

Опыт выполнения многоволновой инженерной сейсморазведки со сверхмалым шагом приёма

- Романов В.В., Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва
- Кауркин М.Д., Крячков И.В., Бабуркин И.А., Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва

Аннотация: Статья посвящена опыту выполнения сейсморазведки с шагом приёма 10 см, который позволил выделить несколько малоглубинных границ на диапазоне 5–15 м методом отражённых волн. Показаны преимущества и недостатки реализации сейсморазведки со столь малым шагом приёма.

Ключевые слова: инженерная сейсморазведка, метод отражённых волн, отражающие границы, шаг приёма.

Введение

Шаг приёма (расстояние между соседними приёмниками в расстановке) — это один из важнейших параметров систем наблюдений в сейсморазведке [Романов, 2022]. От его правильного выбора в многом зависит эффективность последующей обработки сейсморазведочных данных, а также скорость выполнения полевых работ. Шаг приёма влияет на степень подавления поверхностных волн f - k фильтрами, оценку скорости и положения точек излома на годографах первых вступлений, кратность суммирования неглубоких отражений. Традиционный подход к выбору шага приёма направлен на надёжность корреляции осей синфазности и конструктивность интерференции при суммировании трасс в МОВ–ОГТ и МПВ–ОГП. Согласно ему, шаг приёма не должен превышать половины минимальной видимой длины волны. В инженерной сейсморазведке минимальные значения скоростей продольных и поперечных волн сосредоточены в диапазоне 200–400 м/с, преобладающие частоты составляют 30–60 Гц. Следовательно, оптимальные значения шага приёма не должны превышать 3–13 м. Шаг разёмов на косах для выполнения инженерной сейсмораз-

ведки традиционно выбирается из ряда 1, 2, 5 или 10 м, наиболее распространён шаг 2 м [Романов, Шнеерсон, 2018], хотя есть решения на шаге 2,5 м, 3 и 4 м. Однако, если шаг разёмов аналоговой косы уменьшить или увеличить нельзя, то возможность уменьшить шаг приёма за счёт разматывания кабеля петлями есть. Отсюда появляются широкие возможности по сокращению шага приёма до пределов, связанных с размером корпуса приёмников. Шаги приёма 2–5 м предлагается считать стандартными, более 5 м — большими, 0,5–1,0 м — малым, до 0,5 м — сверхмалыми. Сверхмалые шаги в инженерной сейсморазведке пока применяются редко, однако их использование является перспективным направлением развития инженерной сейсморазведки в области исследования глубин до 5–10 м. В статье описывается и анализируется опыт выполнения подобных работ.

Применяемая технология полевых работ и обработки

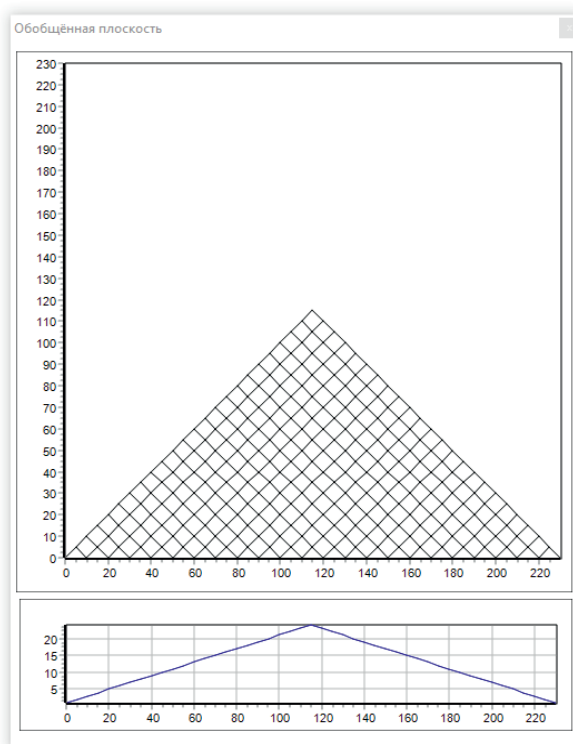
Работы выполнялись коллективом авторов на территории Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева, расположенной по адресу Москва, ул. Чёрное Озеро 15. На этапе опытно-методических работ



▲ Рис. 1. Приёмная линия с горизонтальными приёмниками (схема наблюдений Y-Y).

был уставлен минимально возможный шаг приёма для устройств GS-20DX — 10 см, дальнейшие работы выполнялись именно на таком шаге. Сформированная приёмная линия (расстановка) из 24 пунктов имела длину 2,3 м. Сейсмические волны возбуждались на каждом пункте линии, реализовались однородные схемы наблюдений Z-Z, X-X и Y-Y [Яковлев, 2011] (Рисунок 1). Источником служили удары по металлическому колышку, который ориентировался вертикально или под углом 45 градусов вдоль или поперёк профиля. Такое сочетание схем наблюдений позволило выполнить сейсморазведку на продольных волнах и поперечных волнах с вертикальной и горизонтальной поляризацией. Максимальная кратность системы наблюдений составила 24 (Рисунок 2).

Данные обрабатывались по стандартному графу МОВ-ОГТ [Романов, 2023]. На рисунке 3 представлены суперсейсмограммы по трём реализованным схемам наблюдений. В первых вступлениях на всех сейсмограммах выделялись прямые волны, ниже по оси времени — поверхностные. В последующих вступлениях прослеживались отражённые волны с гиперболическими осями синфазности. Примечателен диапазон



▲ Рис. 2. Система наблюдений на обобщённой плоскости (сверху) и карта кратности по ней (снизу).

