

В докладе представлены результаты исследования устойчивости определения модели среды и статических поправок по годографам отраженных волн с использованием адаптивного метода. Метод включает в себя две основные процедуры: уточнение параметров по невязке реальных и модельных годографов и сглаживание с использованием процедуры локальной аппроксимации, использующей в качестве параметра градиент уточняемого вектора. Адаптивный метод решения обратной кинематической задачи позволяет уточнить априорные статические поправки за ПВ и ПП, нулевые времена и эффективные скорости по годографам отраженных волн [1]. Технология «АДАПТА», использующая этот метод, позволяла получать временные и глубинные разрезы, в которых исключено влияние высокочастотных и низкочастотных задержек в верхней части разреза.

Для двумерного случая математическая модель времени прихода волн к поверхности будет иметь вид

$$t_{ij} = \sqrt{t_{0k}^2 + \frac{l_{ij}^2}{v_k^2} + \tau_{Pi} + \tau_{Pj} + \tau_{Bi}}, \quad (1)$$

где t_{ij} — время прихода волны от i -й точки на линии наблюдения; $k = (i + j) / 2$ — индекс средней точки между точками i и j , под которой лежит общая глубинная точка; t_{0k} — время пробега отраженной волны при $l_{ij} = 0$ от k -й глубинной точки; l_{ij} — расстояние между точками i и j , т.е. между точкой источника и точкой приемника; v_k — эффективная скорость пробега волны от линии приведения до отражающего горизонта, соответствующая k -й точке; τ_{Pi} , τ_{Pj} — статические поправки (задержки волны) на пунктах i и j ; τ_{Bi} — поправка за пункт взрыва, учитываящая вертикальное время и неточность момента взрыва.

В данной работе приводятся результаты исследований по профилю протяженностью 8 км с 48-кратным перекрытием, включающему 157 годографов с шагом источников и приемников 50 м. Число точек на годографе — от 58 до 119, общее число точек — 14767, число уточняемых параметров — 958. Годографы получены с помощью программы В.С. Полякова. Точность оценок времени около 0,2 мс. Основное внимание удалено следующим параметрам, влияющим на результат уточнения: априорным погрешностям эффективной скорости и нулевых времен, априорным значениям самих параметров; также исследовалась устойчивость и зависимость параметров от числа итераций уточнения. Для ясности восприятия приводится описание первых экспериментов.

Эксперимент №1

Цель эксперимента — определение влияния начальных значений погрешности эффективных скоростей на качество получаемого решения, которое оценивается величиной средней квадратической невязки (СКН) реальных и модельных годографов. Начальные погрешности эффективных скоростей в ходе эксперимента изменялись в пределах от 0,0125 до 1,6 км/с. Все прочие параметры процесса решения были зафиксированы и имели следующие значения: $\sigma_v = 10$ мс, $t_0^{(0)} = 2220$ мс, $\sigma_{t0}^{(0)} = 10$ мс, $v^{(0)} = 2,7$ км/с, $\tau^{(0)} = 40$ мс, $\sigma_{Pi}^{(0)}$ в пределах от 10 до 50 мс, $\tau_B^{(0)} = 0$ мс, $\sigma_{tB}^{(0)} = 1$ мс. При каждом начальном значении погрешности эффективных скоростей выполнялось 4 итерации уточнения с удалением ПВ—ПП от 0 до 250 м, затем 10 итераций с удалением от 0 до 2000 м, затем еще 10 итераций уточнения по всем точкам годографов. После каждой итерации выполнялось сглаживание текущих значений неизвестных при следующих значениях параметров сглаживания: $g_{t0} = 100$ мс/км, $g_v = 1000$ (м/с)/км, $g_\tau = 200$ мс/км. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Табл. 1. Значения средней квадратической невязки после 24 итераций уточнения при различных начальных значениях погрешности эффективных скоростей.

