

Влияние шага приёма на результаты метода преломлённых волн в инженерной сейсморазведке

- Романов В.В., РГУНиГ (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва.
- Кауркин М.Д., Андреев Д.О., Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва.

Аннотация: В статье описывается влияние выбора шага приёма на результаты выполнения метода преломлённых волн.

Ключевые слова: инженерная сейсморазведка, шаг приёма.

Введение

Сейсмическое волновое поле, зарегистрированное в полевых условиях, дискретно по времени и в пространстве. Пространственная дискретность поля определяется ненулевым расстоянием между пунктами приёма $\Delta x_{\text{пп}}$ (шагом приёма). Так же, как и шаг дискретизации на трассах определяет корректно дискретизируемый частотный диапазон, выбор шага приёма задаёт свойства приёмной линии, как антенной решётки. Сейсмоприёмники, расставленные с заданным шагом по линии профиля, обладают диаграммой направленности и работают как пространственный фильтр [Романов и др., 2024].

В методе преломлённых волн (МПВ) [Богоявленский и др., 2023], где целевые волны выделяются в первых вступлениях, правильность решения обратной задачи зависит от точности определения точек излома и количества точек годографа между ними. Приёмная линия со слишком большим шагом приёма работает как смеситель, сглаживающий годограф первых вступлений, теоретически имеющий форму ломаной линии, до выпуклой кривой [Чернышев и др., 2022].

Результатом становится пропуск точек излома, искажение пластовых скоростей, выпадение слоёв разреза и переуглубление преломляющих границ.

Метод преломлённых волн в инженерной сейсморазведке применяется для определения структуры и сейсмических свойств разреза на глубину до 10–20 м

[Ескин и др., 2016], в этом интервале выделяется 2–3 слоя мощностью от первых десятков сантиметров до 5–10 м. Учитывая размеры и глубины горизонтов верхней части разреза проблема точности восстановления элементов их залегания остаётся актуальной [Романов, 2012]. В статье показывается, что широко востребованный шаг приёма (2 м) зачастую оказывается недостаточно малым при прослеживании границ неглубоко залегающих слоёв малой мощности, например при картировании кровли скального или мерзлого грунта на глубинах до 1,0–1,5 м.

Результаты исследования

Опыт применения систем наблюдений с различным шагом приёма на одном объекте показывает, что в сложных разрезах уменьшение шага приёма позволяет с большой детальностью разделить верхнюю часть разреза, а также предположить наличие слоёв сложной структуры, не описываемой простой горизонтально-слоистой моделью. На рисунке 1 представлены годографы первых вступлений, полученные при картировании неглубоко залегающей кровли многолетнемёрзлых грунтов. В структуре годографов наблюдаются как случайные, так и систематические различия. В частности, при наблюдениях с шагом приёма 0,25 м удалось выделить два слоя в толще талых грунтов с глубиной подошвы 0,38 и 1,42 м. При увеличении шага приёма на годографе первых вступлений количество и положение