эффективных скоростей отражений — от 50 до 200 м/с, а также значительный вертикальный градиент скорости [Ли, Владов, 2014]. Оси синфазности у волн со скоростью более 100 м/с на базе в 2,3 м имеют практически горизонтальную форму, что, с одной стороны делает результат суммирования малочувствительным к ошибкам определения скорости, а с другой — затрудняет скоростной анализ. Последнее обстоятельство приводит к снижению точности глубинных построений, для повышения которой предлагается перейти на большее количество используемых каналов сейсморазведочной станции.

Применяемый маломощный источник обеспечил высокие преобладающие частоты наблюдаемых волн — 120–140 Гц. Высокую эффективность при обработке данных показала предсказывающая деконволюция, что предопределялось значительной шириной спектра сейсмограмм [Романов, Иванов, 2024].

► Рис. 3.
Супер-сейсмограммы
по трём схемам
наблюдений. По
вертикали — время,
мс; по горизонтали —
удаление.



На рисунке 4 продемонстрирован глубинный разрез, полученный на SH волнах (схема наблюдений Y-Y). Сейсмограммы, полученные по этой схеме, содержат наибольшее количество динамически выраженных отражённых волн, что позволило выделить в диапазоне глубин 5–15 м три сейсмические границы с эффективной скоростью 100–200 м/с.

Выводы

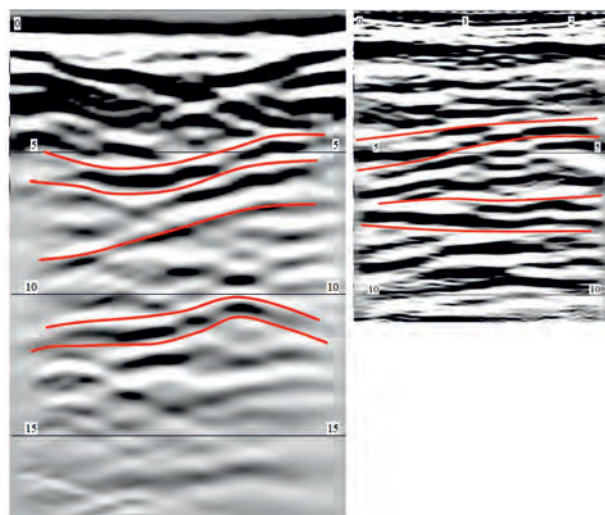
Выполненный эксперимент указывает на перспективность развития технологии инженерной сейсморазведки в направлении уменьшения шага приёма. Применение шагов 10–50 см открывает широкие

возможности по исследованию сверхмалых глубин отражёнными волнами. Основной схемой наблюдений для таких работ является Y-Y, меньший объём информации несёт схема Z-Z.

Однако, выявлены и отрицательные стороны уменьшения шага приёма: трудности при скоростном анализе, большее количество кратных волн, существенные вертикальные и горизонтальные градиенты кинематических и динамических параметров. Развитие данной тематики предполагает тестирование разных значений шага приёма, увеличение числа приёмников в линии (порядок линии), комплексирование с другими методами, в том числе с электротомографией и георадиолокацией.

Литература

1. Ли В.О., Владов М.Л. Анализ эффективности 2D сейсморазведки методом ОГТ при изучении приповерхностной части разреза // Вестник Московского университета. Серия 4: Геология. 2012. № 3. С. 52-60.
2. Романов, В. В. Анализ развития терминологической базы методики двумерной сейсморазведки и предложения по ее развитию и унификации / В. В. Романов // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. – 2022. – Т. 64, № 1. – С. 61-74. – DOI 10.32454/0016-



▲ Рис. 4. Глубинный разрез МОВ-ОГТ на поперечных SH-волнах (слева) и продольных (справа). По вертикали — глубина, м; по горизонтали — координаты пунктов профиля

7762-2022-64-1-61-74. – EDN DIEHWD.

3. Романов В. В. Опыт прослеживания отражающих границ на территории Московского региона // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2023. – № 4(79). – С. 62-69. – EDN KYENCJ.

4. Романов В.В., Иванов А.А. Опыт использования деконволюции в инженерной сейсморазведке // Вестник РАН. 2024. Т. 24. № 1. С. 20-24.

5. Романов В.В., Шнеерсон М.Б. Инженерная сейсморазведка методом отраженных волн в Москве // Геофизика. 2018. № 6. С. 75-81.

6. Яковлев А. С. Вертикальное сейсмическое профилирование мелких скважин при проведении малоглубинных сейсморазведочных работ методом отражённых волн для решения инженерно-геологических задач // Каротажник. – 2011. – № 4(202). – С. 20-25. – EDN NIRGPP..



Кауркин
Михаил Дмитриевич

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



Крячков
Иван Вячеславович

Инженер лаборатории инженерной геофизики и сейсмического микрорайонирования федерального государственного бюджетного учреждения науки, Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН), г. Москва

Подробнее об авторах



Романов
Виктор Валерьевич

Доцент кафедры разведочной геофизики и компьютерных систем факультета геологии и геофизики нефти и газа Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, к.т.н., г. Москва



Бабуркин
Иван Александрович

Инженер лаборатории инженерной геофизики и сейсмического микрорайонирования федерального государственного бюджетного учреждения науки, Института геоэкологии им. Е.М. Сергеева Российской академии наук (ИГЭ РАН), г. Москва