$\sigma_v^{(0)}$, км/с	СКН, мс
0,025	2,8528
0,05	2,8409

0,1	2,8111
0,2	2,7667
0,4	2,7392
0,8	2,7044
1,6	2,6440
2,3	2,6839
3,2	2,9384

Из табл. 1 видно, что даже при значительном изменении априорной погрешности СКН меняется незначительно и плавно. По поведению СКН видим минимум при $\sigma_v^{(0)} = 1,6$ км/с.

Эксперимент №2

В ходе эксперимента №2 исследовалось влияние начальных значений погрешности нулевых времен на качество получаемого решения. Эксперимент №2 проводился по той же схеме и при тех же значениях параметров, что и эксперимент №1, за исключением того, что значение $\sigma_v^{(0)}$ было зафиксировано на уровне 1,6 км/с, а значение $\sigma_{t0}^{(0)}$ изменялось в пределах от 1,25 до 80 мс. Как и в предыдущем эксперименте, изменение априорной погрешности в широких пределах привело лишь к весьма незначительному изменению СКН — в пределах от 2,6440 до 2,6677 мс. Наименьшее значение СКН было получено при значении $\sigma_{t0}^{(0)} = 10$ мс. Это значение и было принято для дальнейших экспериментов.

Эксперимент №3

В эксперименте №3 плавно изменялся уровень априорных значений эффективных скоростей. Уточнение параметров выполнялось по той же схеме и при тех же значениях параметров, что и в эксперименте №2, за исключением того, что значение $\sigma_{t0}^{(0)}$ было зафиксировано на уровне 10 мс, а значение $v^{(0)}$ изменялось в пределах от 2,4 до 3,0 км/с. Значение СКН в ходе эксперимента изменялось в пределах от 2,6438 до 2,7204 мс; наименьшее значение было достигнуто при $v^{(0)} = 2,725$ км/с. В докладе дается описание и других экспериментов, показавших существование оптимума и незначительного влияния на невязки даже при значительных отклонениях от него. Посмотрим, как себя ведут основные целевые параметры в зависимости от числа итераций. На рис. 1 слева приведены статические поправки за ПП, а справа — нулевые времена. Априорные статические поправки были заданы константой 40 мс. Уже после 4 итераций (верхний график) значения поправок колеблются в пределах от 32 до 64 мс. В дальнейшем форма графика практически не меняется. Нулевые времена априорно приняты равными 2220 мс. После 4 итераций график нулевых времен колеблется в пределах от 2212 до 2223 мс, т.е. в пределах 11 мс. После увеличения удалений до 2000 м на график при числе итераций 14 исчез резкий пик, который был на первом графике. Предел изменения уменьшился до 6 мс и остался таким и при большем числе итераций. На графиках видно плавное постепенное уменьшение амплитуд пиков, соответствующих 25-й и 210-й ОСТ. На рис. 2 слева приведены графики значений эффективных скоростей, а справа — глубин отражающей границы. Изменение эффективных скоростей заметно на первых итерациях, но после 24 итераций график скорости мало меняет свою форму, изменяясь в пределах 15 м/с (от 2,715 до 2,730 км/с). Так же после 24 итераций мало меняется график глубин, оставаясь в пределах 3015–3030 м.

Результаты экспериментов позволяют сделать следующие выводы:

- 1) Управляющие параметры, к которым мы относим погрешности статики, нулевых времен, скоростей, градиенты при их изменении плавно меняют невязки. Существует минимум невязок, т.е. оптимальное значение управляющего параметра. Отклонение от оптимума приводит к незначительному изменению невязок, т.е. процесс уточнения является устойчивым.
- 2) Наиболее стабильными являются оценки статических поправок.

3) В данных экспериментах после 24 итераций невязки и значения параметров практически не меняются.

Литература

[1] Кочнев В.А., 1988. Адаптивные методы интерпретации сейсмических данных. — Новосибирск: Наука. — 152 с.

[2] Кочнев В.А., Звягин П.А., 2007. Исследование решения обратной кинематической задачи МОВ с использованием адаптивного метода. // Глубинное строение. Геодинамика. Мониторинг. Тепловое поле земли. Интерпретация геофизических полей: Мат-лы конференции. Екатеринбург: Ин-т геофизики УрО РАН. С. 50–52.

