освещен во многих работах (Горяинов Н.Н., 1992, Савич А.И., Яценко З.Г., 1979, Голубев А.А., Рабинович Г.Я., 1976 и др.).

В докладе анализируются результаты сейсмических исследований по двум линейным профилям на переходах через реки. В верхней части разреза до глубин 20-25 м здесь широко развиты карстовые процессы. На склонах реки также развиты оползневые процессы, затрудняющие идентификацию карстовых воронок на поверхности.

Литература

1. Голубев А.А., Рабинович Г.Я. Результаты применения аппаратуры акустического каротажа для определения прочностных свойств горных пород на месторождениях твердых полезных ископаемых. – Разведочная геофизика, 1976, вып. 73.
2. Горяинов Н.Н. Применение сейсмоакустических методов в гидрогеологии и инженерной геологии. М.: Недра, 1992.
3. Пийп. В.Б. Локальная реконструкция сейсмического разреза по данным преломленных волн на основе однородных функций. Физика Земли. № 10, 1991.
4. Савич А.И., Яценко З.Г. Исследование упругих и деформационных свойств горных пород сейсмоакустическими методами. М.: Недра, 1979.