

Миграция данных георадиолокации с целью увеличения разрешающей способности

- Романов В.В., Российский государственный университет нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина, г. Москва.
- Кауркин М.Д., Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва.
- Андреев Д.О., Институт геоэкологии им. Е.М. Сергеева РАН, г. Москва.
- Матюшенко А. А., Российский государственный геологоразведочный университет им. Серго Орджоникидзе, г. Москва.

Аннотация: Статья посвящена проблеме использования миграции для увеличения разрешающей способности георадиолокации. Для оценки применения алгоритма миграции по Кирхгофу была создана установка в виде пластикового стола с профилем для перемещения высокочастотного антенного блока георадара. Доказана эффективность миграции для повышения горизонтальной разрешающей способности георадиолокации.

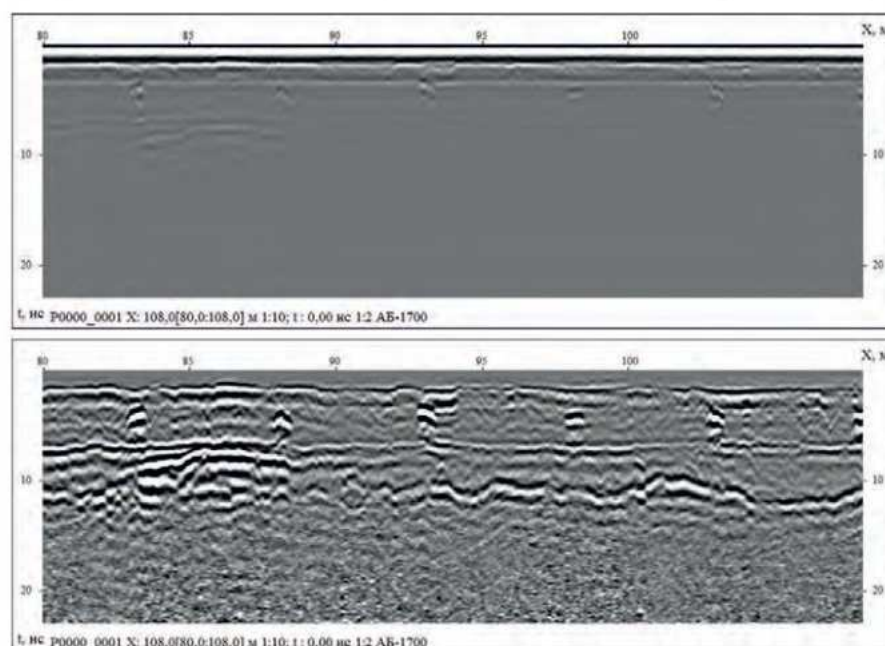
Ключевые слова: георадиолокация, миграция, повышение разрешающей способности.

Введение

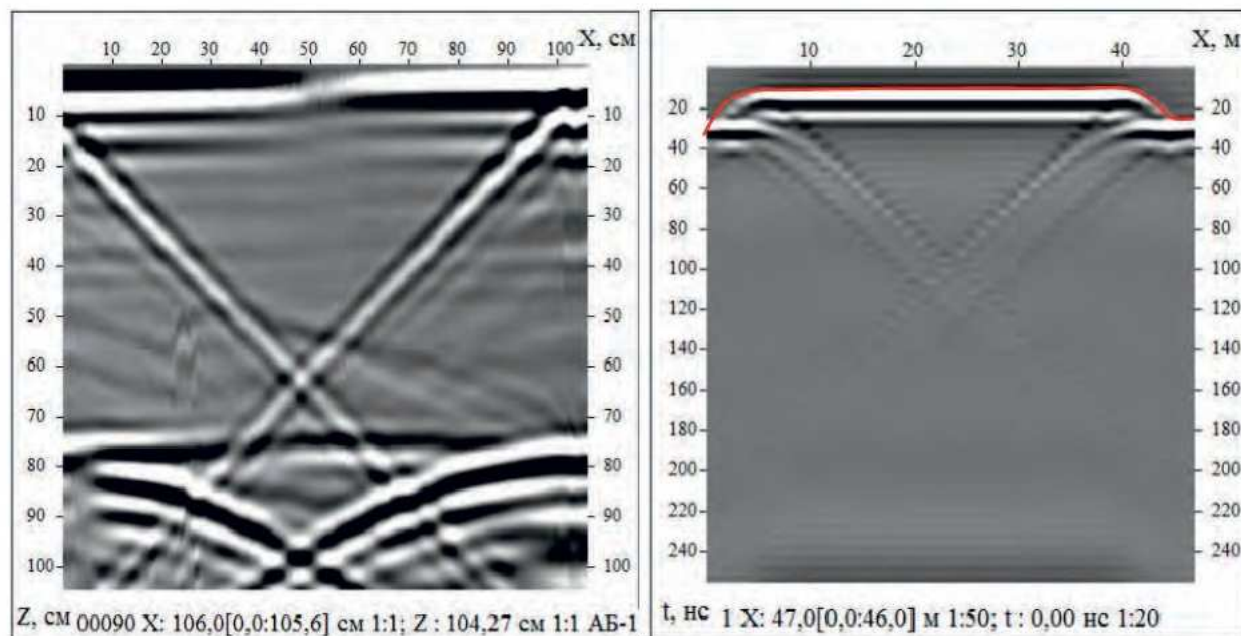
Георадиолокация — это высокочастотный волновой метод электроразведки, основанный на исследовании верхней части геологического разреза электромагнитными волнами. В процессе выполнения георадиолокации по поверхности изучаемого объекта перемещается антенный блок (АБ), где на жёсткой базе совмещены излучатель и приёмное устройство с общей центральной частотой