[3] Кочнев В.А., Звягин П.А., 2007. Первые результаты автоматизации на ПК процедуры уточнения статики и кинематики по годографам МОВ. // Тезисы докладов IX международной научно-практической конференции «Геомодель-2007». Геленджик. С. 74.

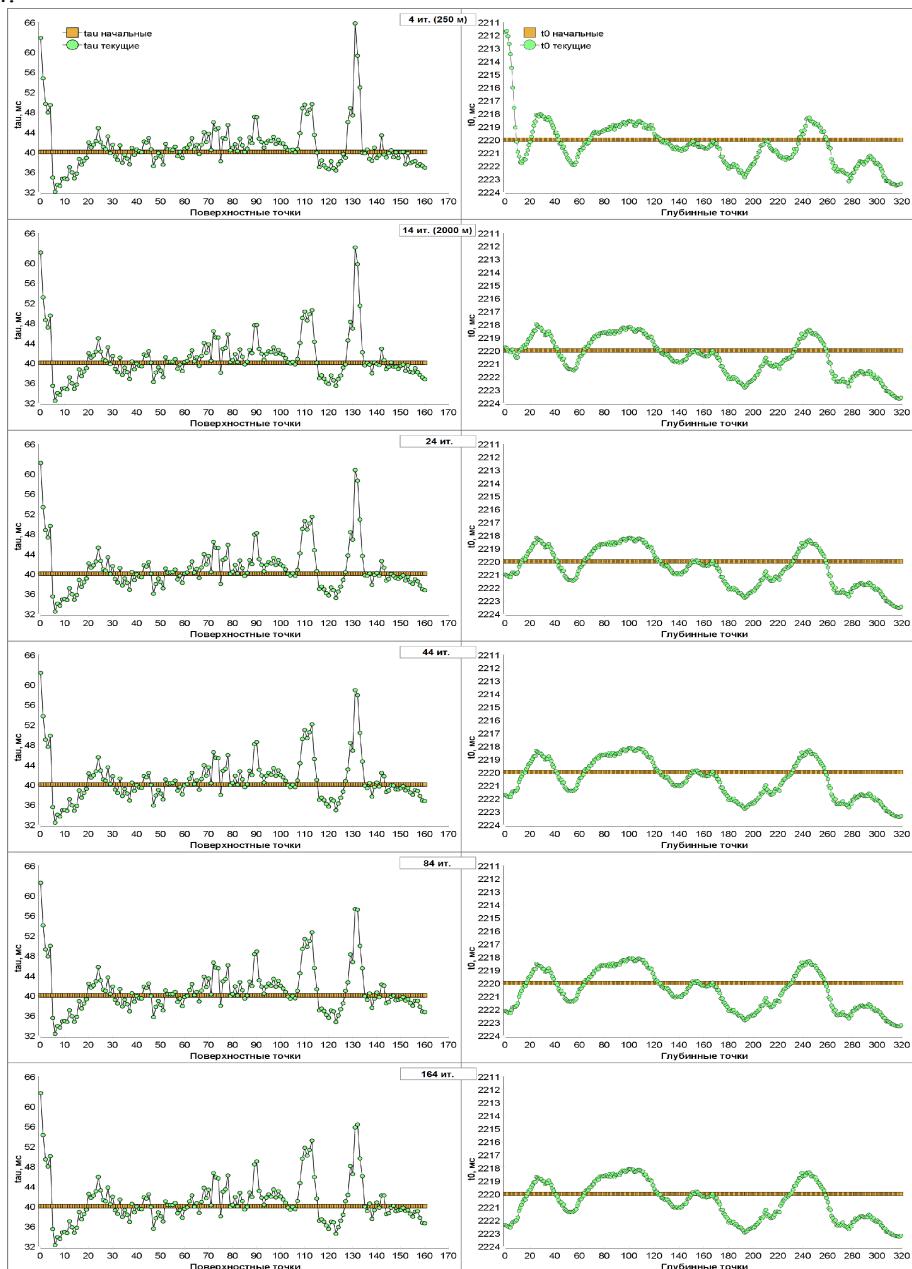


Рис. 1. Значения статических поправок за ПП (слева) и нулевых времен (справа) после различного числа итераций.