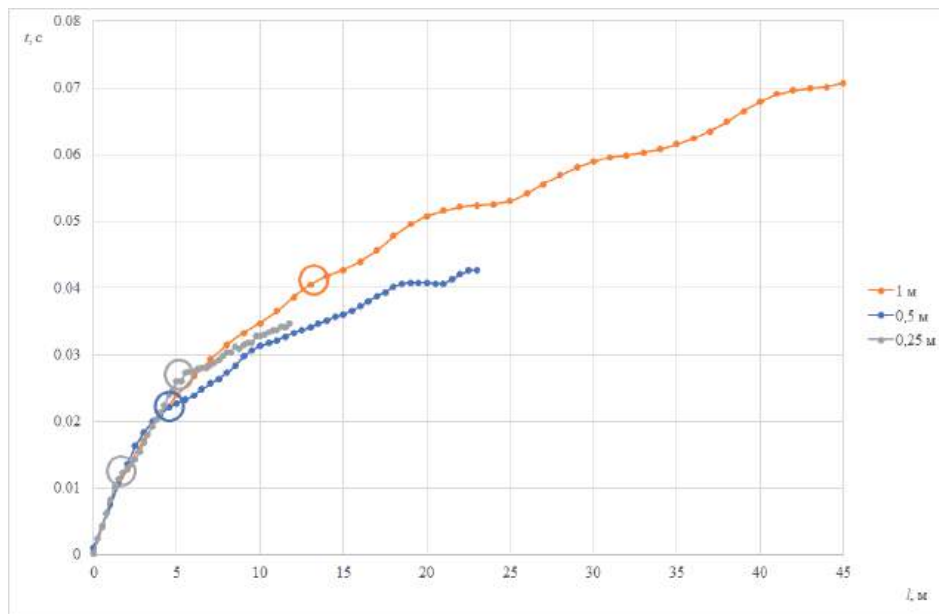


Рис. 1.
 Годографы первых
 вступлений,
 полученные на
 одном объекте
 с разным шагом
 приёма.

точек излома смещается, что приводит к искажению определяемого скоростного разреза.

На рисунке 2 показаны скоростные законы, найденные способом пластовых скоростей по годографам рисунка 1. Только с шагом приёма 0,25 м удалось выделить два слоя в толще талых грунтов мощностью 0,38 м и 1,04 м и скоростями поперечных волн 140 и 220 м/с, соответственно. Переход к шагу 1,0 м не позволил расчленивать покрывающую толщу, а скорость в ней оказалась завышенной.

На рисунке 3 приведены годографы

первых вступлений и разностные графики [Карпетов, Белоусов, 2015] [Крылов, 1985] вычисленные по горизонтально-слоистой трёхслойной модели для шага приёма 4 и 1 м. При шаге приёма 4 м годограф первых вступлений соответствует градиентно-однородной двухслойной модели, первая точка излома не выражена, а слоисто-однородный тип модели проявляется только при переходе к шагу приёма 1 м.

На рисунке 4 приведены модели распределения пластовой скорости, применяемые для расчёта годографов на

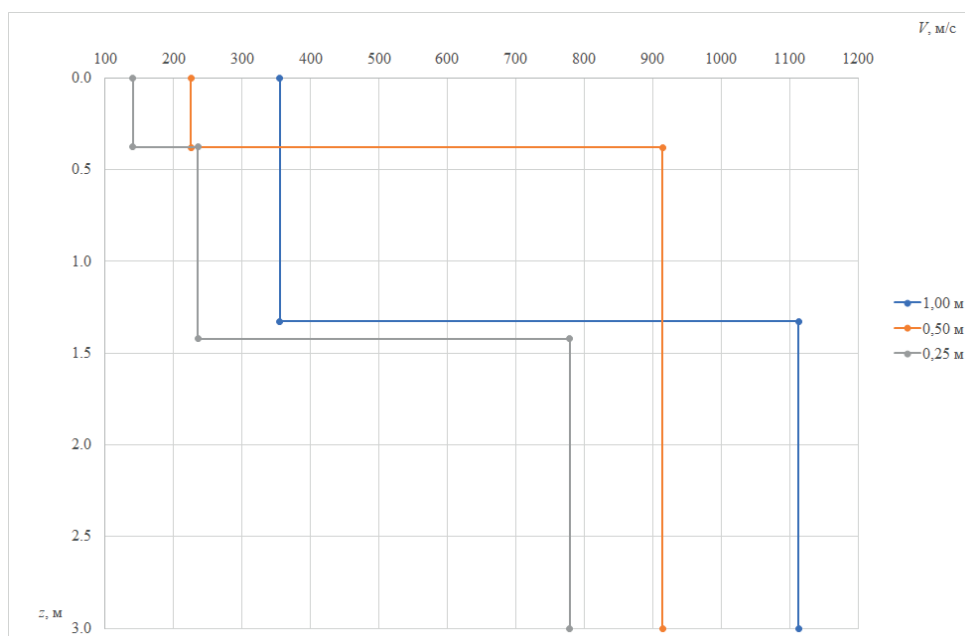
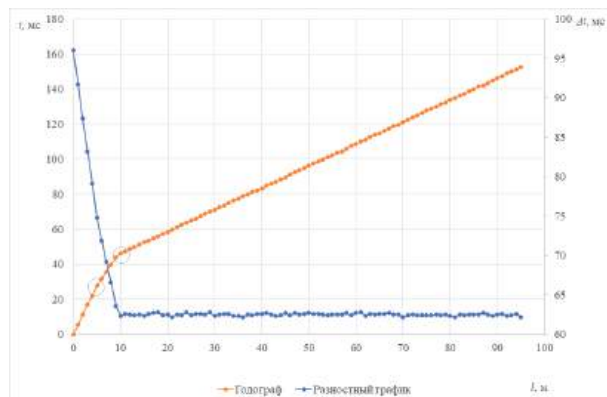
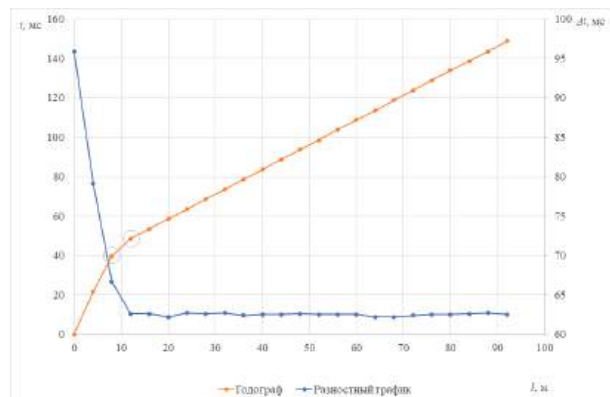


