

УДК 550.834.05

Программная регулировка усиления в обработке данных метода преломлённых волн

■ Романов В.В., Рыжков В.И., РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, г. Москва.

■ Аврамёнок А.В., Кирсанова В.С., РГГРУ им. Серго Орджоникидзе, г. Москва.

Аннотация. В статье приводится анализ опыта использования программной регулировки усиления при обработке данных метода преломлённых волн, делается выбор в пользу одновременной коррекции амплитуд по времени и удалению.

Ключевые слова: обработка данных метода преломлённых волн, регулировка усиления, динамический диапазон, программная регулировка усиления.

Введение

Инженерная сейсморазведка применяется для изучения сложных гетерогенных сред [Романов, Рахматуллин, 2014], для которых характерны значительные градиенты истинной скорости и коэффициенты поглощения [Романов, Гапонов, 2014]. Преломлённые волны, кроме того, характеризуются самым высоким показателем геометрического расхождения ($n=2$) [Романов, 2012], что приводит к затруднениям в их корреляции из-за значительного затухания. Исходный динамический диапазон сейсмограмм МПВ находится на уровне 80–100 дБ, визуальный анализ таких данных практически невозможен из-за обрезания импульсов (Trace Clipping) трасс с небольшим удалением. Для уменьшения динамического диапазона применяется регулировка усиления (РУ) до приемлемого для визуального анализа значения в 20–30 дБ [Дмитриев и др., 2024]. Динамический диапазон сужается путём умножения трасс исходной сейсмограммы на выравнивающую кривую, значения которой задаются так, чтобы ослабить интенсивные колебания и усилить слабые. Применение регулировки усиления необходимо для просмотра полевых сейсмограмм и реализации большинства последующих процедур графа обработки [Азаров и др., 2022].

Алгоритмы регулировки усиления (РУ) делятся на автоматические (АРУ) и программные (ПРУ, коррекция). Процедуры АРУ (Automatic Gain Control или Time-Varied

Gain). вычисляют выравнивающие кривые путём обработки отсчётов трасс, например, как обратную функцию от СКО трассы в скользящем окне. Автоматическая регулировка усиления — широко востребованная процедура, входящая в стандартный граф начальной обработки данных сейсморазведки [Киреева, Фиников, 2025]. Единственный настраиваемый параметр АРУ — это **размер окна регулировки**, выраженный в миллисекундах или количестве отсчётов. Считается, что в инженерной сейсморазведке оптимальный размер окна регулировки меньше, чем в “большой” сейсмике, однако этот тезис предполагает, что волны, приходящие с малых глубин, имеют более высокие частоты и меньшую длину импульса, что не всегда соответствует действительности. Главными недостатками АРУ при обработке данных метода преломлённых волн являются возрастание шума до первых вступлений, искажение формы импульса и полная утрата соотношений между амплитудами волн, что делает невозможным дальнейшую динамическую интерпретацию [Киреева, Фиников, 2025].

В алгоритмах ПРУ выравнивающие кривые вычисляются на основе выбранной функциональной зависимости (степенной, экспоненциальной и т.д.) с постоянными коэффициентами. Аргументами выравнивающих кривых ПРУ являются удаление или время, то есть величины, которые не зависят от отсчётов трасс. При

правильно и обосновано подобранных коэффициентах ПРУ (коррекции амплитуд), уровень шума возрастает незначительно, а влияние факторов, определяющие чрезмерную ширину динамического диапазона, компенсируются.

