

2. Цифровая обработка сейсмических данных / [Козлов Е.А., Гогоненков Г.Н., Лернер Б.Л. и др.]. – М.: Недра, 1973. – 311 с.: ил.
3. Шнейерсон М.Б., Майоров В.В. Наземная невзрывная сейсморазведка. – М.: Недра, 1988. – 237 с.: ил.
4. Санфиоров И.А., Фатькин К.Б. Сравнительный анализ различных типов невзрывных источников для малоглубинной сейсморазведки // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. конф. / ПГУ. – Пермь, 1997. – С.
5. Бобров В.Ю. Сравнительный анализ источников упругих колебаний для инженерных сейсморазведочных работ // XIX Уральская молодежная научная школа по геофизике: сб. науч. материалов / ИГФ УрО РАН [и др.]. – Екатеринбург, 2018. – С.27-29.
6. Санфиоров И.А., Ярославцев А.Г., Бабкин А.И. О результатах применения малоглубинной сейсморазведки МОГТ на территории ВКМКС // ГеоЕвразия 2018. Современные методы изучения и освоения недр Евразии: тр. Междунар. геолого-геофизич. конф., 05-08 февр. 2018 г. / ООО «Центр анализа сейсмологич. данных МГУ». – М., 2018. – С. 664-668 Р.
7. Никитин В.Н. Основы инженерной сейсмологии. – М.: Изд-во МГУ, 1981. – 176 с.: ил.
8. Санфиоров И.А. Рудничные задачи сейсморазведки МОГТ / ГИ УрО РАН. – Екатеринбург, 1996. – 168 с.
9. Бобров В.Ю., Герасимова И.Ю. Особенности применения невзрывных источников упругих волн на урбанизированных территориях // Инженерная и рудная геофизика – 2022: сб. материалов 18-ой науч.-практ. конф. и выставки, 5-8 сент. 2022 г. – М., 2022. – С. 98-104.
10. Григорьев А.Ю., Григорьев К.А., Малявко Д.П. Соударение тел: учеб.-метод. пособие. – СПб: Ун-т ИТМО, 2015. – 43 с.
11. Краткий технический справочник. Том 1. / под ред. В.А. Зиновьева. — М., Л.: Гос. изд-во технико-теоретич. литературы, 1949. – С. 290.

УДК 550.834.05

DOI:10.7242/echo.2023.1.10

ПРИМЕНЕНИЕ ДАННЫХ МЕТОДА ПЕРВЫХ ВОЛН ДЛЯ УТОЧНЕНИЯ СКОРОСТНОГО ЗАКОНА В ВЕРХНЕМ ИНТЕРВАЛЕ МАЛЫХ ГЛУБИН

И.Ю. Герасимова

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В рамках изучения свойств верхнего интервала малых глубин применены данные, полученные на этапе расчета статических поправок. Сформированы карты распределения скоростей, выделены участки, отличающиеся по скоростному строению от вмещающего массива пород.

Ключевые слова: верхняя часть разреза, верхний интервал малых глубин, статические поправки, Верхнекамское месторождение калийных и магниевых солей, малоглубинная сейсморазведка.

В настоящее время одной из сложных и до конца не формализованных задач, возникающих на этапах обработки и интерпретации данных сейсморазведки, является задача корректного учета поверхностных и глубинных неоднородностей, приуроченных к верхней части разреза (ВЧР) и интервалу разреза от уровня приведения (УП) до верхней отражающей границы (ВОГ). В рамках настоящей задачи можно рассматривать два направления исследований: 1) учет ВЧР за счет вычисления и коррекции различных составляющих статических поправок и 2) определение скоростных характеристик в верхнем интервале разреза на этапах ввода и коррекции кинематических поправок. Совместное и грамотное решение указанных вопросов приводит к формированию однозначного и адекватного отображения геометрии и скоростной модели целевых объектов.

При изучении методами малоглубинной сейсморазведки Верхнекамского месторождения калийных и магниевых солей часто возникают нетривиальные задачи, обусловленные как сложным неоднородным геолого-геофизическим строением разреза по вертикали и латерали, так и многообразием вопросов, возникающих при разработке [3]. Уместно указать следующие факторы, не позволяющие формализовать процессы обработки и интерпретации: сложный и невыдержанный характер рельефа, не допускающий использование унифицированного уровня приведения при расчете априорных статических поправок иногда даже в пределах одного участка исследований; геологические особенности строения месторождения, обуславливающие использование в качестве ВОГ разных стратиграфических границ, выходящих на уровень приведения в пределах единого шахтного поля.