той [Романов, Кауркин, 2021]. При высоком контрасте геологических и техногенных тел по относительной диэлектрической проницаемости на их границах образуются отражённые и дифрагированные волны с интенсивностью, достаточной для проявления на радарограммах [Капустин, Синицын, 2014].

В последнее время существует устойчивая отрицательная тенденция позиционировать георадары как полупрофесси-



◀ Рис. 1. Сравнение радарограммы до и после обработки. Применена поправка за сигнал прямого прохождения, вычитание среднего и коррекция амплитуд по степенному закону.



▲ Рис. 2. Сравнение расчётной и измеренной радарограмм. Справа — синтезированное изображение, полученное для тонкой горизонтальной пластины с выступом, слева — реальная радарограмма, измеренная перемещением АБ–1700 МГц о пластиковому столу. Выделяются гиперболические “усы” дифрагированных волн на краях объектов, а также общее сглаживание резких контуров.

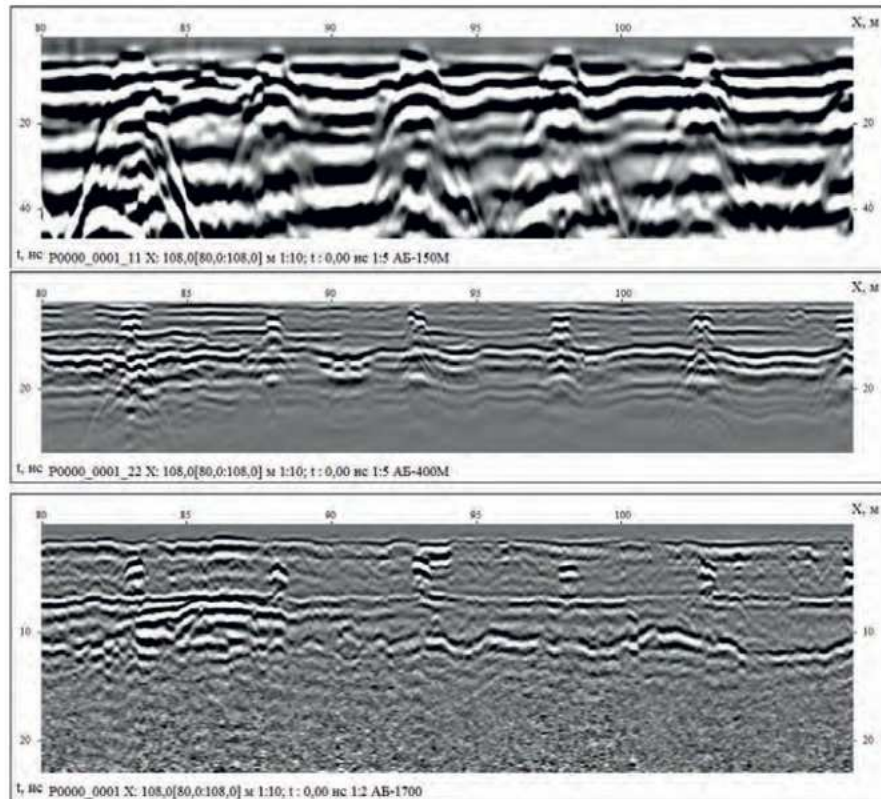
ональные приборы, которые без специальной подготовки может использовать практически любой — от кладоискателя до рыболова [Рассолько, 2019]. Однако, простое сопоставление исходной и обработанной радарограмм (Рисунок 1) показывает, что это является заблуждением [Зыков, 2019]. Зачастую, из-за значительного затухания и большой длительности сигнала прямого прохождения без коррекции амплитуд и вычитания среднего на радарограммах практически не различима полезная информация.