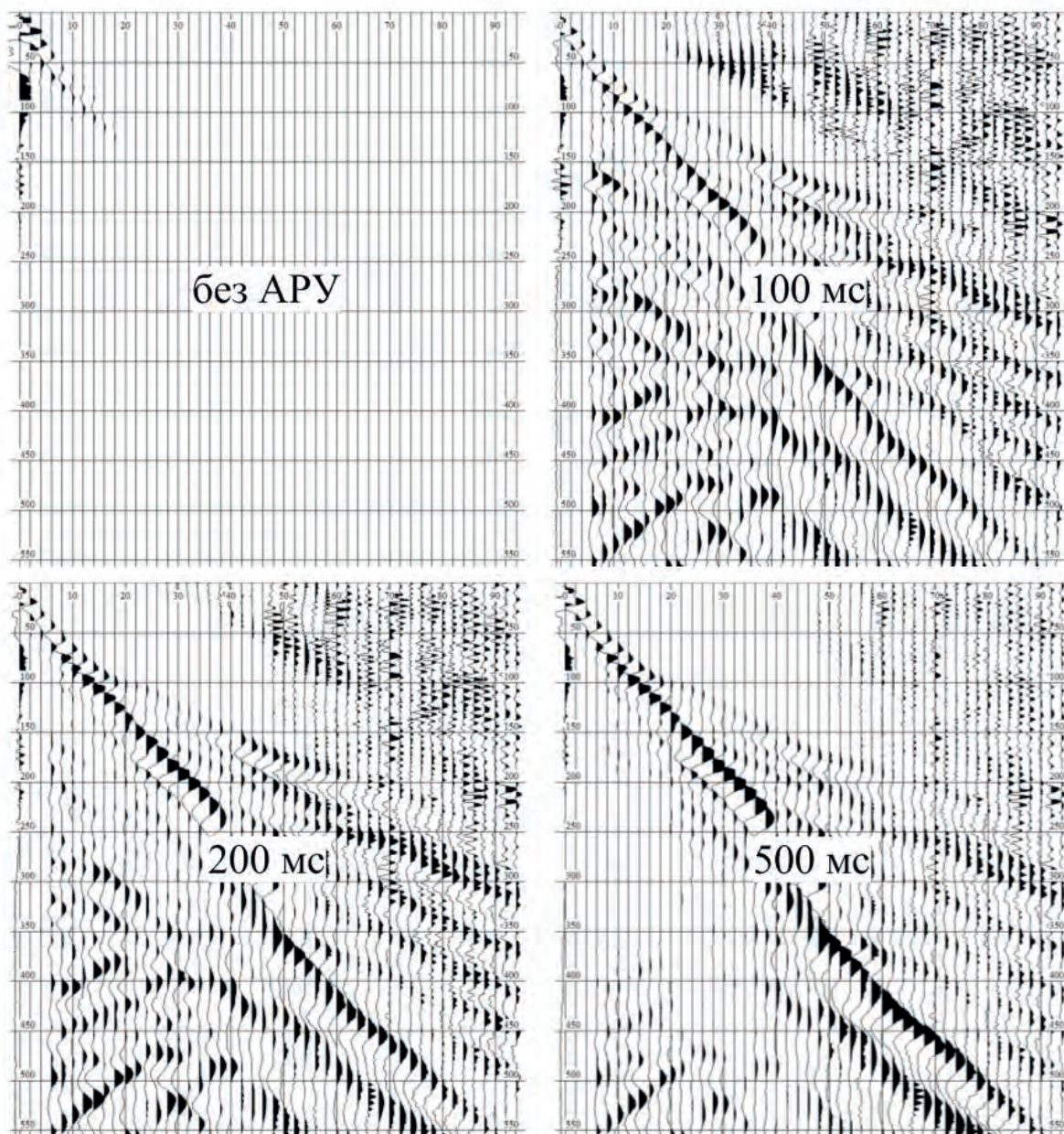
В работе рассматриваются преимущества использования ПРУ при обработке данных метода преломлённых волн.