Традиционно процесс определения и учета априорных статических поправок базируется на вычислении по годографам первых вступлений сейсмограмм средних и граничных скоростей в рамках слоисто-однородной модели верхней части разреза с малым количеством преломляющих границ [1]. Глубинность проникновения первых волн в этом случае в зависимости от строения ВЧР изменяется от 10 до 30 м. Скорость в интервале УП – ВОГ подбирается в интерактивном режиме с использованием специализированных программ, разработанных для интервала малых глубин на основе использования «тотального» поиска эффективных скоростей суммирования для каждого времени, обеспечивающих максимальную суммарную когерентность пакетов отражений в пределах зарегистрированных сейсмограмм [2, 4]. При этом стратиграфическая граница, используемая в качестве ВОГ, может в пределах месторождения залегать на глубинах от 10 до 50 м, иногда до 100 м относительно уровня приведения. Таким образом, скоростное строение среды в диапазоне глубин между изучаемыми по данным преломленных и отраженных волн может быть в отдельных случаях осложнено формально учтенными неоднородностями, требующими более детализированного подхода.

В качестве одного из методов уточнения скоростного строения верхнего интервала малых глубин может использоваться методика внедрения в традиционный граф интерпретации отраженных волн информации, полученной на этапе расчета статических поправок. В предлагаемом случае скорость, получаемая при решении обратной задачи для верхней части разреза, может быть использована в качестве априорной составляющей закона, интерактивно формируемого для глубинных построений.

В качестве априорной составляющей могут быть использованы граничные (скорости в коренных породах, подстилающих ВЧР) или «средние эффективные» (рассчитанные для всей толщи пород ВЧР в предположении однородного строения последней) скорости. Уточним, что при расчете статических поправок граничные скорости могут включать интервал разреза, залегающий как выше, так и ниже уровня приведения (в зависимости от выбора абсолютной отметки УП), а эффективные определяют только верхнюю часть разреза (до УП) и включают обобщенную информацию об особенностях строения в каждом из слоев последней.

Сопоставление значений граничных и эффективных скоростей показывает их автономность относительно друг друга (рис. 1а) и независимость изменений от колебаний рельефа поверхности наблюдений (рис. 1б).

Рассмотрим примеры внедрения в стандартный граф интерпретации априорной скорости, полученной при изучении первых волн, для нескольких потенциально-опасных участков, расположенных в пределах разных шахтных полей Верхнекамского месторождения, отличающихся по геологическому строению и по степени техногенной нагрузки.

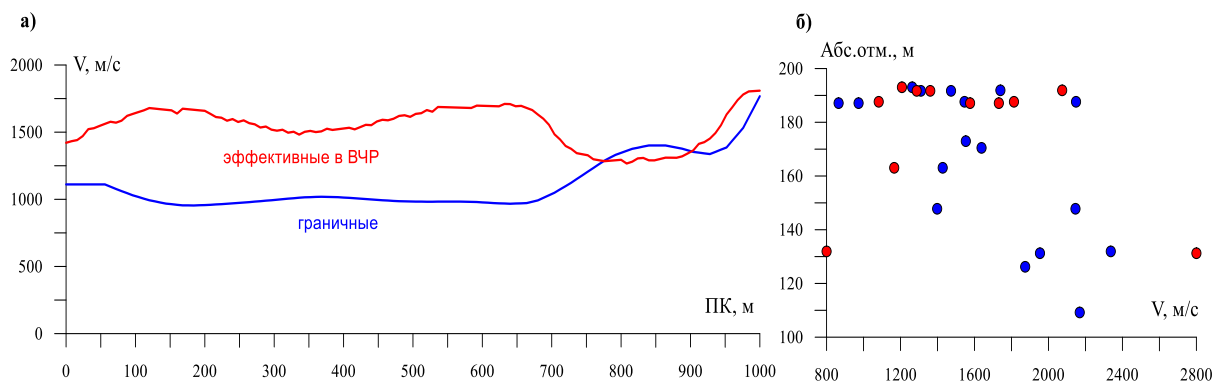


Рис. 1. Графики распределения граничных и эффективных скоростей вдоль линии профиля (а), зависимость значений скорости от абсолютных отметок рельефа (б)

На рис. 2 приведено сопоставление данных, полученных вдоль одной из профильных линий. При сравнении графиков интервальных скоростей УП – ВОГ, рассчитанных по традиционной методике и с учетом скорости в верхней части разреза, можно отметить бóльшую степень изменчивости последней при меньших абсолютных значениях. Разница между величинами интервальных скоростей достигает 800 м/с, составляя в среднем вдоль линии профиля 450 м/с.