Кроме того, иногда при интерпретации радарограмм игнорируется волновая природа метода, то есть не оценивается вероятный отклик поля на влияние наклонных и субвертикальных границ неоднородностей. В волновом поле отображается только верхняя кромка аномалиеобразующего объекта, а контур её значительно сглаживается и размывается (Рисунок 2).

Центральная частота излучателя в георадиолокации изменяется от 50 до 1700 Гц. С увеличением этого параметра растёт разрешающая способность и уменьшается глубинность [Айтимова, Ивченко, 2021]. Начиная с размера в половину длины волны и менее, локальные неоднородности и выступы отражающих границ становятся дифракторами, с увеличением центральной частоты доля дифракторов в волновом поле падает, они проявляются как небольшие локальные отражающие площадки (Рисунок 3).

Дифрагированные волны, с одной стороны, являются яркими признаками локальных неоднородностей и служат для определения скорости электромагнитных волн по наклону годографа, а с другой — мешают выделению других объектов поиска и приводят к падению разрешающей способности по горизонтали. В работе рассмотрен опыт увеличения разрешающей способности георади-

► Рис. 3. Выделение локальных неоднородностей (стыков бетонных плит) антенными блоками АБ–150, 400 и 1700.



олокации при помощи включения в граф обработки миграции по Кирхгофу.

Методика эксперимента и граф обработки

Для тестирования была создана установка в виде пластикового стола, на прозрачной поверхности которого была размечен профиль для перемещения георадара с АБ–1700 (ОКО–3, бетоноскоп). В пространстве под столом на разной высоте поочерёдно располагались: металлический полый цилиндр, пластиковый и металлический ящики, мобильный телефон, подкова и монета. Все они отобразились в волновом поле как дифракторы, независимо от формы и размера. По наклону осей синфазности дифрагированных волн была найдена скорость, используемая для реализации миграции. Каждый отсчёт радарограммы принимался за вершину гиперболы, вычисляемой по уравнению (1) и выполнялось направленное суммирование вдоль её ветвей. С увеличением аперту-

ры контуры объектов выполаживались, поэтому её значение выбиралась в диапазоне 20–30 трасс относительно трассы суммирования.

$$t = 2 \sqrt{\frac{l^2 + z^2}{v}} = 2 \sqrt{t_{min}^2 + 4 \left(\frac{l}{V}\right)^2} \quad (1)$$

В результате удалось добиться существенного подавления дифрагированных волн и, в ряде случаев, выделения, идентификации и определения размеров малых объектов. Подавлялись как волны, порождённые объектами поиска, так и ножками и углами стола (Рисунок 4,5).

Выводы

Таким образом, процедура миграции при обработке данных георадиолокации доказано эффективна, за счёт широких возможностей по увеличению разрешающей способности метода по горизонтали. За счёт правильного выбора апертуры удаётся сохранить баланс между степенью подавления дифрагированных