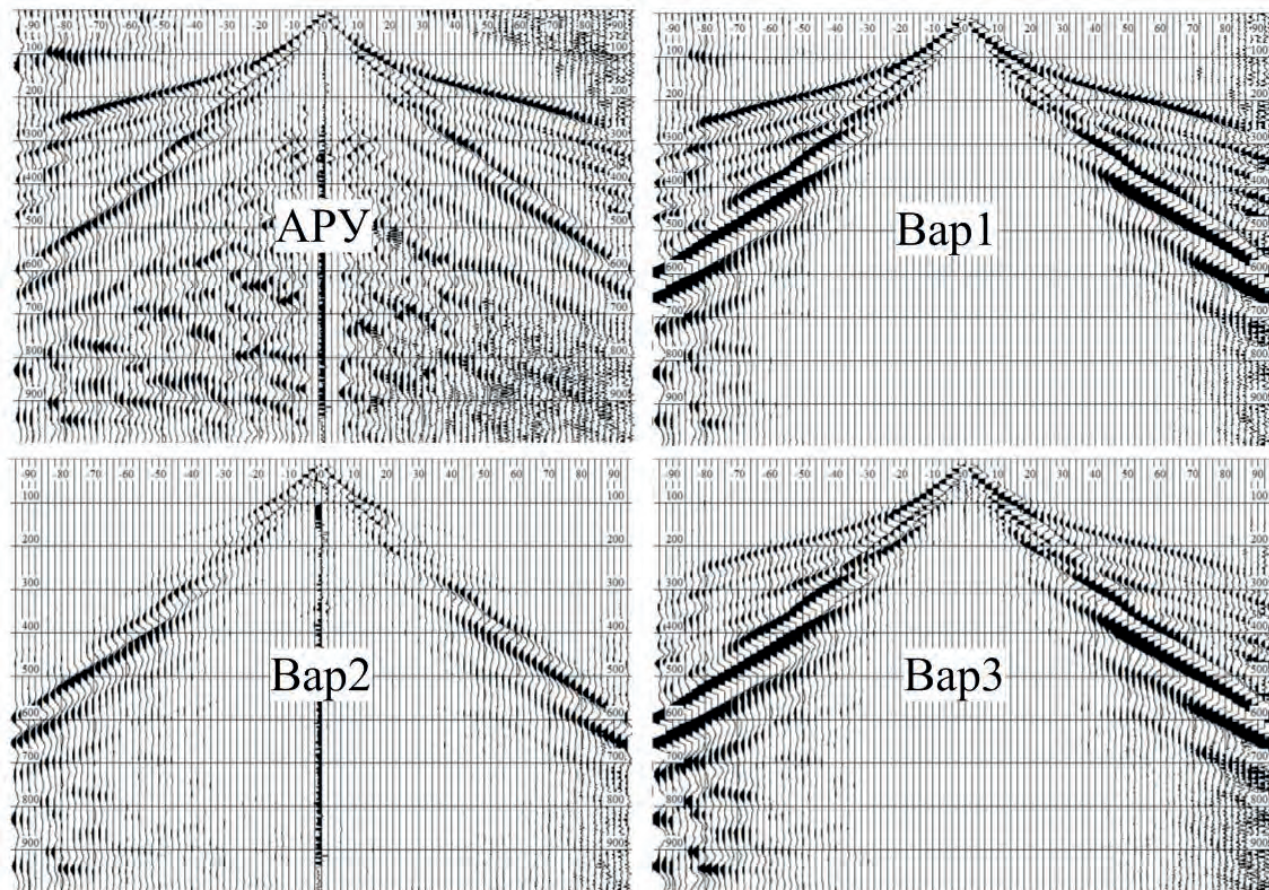
Методика и результаты

На рис. 1 показано применение АРУ с разной длиной окна регуляции к сейсмограмме инженерной сейсморазвед-

ке. Без регуляции на записи проявляется не более 10 импульсов в области первых вступлений, выбор длины окна 100 и 200 мс приводит к чрезмерному уровню шума до первых вступлений. Окно 500 мс, напротив, не позволяет уверенно выделять фазы первых волн, то есть сужение динамического диапазона здесь недостаточно. То есть, оптимальная длина окна регуляции для целей МПВ составила 250-300 мс, что в 2-4 раза меньше аналогичного показателя в графе обработки нефтегазовой сейсморазведки.

▼ Рис. 1. Результат применения АРУ к полевой сейсмограмме.





▲ Рис. 2. Результат сравнения работы алгоритмов ПРУ и АРУ.

В процедурах ПРУ выравнивающая кривая вычисляется как функция одной или двух координат — удаления l и времени t . ПРУ по времени активно применяется при обработке данных МОВ (компенсация сферического расхождения), где затухание амплитуд происходит преимущественно в вертикальном направлении. У преломлённых волн затухание зависит от пути, пройденного скользящей волной, которая распространяется параллельно преломляющей границе, поэтому здесь уменьшение амплитуды зависит от удаления, что следует учитывать при коррекции. Для обработки данных МПВ рекомендуется использовать оба подхода.

На рис. 2 показаны результаты применения к сейсмограмме трёх вариантов ПРУ: 1— умножение трасс на функцию l^2 , 2 — на функцию t^2 , 3 — на произведение функций $l \cdot t$ и АРУ. Использование АРУ привело к усилению шума как в пер-

вых, так в последующих вступлениях. Первый вариант ПРУ (коррекция амплитуд только за удаление) дал результат с высоким уровнем шума на краях сейсмограммы. Использование второго варианта (коррекция только за время) привело к выделению поверхностных волн в последующих вступлениях, область первых вступлений оказалась ослабленной. Оптимальный результат дал третий вариант — сочетание двух подходов ПРУ — одновременная коррекция за удаление и времени с меньшими показателями степенной выравнивающей кривой.

Выводы

В результате тестирования алгоритмов регулировки(коррекции) амплитуд было установлено, что при корреляции преломлённых волн в первых вступлениях оптимальным выбором является использование выравнивающей показательной кривой, зависящей от удаления

и времени. В этом случае уменьшение динамического диапазона не сопровождается возрастанием уровня шума как до первых вступлений, так и в последующих вступлениях.

Литература

1. Азаров А.В., Сердюков А. С., Яблоков А. В. Подавление поверхностных волн в данных сейсморазведки на основе поиска главных компонент волнового поля в частотно-временной области / А // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2022. – Т. 2, № 2. – С. 305-311. – DOI 10.33764/2618-981X-2022-2-2-305-311. – EDN MDNZCK.

2. Дмитриев А.Г., Дмитриева М.А., Ковалев А.С. Проблемы динамического диапазона и информативности изображения при визуализации сейсмических данных. Науки о Земле и недропользование. 2024;47(1):6-16. <https://doi.org/10.21285/2686-9993-2024-47-1-6-16>. EDN: DQCZBW

3. Киреева А. П., Фиников Д. Б. АРУ (AGC) и деконволюция. Об искажениях формы сигнала в ходе нелинейных преобразований // Приборы и системы разведочной геофизики. – 2025. – №. 1. – С. 87-103.

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

5. Романов В.В., Гапонов Д.А. Применение инженерной сейсморазведки при изучении грунтовых вод в глинистых грунтах // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2014. № 6 (184). С. 52-59.

6. Романов В.В., Рахматуллин И.И. Инженерная геофизика при изучении гляциальных отложений Дмитровского района Подмосковья // Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2014. № 3. С. 86-88.