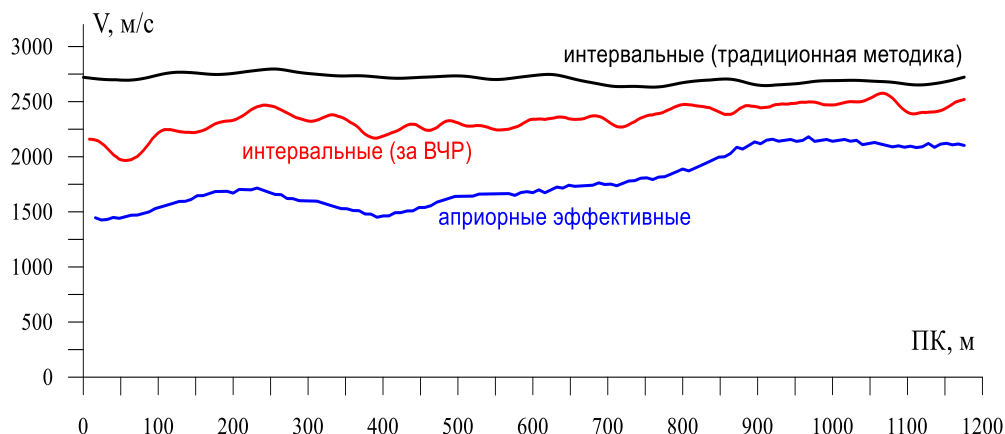


Рис. 2. Графики скоростей вдоль профильной линии до и после этапа интерпретации

После формирования пространственного распределения скоростей в верхнем интервале малых глубин (рис. 3а, б) для участка в пределах городской агломерации наблюдается ряд локальных областей разнонаправленной изменчивости скоростных свойств. Сравнение полей, полученных в разное время, позволяет рассчитать динамику изменений за двухлетний период, определяемую как разность между последующим и предыдущим значениями (рис. 3в). Обращают на себя внимание участки отрицательных изменений в южной и юго-западных областях площадки исследований. При этом по результатам сопоставления данных метода преломленных волн за 2-летний период в интервале глубин выше уровня приведения (18-30 м) вблизи юго-западной границы наблюдается контрастная отрицательная область, а по данным метода отраженных волн (глубина ниже УП до 90 м) – незначительные изменения по сравнению с предыдущим этапом. Таким образом, можно предположить, что негативные изменения свойств массива, отмечаемые в ВЧР, затухают в интервале глубин выше кровли соляно-мергельной толщи, используемой в качестве ВОГ.

По результатам сравнительного анализа количественных оценок скоростей распространения упругих волн, выполненного для потенциально-опасного участка, расположенного в пределах следующего шахтного поля, наблюдается расширение низкоскоростной зоны и контрастная отрицательная область в интервале глубин до 60 м ниже уровня приведения.