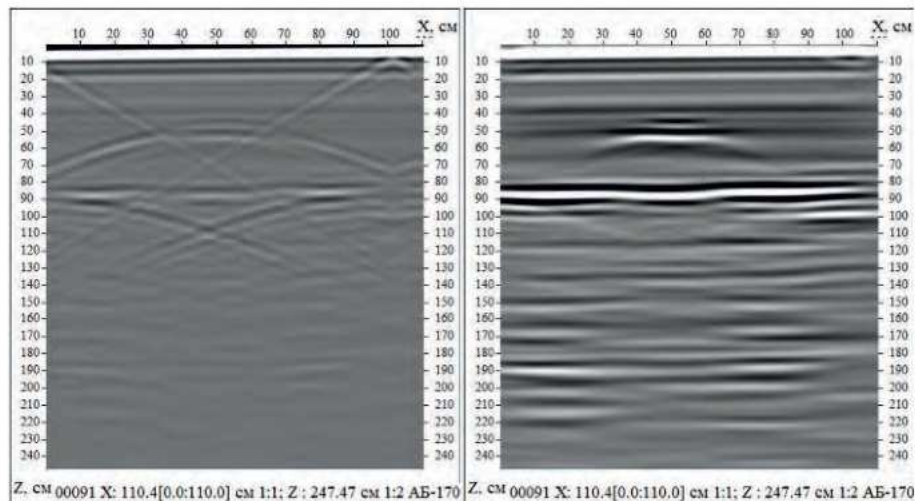
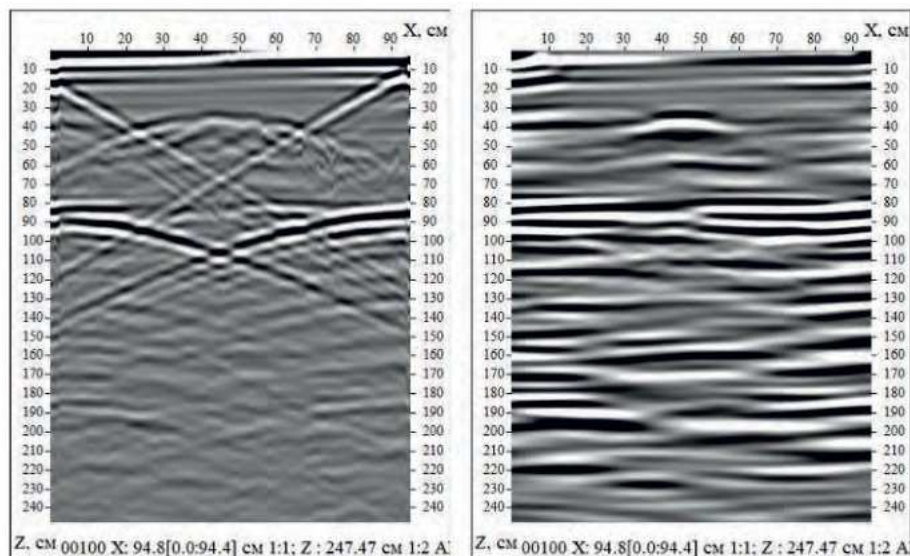


Рис. 4. Выделение верхней кромки полого металлического цилиндра георадиолокацией (АБ-1700). Слева немигрированная запись, справа — результат обработки.

Рис. 5. Выделение металлической подковы георадиолокацией (АБ-1700). Слева немигрированная запись, справа — результат обработки.



волн и сглаживающего эффекта направленного суммирования.

Литература

1. Айтимова Б., Ивченко О. А. Выбор характеристик антенных блоков георадара для исследования профилей ледовых переправ // Нанотехнологии. Информация. Радиотехника (НИР-21). – 2021. – С. 3-5.
2. Зыков А. А. Выбор количества накопленных в зависимости от скорости движения георадара / А. А. Зыков // Инженерные изыскания в строительстве : материалы третьей Общероссийской научно-практической конференции молодых специалистов, Москва, 26 апреля 2019 года. – Москва: Геомаркетинг, 2019. – С. 84-93. – EDN LCOJW.

3. Расолько А. И. Особенности использования георадара / А. И. Расолько // Предварительное расследование. – 2019. – № 1(5). – С. 70-71. – EDN YGNUYJ.

4. Романов В.В., Иванов А.А., Кауркин М.Д. Оценка мощности глыбового грунта по данным георадиолокации на примере гранитного карьера // В книге: Георадар 2021. Сборник тезисов научно-практической конференции в смешанном онлайн-оффлайн формате. Под редакцией М.С. Судаковой, М.Р. Садуртдинова. Москва, 2022. С. 95-97.

5. Капустин В. В., Синицын А. В. Применение способов автоматизированного определения диэлектрической проницаемости среды при решении прикладных задач георадиолокации // Геофизика. – 2014. – №. 6. – С. 39-45.