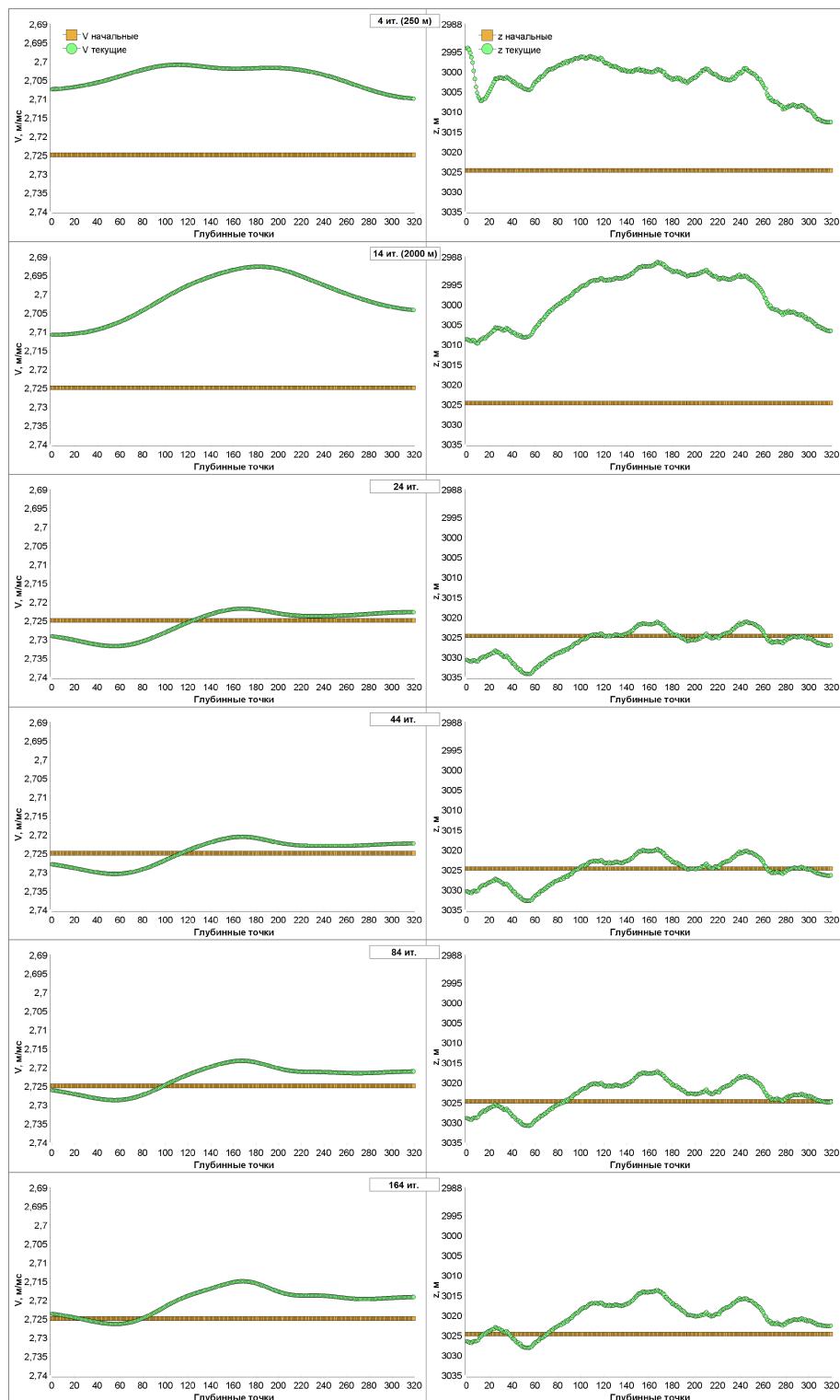


Рис. 2. Значения эффективной скорости (слева) и глубины отражающей границы (справа) после различного числа итераций.