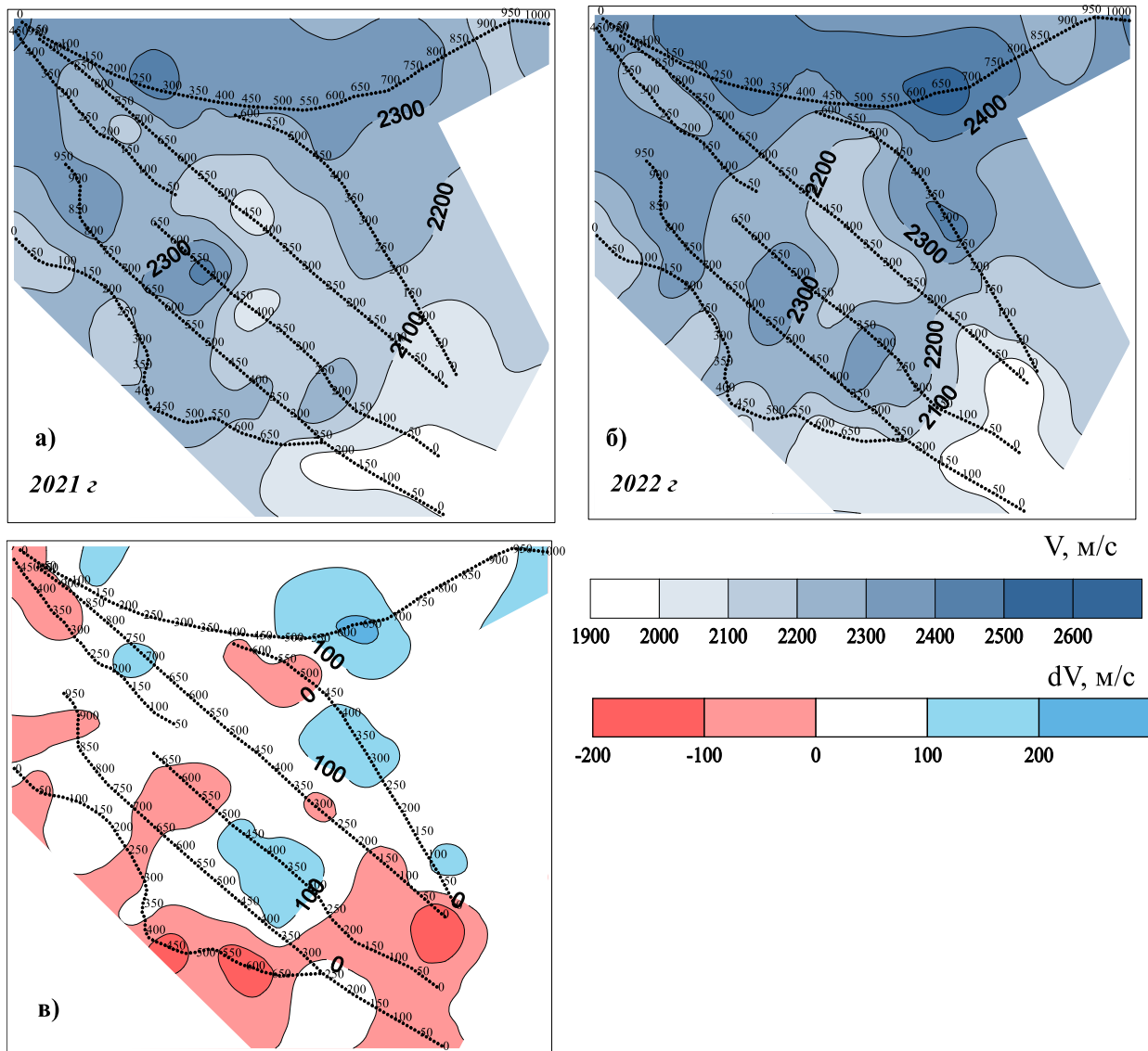


Рис. 3. Участок № 1. Схемы интервальных скоростей УП - СМТ (а, б) и скоростной изменчивости (в) (2022-21 гг.)

Таким образом, обобщенные данные параметров первых волн могут быть использованы для учета искажений, вносимых влиянием верхней части разреза во времена регистрации отраженных волн в верхнем интервале малых глубин. Отметим, что технология внедрения априорной скорости в стандартный граф интерпретации программно реализована, не сопряжена со значительными временными затратами и может быть применена для получения дополнительной информации при изучении участков, требующих особого внимания.

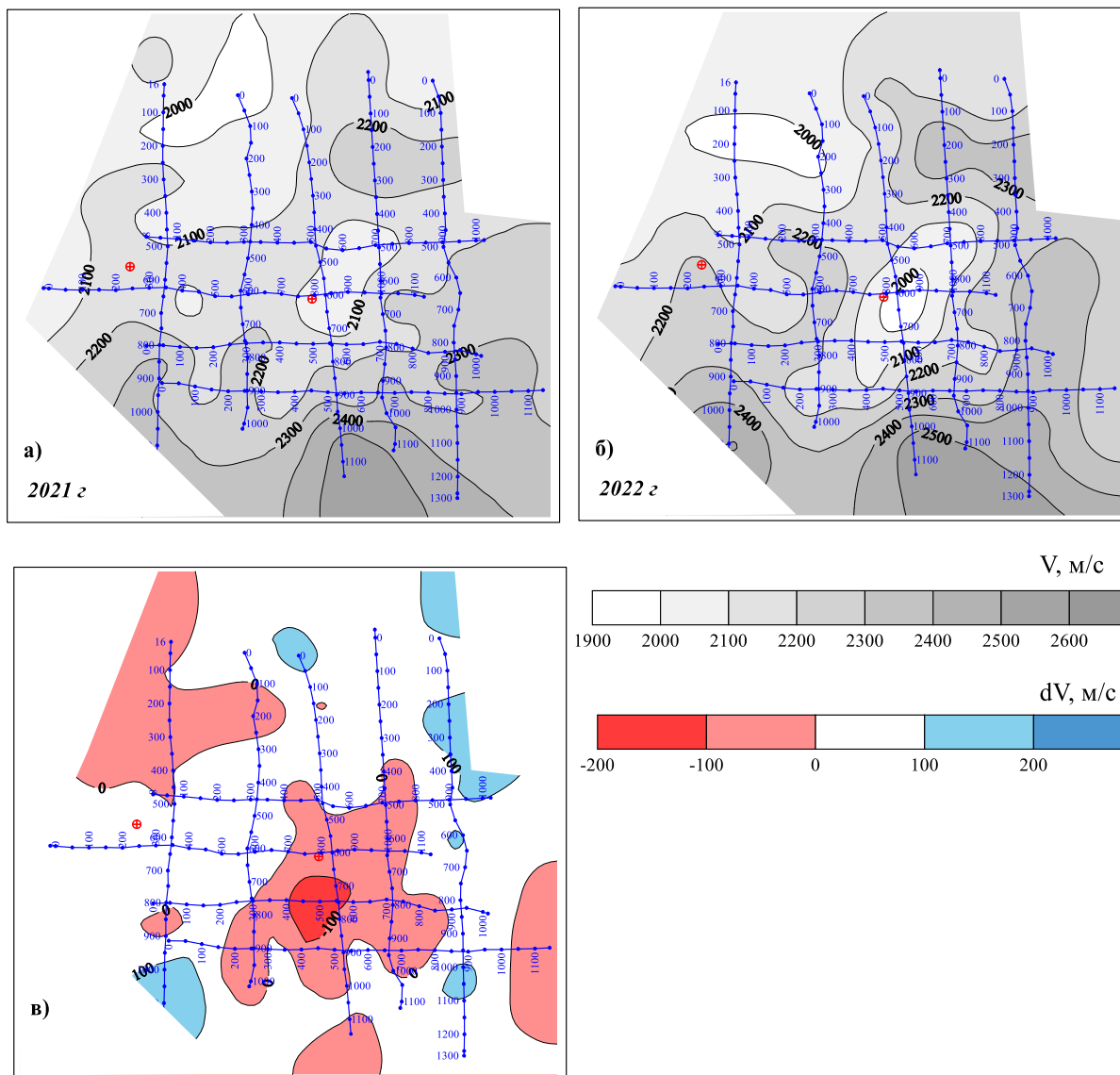


Рис. 4. Участок № 2. Схемы интервальных скоростей УП - СМТ (а, б) и скоростной изменчивости (в) (2022-21 гг.)

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Пермского края в рамках научного проекта №20-45-596032 р_НОЦ_Пермский край

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Спасский Б.А. Учет верхней части разреза в сейсморазведке // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. – 2019. – Вып. 2 (39). – С. 201-206.
2. Тарантин М.В. Алгоритмы обработки сейсморазведочных данных для повышения достоверности результатов скоростного анализа // Горное эхо. – 2021. – № 2 (83). – С. 60-64. – DOI: 10.7242/echo.2021.2.12.
3. Sanfirov I.A., Zhikin A.A., Yaroslavcev A.G., Babkin A.I. Ideas of Urupov A.K. In velocity analysis of the shallow seismic data // Geofizika. – 2013. – № 5. – P. 12-16.
4. Yaroslavtsev A.G., Tarantin M.V., Baibakova T.V. Improving the reliability of velocity analysis of shallow seismic data // 17th Conference and Exhibition Engineering and Mining Geophysics 2021. – Gelendzhik, 2021. – Код 171372. – DOI: 10.3997/2214-4609.202152103.