Рис. 2.
 Скоростные
 законы, полученные
 по годографам,
 приведённым
 на рисунке 1.



▲ Рис. 3. Годографы первых вступлений и разностные графики, вычисленные по слоисто-однородной среде. Слева — шаг приёма 4 м, справа — шаг приёма 1 м.

рисунке 3 и результаты восстановления слоистой модели по ним. Удовлетворительный по точности результат был достигнут только при уменьшении шага приёма до 1 м.

Опыт практических и теоретических исследований показывает, что шаг приёма в методе преломлённых волн не должен превышать мощности самого тонкого слоя разреза, во избежание возникновения погрешностей при нахождении глубин и пластовых скоростей.

Также, учитывая необходимость ручной корреляции годографов в методе преломлённых волн и кинематической сейсмической томографии, шаг дискретизации следует выбирать исходя из применяемого шага приёма и максимальной скорости прослеживаемых волн.

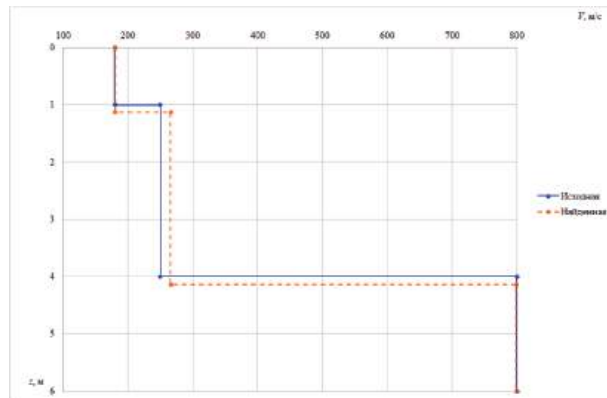
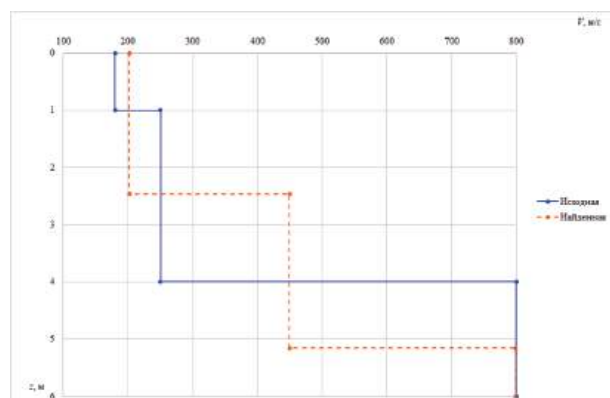
$$\Delta t \leq \frac{\Delta x_{\text{ПП}}}{v_{\text{max}}}$$

Приведённое выражение предполагает, что разница времён вступления на соседних пунктах приёма не окажется менее одного шага дискретизации. Например, для шага приёма 0,5 м рекомендуемый шаг дискретизации для волны со скоростью 2000 м/с составит 0,25 мс, для волн со скоростью 5000 м/с и выше потребуется уменьшение шага дискретизации до 0,1 мс.

Выводы

Результаты, рассмотренные в статье, указывают на необходимость уменьшения шага приёма до 0,2–0,5 м при прослеживании опорных неглубоких границ (1–5 м) и детального расчленения покрывающих их толщ. Уменьшение шага

▼ Рис. 4. Результат применения способа пластовых скоростей к годографам первых вступлений (рисунок 3). Слева — шаг приёма 4 м, справа — шаг приёма 1 м



приёма предполагает также пропорциональное сокращение шага дискретизации.

Литература

1. Богоявленский В. И., Кишанков А. В., Казанин А. Г. Распространение субаквальной мерзлоты в море Лаптевых по данным сейсморазведки методом преломленных волн // Арктика: экология и экономика. – 2023. – Т. 13. – №. 4. – С. 501-515.

2. Геофизические исследования участка оползня в районе поселка Харанцы на острове Ольхон / А. Ю. Ескин, В. И. Джурик, С. П. Серебренников [и др.] // Известия Сибирского отделения РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений. – 2016. – № 4(57). – С. 130-136. – DOI 10.21285/0130-108X-2016-57-4-130-136. – EDN XDYLHL.

3. Карапетов, Г. А. Практикум по геометрической сейсмике : Учебное пособие / Г. А. Карапетов, А. В. Белоусов. – Москва : Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, 2015. – 190 с. – ISBN 978-5-91961-171-4. – EDN YXFQUS.

4. Крылов, С. В. Свойства головных волн и новые возможности автоматизации их обработки / С. В. Крылов, В. Н. Сергеев // Геология и геофизика. – 1985. – Т. 26, № 4. – С. 92-102. – EDN VAQVCC.

5. Романов, В. В. Применение амплитудных графиков при обработке и интерпретации данных метода преломленных волн для решения задач инженерной геологии / В. В. Романов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2012. – № 4. – С. 56-60. – EDN RBPEWR.

6. Опыт выполнения многоволновой инженерной сейсморазведки со сверхмалым шагом приема / В. В. Романов, М.

Д. Кауркин, И. В. Крячков, И. А. Бабуркин // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2024. – № 3(82). – С. 70-73. – EDN SRXOYI.

7. Подход к построению слоистой скоростной модели верхней части разреза по данным времен первых вступлений / Г. С. Чернышов, А. А. Дучков, Г. Н. Логинов [и др.] // Нефтяное хозяйство. – 2022. – № 1. – С. 26-31. – DOI 10.24887/0028-2448-2022-1-26-31. – EDN TIIDFX.

Подробнее об авторах



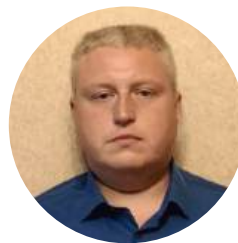
Романов
Виктор Валерьевич

доцент, Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва



Кауркин
Михаил Дмитриевич

ведущий научный сотрудник лаборатории инженерной геофизики и сейсмического микрорайонирования Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, к.т.н., г. Москва



Андреев
Дмитрий Олегович

Ведущий инженер лаборатории инженерной геофизики и сейсмического микрорайонирования Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва