



УДК 550.834.05(571.5)

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ СЕЙСМИЧЕСКИХ ДАННЫХ МОГТ 3D НА ВЕРХНЕЧОНСКОМ НГКМ ПРИ КОМПЕНСАЦИИ ВЛИЯНИЯ СЕЙСМОГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ОСАДОЧНОГО ЧЕХЛА НА ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕЛЕВЫХ ГОРИЗОНТОВ

В. Д. Клыкова*, В. В. Лыкова**, Г. А. Хохлов***

Рассмотрены некоторые особенности обработки сейсмических материалов МОГТ 3D на территории Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения. По результатам моделирования получены критерии, которые использовались при анализе амплитуд отражений на разных этапах графа обработки. В результате выполненных исследований для сейсмогеологических условий Верхнечонской площади реализован способ специальной динамической обработки сейсмических материалов по учету и компенсации влияния сейсмогеологических особенностей осадочного чехла на амплитуду целевых горизонтов. Способ состоит из нескольких этапов и включает элементы интерпретации в рамках стандартного графа обработки с сохранением истинных соотношений амплитуд.

Ключевые слова: сейсмические исследования, МОГТ 3D, обработка, средняя амплитуда, корреляционный анализ.

SOME PARTICULARITIES OF CDP 3D SEISMIC DATA PROCESSING AT THE VERKHNECHONSKOYE OIL, GAS AND CONDENSATE FIELD WITH COMPENSATION OF INFLUENCE OF SEDIMENTARY COVER SEISMIC CONDITIONS ON DYNAMIC CHARACTERISTICS OF TARGET HORIZONS

V. D. Klykova, V. V. Lykova, G. A. Khokhlov

Some particularities of CDP 3D seismic data processing at the Verkhnechonskoye oil, gas and condensate field are reviewed in the paper. Seismic earth modeling was used to find criteria of analyzing reflection amplitudes in different stages of processing workflow. As a result of the research the special technology of dynamic seismic data processing was developed to correct and compensate influence of sedimentary cover conditions on the target horizon amplitude. The technology comprises several stages and includes elements of interpretation in standard workflow with true amplitudes correlation saving.

Keywords: CDP 3D seismic exploration, processing, average amplitude, correlation analysis.

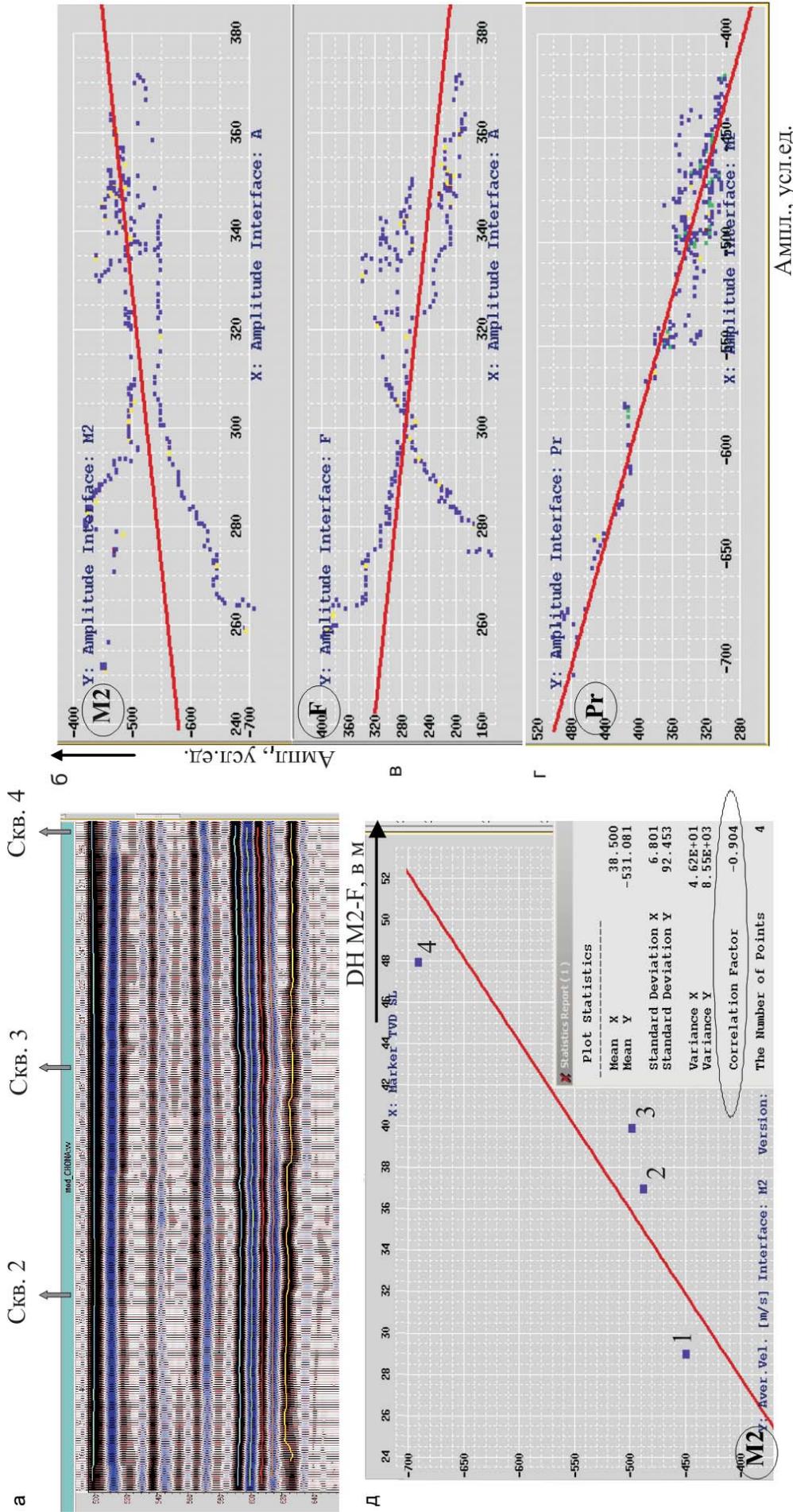
Анализ исходных сейсмограмм МОГТ показывает, что частотный состав и качество сейсмической записи изменяются на площади исследований и в значительной мере зависят от условий приема и возбуждения, определяемых ситуацией на поверхности. В процессе обработки не удается достичь полной компенсации влияния различных сейсмогеологических условий (поверхностных, верхней части разреза и собственно осадочного чехла) на динамические характеристики целевых горизонтов [1, 4].

В рамках выполнения геологического проекта на Верхнечонском нефтегазоконденсатном месторождении (НГКМ) авторами проведены методические работы по созданию способа специального масштабирования амплитуд при обработке сейсмических данных МОГТ 3D с сохранением истинных соотношений амплитуд.

Первоначально для изучения соотношений динамических особенностей волнового поля в интервале отражающих горизонтов M2–F (кровля подсолевых терригенных отложений – поверх-

ность кристаллического фундамента) осуществлено моделирование с использованием акустического каротажа (АК) четырех скважин, характеризующих различные условия залегания терригенных отложений [2]. По синтетическому временному разрезу (рис. 1), полученному в пакете Тессерал (Tesseral Technologies. Inc), проведена корреляция отражающих горизонтов А, Pr, M2, F (кровля осинского, преобразованного, верхнечонского горизонтов и поверхность фундамента соответственно) и «извлечены» значения средней амплитуды. В результате установлено отсутствие корреляции между амплитудами отражений А–M2 ($K = 0,437$), А–F ($K = -0,191$) и ее наличие – между M2–Pr ($K = -0,94$). Кроме этого, установлена линейная зависимость увеличения абсолютного значения амплитуды отражения M2 при увеличении толщины терригенных отложений ($K = -0,904$). На основании полученных данных выбраны два критерия, которые были использованы при анализе амплитуды отражений на разных этапах графа обработки: отсутствие корреляции между амплитудами отражений А и M2 и зависимость амплитуды отражения M2 от толщины терригенных отложений.

* ОАО «Иркутскгеофизика» (Иркутск); ** НИ ИрГТУ (Иркутск); *** ОАО «ВЧНГ» (Иркутск)



Ампл., усл.ед.

Рис. 1. Результаты моделирования для интервала терригенных отложений непской свиты

а – синтетический временной разрез; кроссплоты: б–г – амплитуда M2-толщина (DH) интервала M2-F



Предлагаемый способ специальной динамической обработки представлен в виде итерационного процесса расчета и ввода коэффициентов масштабирования сейсмической записи, которые встраиваются в граф стандартной обработки с сохранением истинных соотношений амплитуд (рис. 2).

Перед началом работ проводился детальный анализ априорной информации о площади исследования для выявления основных помехообразующих объектов (см. рис. 2, а). Граф специальной обработки был разделен на четыре этапа (см. рис. 2, б), каждый из которых состоит из последовательности процедур обработки, включая элементы интерпретации (стратиграфическую привязку, корреляцию отражений, картопостроение и корреляционный анализ) (см. рис. 2, в). При этом необходимо отметить, что коэффициенты масштабирования рассчитывались по соответствующим временным кубам, а в сейсмограммы ОГТ вводились в виде одной величины. В дальнейшем предполагается ввод коэффициентов в поверхностно-согласованном виде с учетом положения ПВ и ПП.

На первом этапе специальной обработки после внесения координат и проверки геометрии профиля выполнен анализ уровня микросейсмических колебаний в начальной части сейсмической записи (анализ амплитуд горизонтальных срезов на временах 10 и 50 мс временного куба). На картах средних значений амплитуды выделено несколько аномальных локальных участков, амплитуда которых отличается на порядок, что в основном связано с промышленной инфраструктурой месторождения. Для их компенсации осуществлена процедура поверхностно-согласованного масштабирования амплитуд путем расчета коэффициентов по начальной части сейсмограмм ОПВ (до времени первых вступлений) с последующим их применением к полной сейсмограмме. При дальнейшей обработке выполнены стандартные процедуры подавления шумов и помех различных видов с получением сейсмограмм и временного куба.

На **первом этапе масштабирования** по временному кубу, полученному после подавления волн-помех с помощью пакета Focus – Paradigm Geophysical, проводились корреляция отражающих горизонтов А и М2, снятие значений амплитуды с их траектории, построение карт и расчет зависимостей амплитуды с использованием кроссплотов (пакет SeisEarth – Paradigm Geophysical). На рис. 3 представлены временные разрезы по линиям 200, 500 и 700, карты и кроссплот средней амплитуды горизонтов А и М2. Отмечается высокая степень их зависимости между собой с коэффициентом корреляции амплитуды горизонтов с коэффициентом корреляции $-0,838$. Наличие на временных разрезах «сквозных» зон увеличения и уменьшения амплитуды сейсмической записи по

всему интервалу не указывает на изменение упругих свойств конкретных интервалов осадочного чехла, а обусловлено преимущественно условиями возбуждения и приема упругих колебаний.

На **1-й итерации** первого этапа масштабирования выполнен расчет региональных карт амплитуды с осреднением исходных значений на базе 5 км (см. рис. 3, д, е). Коэффициент корреляции полученных карт составляет $-0,973$. Наиболее высокоамплитудная зона отмечается в юго-восточной части площади. Также выделяется ряд аномалий сравнительно меньших размеров в северо-восточной, западной и юго-западной частях площади работ. Такой уровень амплитуды определяется, по всей вероятности, особенностями условий возбуждения – приема колебаний, обусловленных выходами на поверхность юрских отложений в этих зонах.

По значениям амплитуды отражающего горизонта А как более устойчивого в сравнении с М2 проведено вычисление коэффициентов масштабирования. Для этого используется способ нормирования амплитуд по максимальному значению региональной карты и расчет карты коэффициентов путем вычитания нормированных значений из единицы. Полученные коэффициенты заносятся в базу данных пакета Focus, применяются к трассам сейсмограмм посредством процедур умножения трассы на соответствующий коэффициент. Затем вычисляется новый (масштабированный) временной куб, по которому повторяются процедуры извлечения и расчета карт значений амплитуды. Коэффициент корреляции амплитуды отражений А и М2 после 1-й итерации составил $-0,891$, и это значение позволяет продолжить масштабирование на следующей итерации.

На **2-й итерации** повторяется та же технология: расчет коэффициентов масштабирования, сейсмограмм и нового временного куба, затем извлечение и преобразование значений амплитуд с последующим анализом кроссплотов полученных результатов. При этом используются карты, сглаженные на базе 2 км. После масштабирования коэффициент корреляции амплитуды отражений А и М2 составил $-0,565$, что указывает на снижение зависимости амплитуды отражений А и М2 и завершение масштабирования для динамической увязки на этой итерации.

На **3-й итерации** по сейсмическому кубу, полученному на предыдущей, проведен анализ частотного состава. Для этого выполнен расчет куба среднего импульса, проведено пикирование времени его траектории с определением величины полупериода (Δt , мс). По значениям Δt построена карта распределения по площади (рис. 4, д), которая характеризует изменение преобладающей частоты сейсмической записи от 50 ($\Delta t = 5$ мс) до 30 Гц ($\Delta t = 8-9$ мс). В западной части площади наблюдается более высокочастотный материал, а на востоке выделяются три зоны с низкочастот-

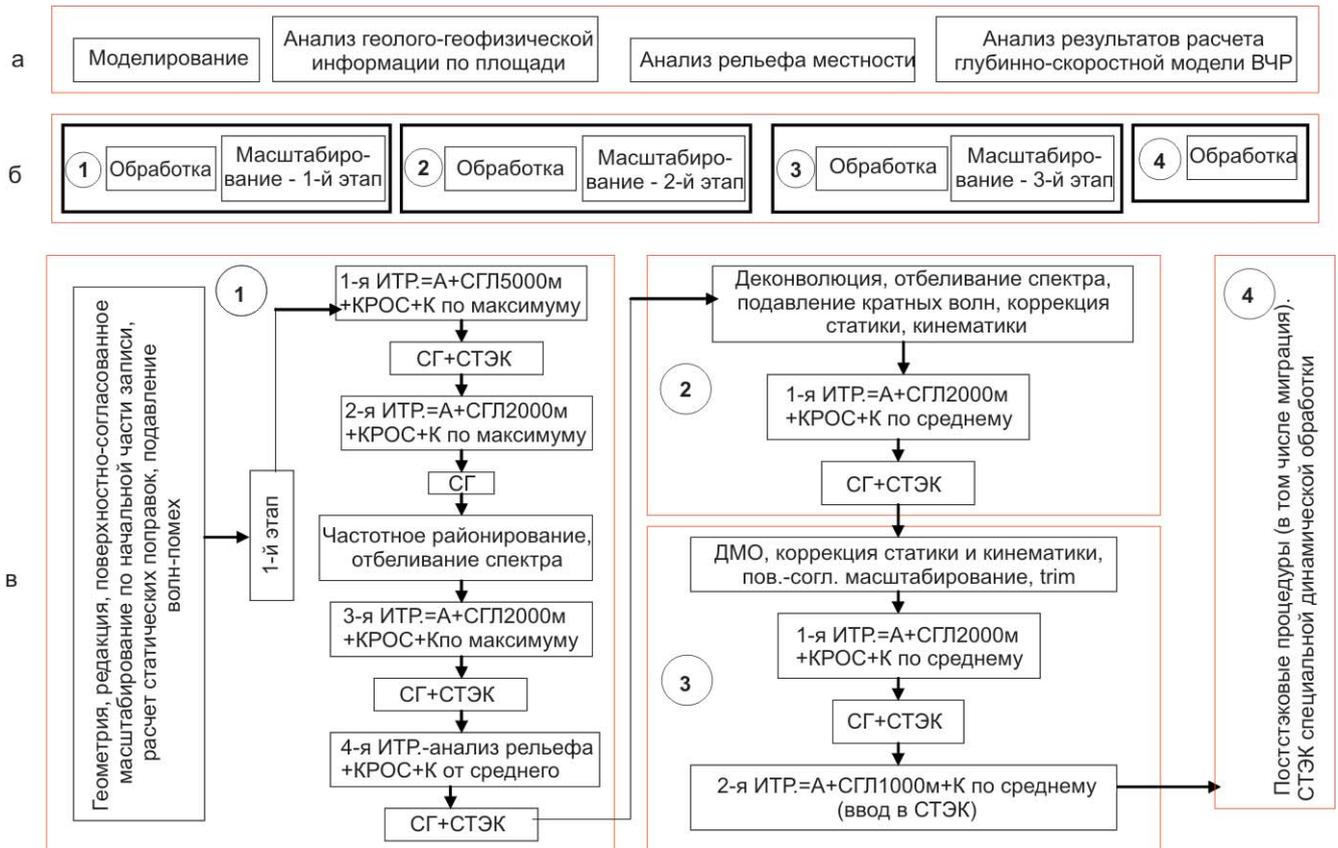


Рис. 2. Блок-схема специальной динамической обработки: а – виды работ по анализу исходной информации (подготовительный этап), б – последовательность этапов технологии обработки, в – детальная последовательность процедур по этапам; интерпретационные процедуры итерации (ИТР): корреляция отражений А, М2; извлечение средней амплитуды (А); расчет и сглаживание карт амплитуды отражений (СГЛ); анализ кроссплотов (КРОС); расчет коэффициентов масштабирования (К); ввод коэффициентов в сейсмограммы (СГ); расчет суммарного куба (СТЭК)

ной записью. Для выравнивания частотного состава выполнено отбеливание спектра в полосе частот 8–80 Гц. Для каждой группы сейсмограмм в соответствии с распределением значений полупериода сигнала применялись различные коэффициенты отбеливания. По завершении процедуры выполнен расчет очередного временного куба. На рис. 4, а–г представлены временные разрезы и амплитудно-частотные спектры по инлайнам 152 и 500 до и после выравнивания спектра. Видна эффективность проведенной процедуры (см. рис. 4, е), хотя остались локальные аномальные участки с Δt 5 и 7 мс, при среднем значении $\Delta t = 6$ мс. По полученному кубу выполнены расчет и ввод коэффициентов масштабирования аналогично предыдущим итерациям.

Коэффициент корреляции после 3-й итерации составил $-0,566$. На картах проявилась северо-восточная зональность в распределении амплитуды горизонтов А и М2, которая коррелирует с рельефом местности.

На 4-й итерации проведено масштабирование в пределах участков площади со значениями амплитуды горизонта А выше среднего, что соответствует в основном повышенным формам рельефа местности. Кроме этого, выполнена процедура поверхностно-согласованного масшта-

бирования амплитуд по ОПВ, ОПП, ОГТ и общим удалениям из стандартного графа обработки. На рис. 5 представлены карты сопоставления амплитуды отражений горизонтов А и М2 исходного куба, поступившего на 1-ю итерацию, и куба после 4-й итерации. После 4-й итерации наблюдается отсутствие «широких» зон с аномальным изменением амплитуды, как бы «вуалью» покрывающих исходные карты амплитуд по обоим горизонтам. Тем не менее на картах просматриваются влияние речной сети и другие мелкие неоднородности поля значений амплитуды.

На **втором этапе масштабирования** выполнены процедуры стандартного графа обработки, а именно деконволюция, повторное спектральное отбеливание в полосе частот 6–12–80–120 Гц, подавление кратных волн, коррекция кинематических и остаточных статических поправок и расчет очередного куба. При оценке выравнивания спектрального состава сейсмической записи проводился анализ извлеченного импульса. Стабильность его формы после проведения процедур обработки показана на рис. 4, ж, з.

Очередной анализ кроссплотов амплитуды горизонтов А и М2 (коэффициент $-0,693$) позволил продолжить масштабирование с коэффициентами, полученными относительно среднего

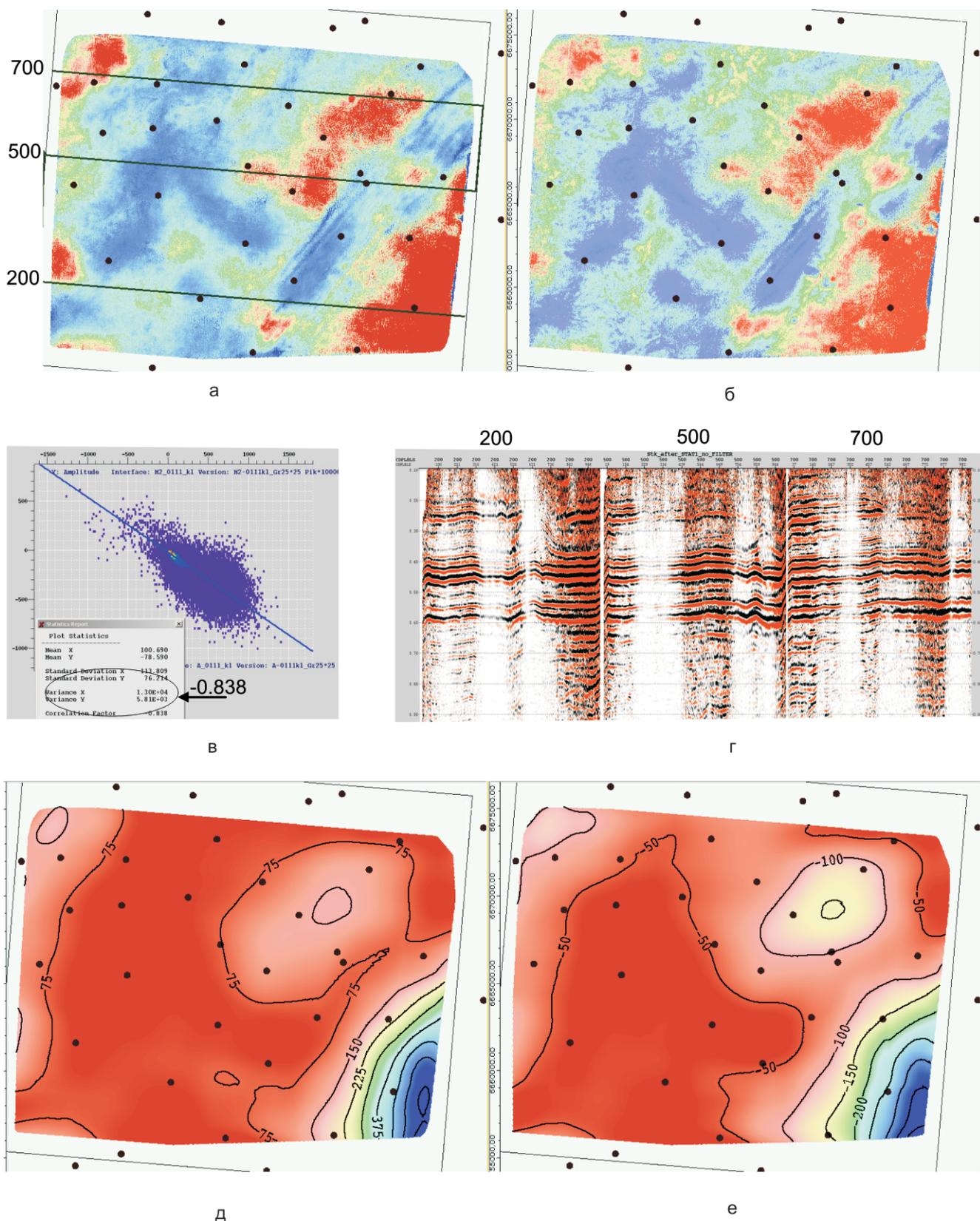


Рис. 3. Анализ исходных значений амплитуд отражающих горизонтов А и М2

Карты средней амплитуды по горизонтам А и М2: а, б – исходные, д, е – сглаженные на базе 5 км; в – кроссплот амплитуд горизонтов А и М2; г – временные разрезы по инлайнам 200, 500 и 700; здесь и далее точками обозначены скважины глубокого бурения

значения на карте. Расчет сейсмограмм, временного куба и карт значений амплитуд выполнен по аналогии с первым этапом. В результате масштабирования на временных разрезах устране-

на «вертикальная зональность» динамических особенностей записи, а на картах исчезли контрастные области изменения амплитуд. Остался ряд линейно вытянутых и изометричных участ-

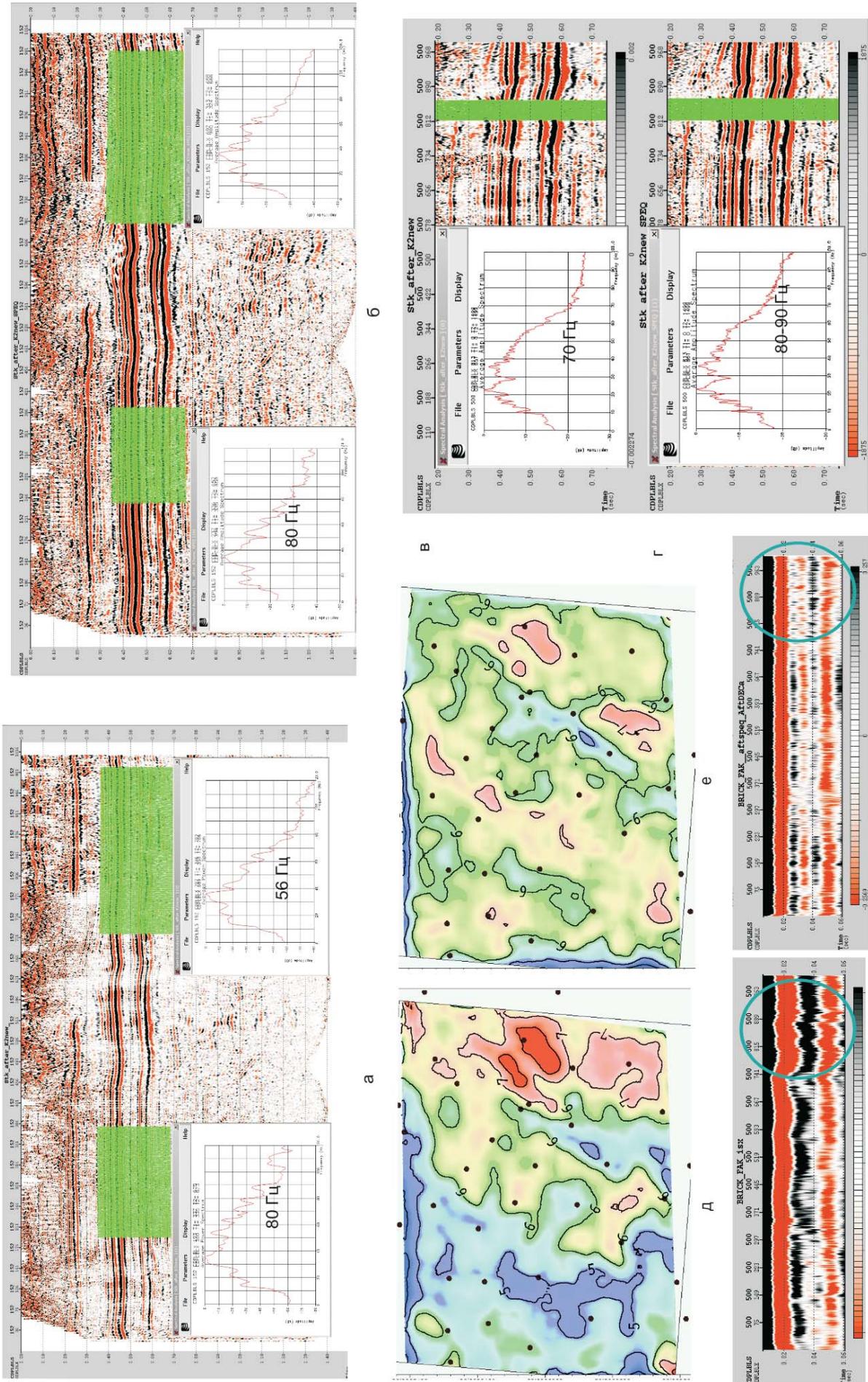


Рис. 4. Анализ частотного состава временного куба

а-г – временные разрезы по инлайнам 152 и 500 с амплитудно-частотными спектрами (а, в – исходный, б, г – после отбеливания спектра); д, е – карты значений полупериода извлеченного сигнала до и после отбеливания спектра; ж, з – извлеченный сигнал до и после процедур обработки 2-го этапа

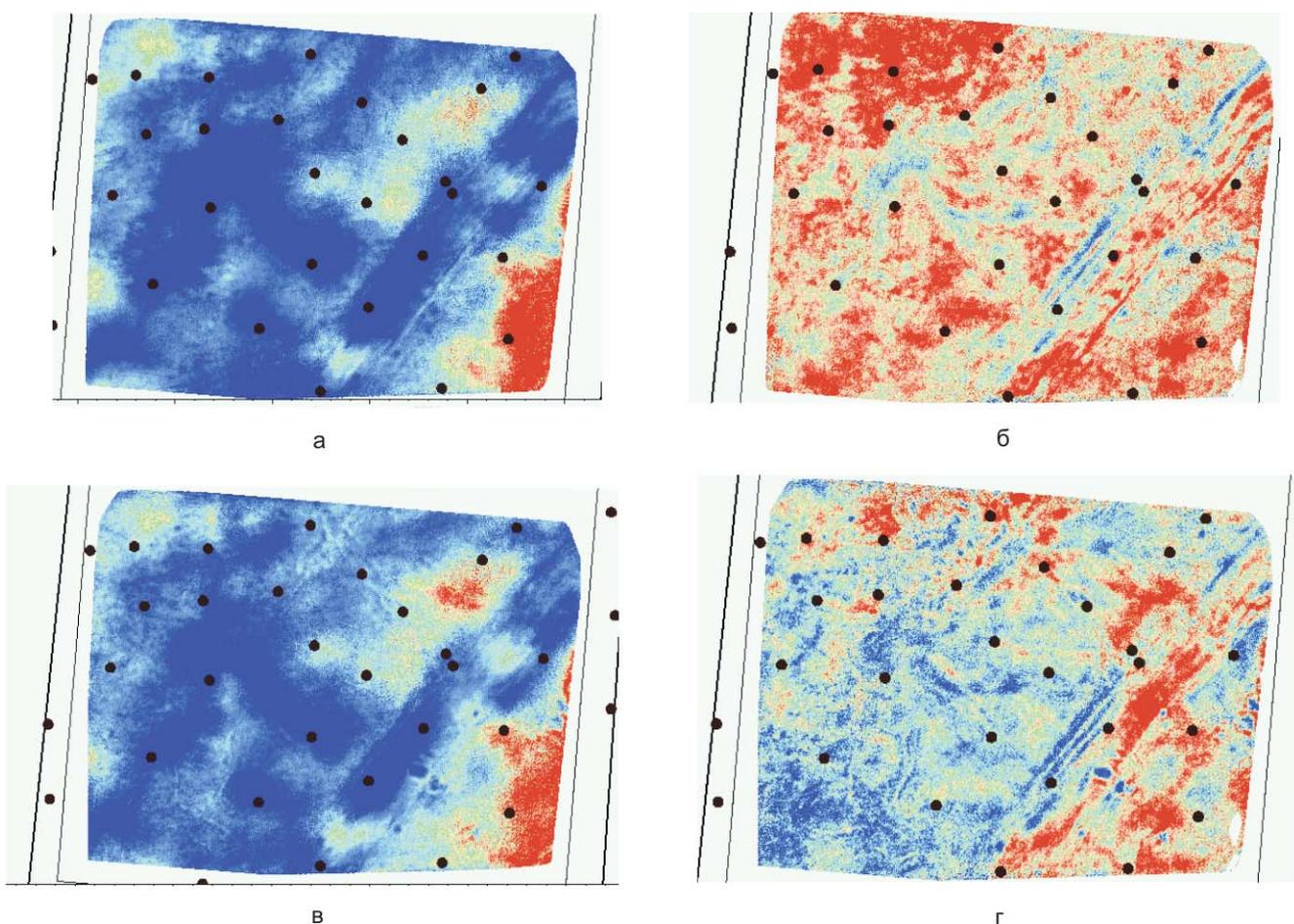


Рис. 5. Карты амплитуды горизонтов А и М2 после первого этапа масштабирования
а, в – исходные; б, г – после масштабирования

ков, где не произошло компенсации амплитудных аномалий.

На **третьем этапе масштабирования** были выполнены процедуры стандартного графа обработки: ДМО; коррекция кинематических, остаточных статических поправок; поверхностно-согласованное масштабирование амплитуд по ОПВ, ОПП, общим удалениям, ОГТ; фазовая коррекция (в режиме «трим стэк»). По результатам анализа карт амплитуды горизонтов А и М2 (рис. 6, а, б) коэффициент корреляции составил $-0,744$. Его увеличение объясняется изменением соотношений амплитуд после проведенных процедур. Коэффициент дальнейшего масштабирования вычислялся, как и на втором этапе, с использованием среднего значения амплитуды горизонта А на карте. После масштабирования коэффициент корреляции карт амплитуды горизонтов А и М2 составил $-0,398$. Далее, исходя из предположения выдержанности коэффициента отражения горизонта А в пределах площади исследований, выполнен окончательный расчет и ввод коэффициентов по суммарному временному кубу.

На **четвертом этапе масштабирования** проведена обработка временного куба с применением финальных процедур (миграция, когерентная фильтрация и т. д.). На временных разрезах (см. рис. 6, д–ж) видно выравнивание динамиче-

ских особенностей записи, а на картах амплитуд (см. рис. 6, в, г) по горизонтам А и М2 исчезли области их «синхронных» аномальных изменений.

Для оценки эффективности технологии специальной обработки проводилась параллельная обработка по стандартному графу с сохранением истинных соотношений амплитуд. При сопоставлении карт амплитуды горизонта М2 по кубу стандартной обработки и кубу специальной динамической обработки наблюдаются достаточно существенные различия (рис. 7, а, б). По первому варианту обработки выделяются локальные участки пониженных и повышенных значений амплитуды, а по второму – понижение абсолютного значения амплитуды в северо-западном направлении, что согласуется с толщиной толщины терригенных отложений (см. рис. 7, в). Результаты корреляции амплитуды по горизонту М2 с толщиной интервала терригенных отложений (карта толщин построена по данным глубокого бурения) приведены на рис. 7, в–д. Наблюдается незначительная корреляция ($K = -0,422$) с первым (стандартным) вариантом обработки и наличие корреляции ($K = -0,693$) со вторым (специальным), что соответствует модельным представлениям анализа амплитуд на синтетическом временном разрезе (см. рис. 1). Аналогичный корреляционный анализ проведен по кубу, обработанному компанией ООО

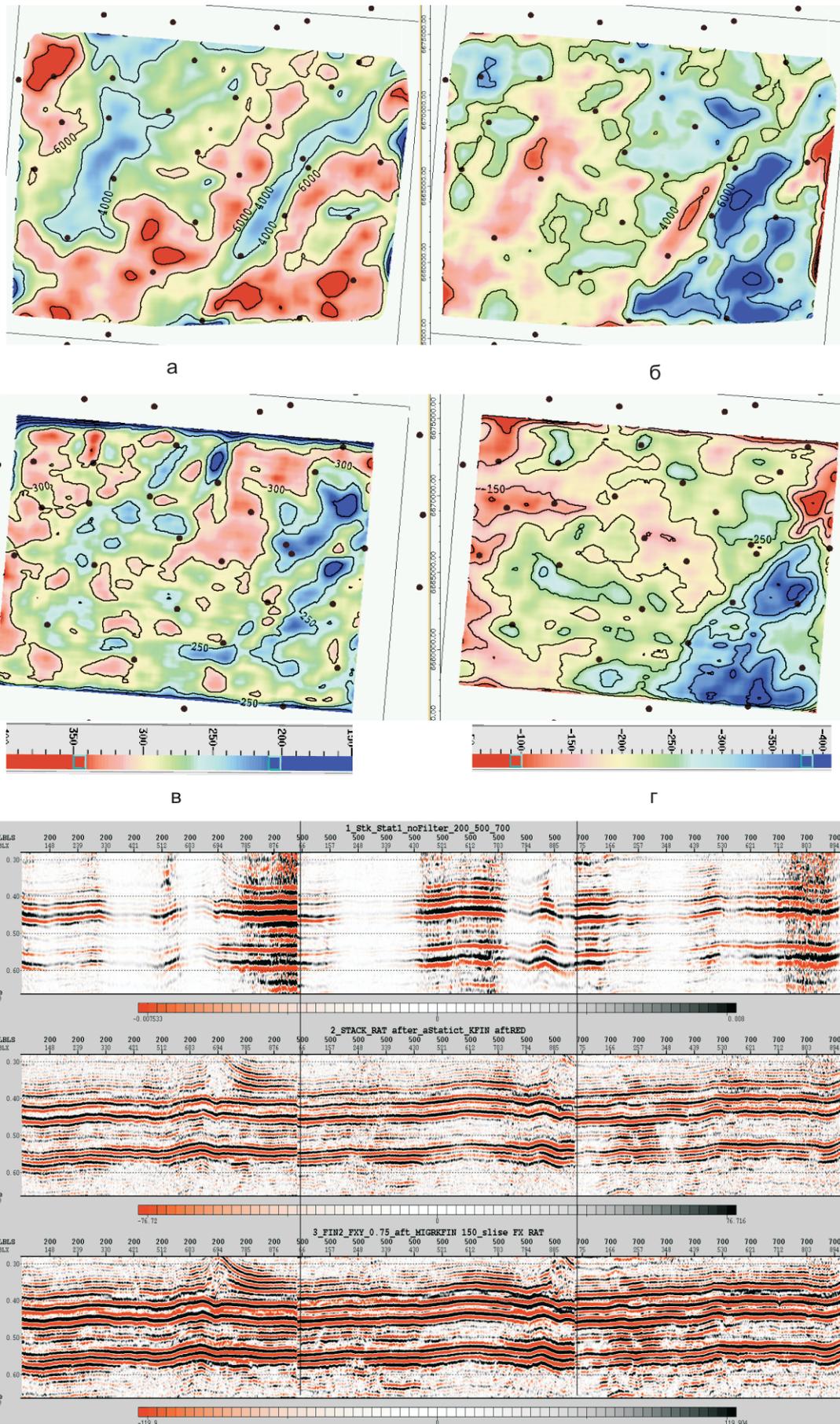


Рис. 6. Сопоставление результатов масштабирования

Карты амплитуды по горизонтам А и М2 для временных кубов: а, б – после 3-го этапа; в, г – финальный; д-ж – временные разрезы по инлайнам 200, 500 и 700 (исходный) и после 3-го этапа и финальный

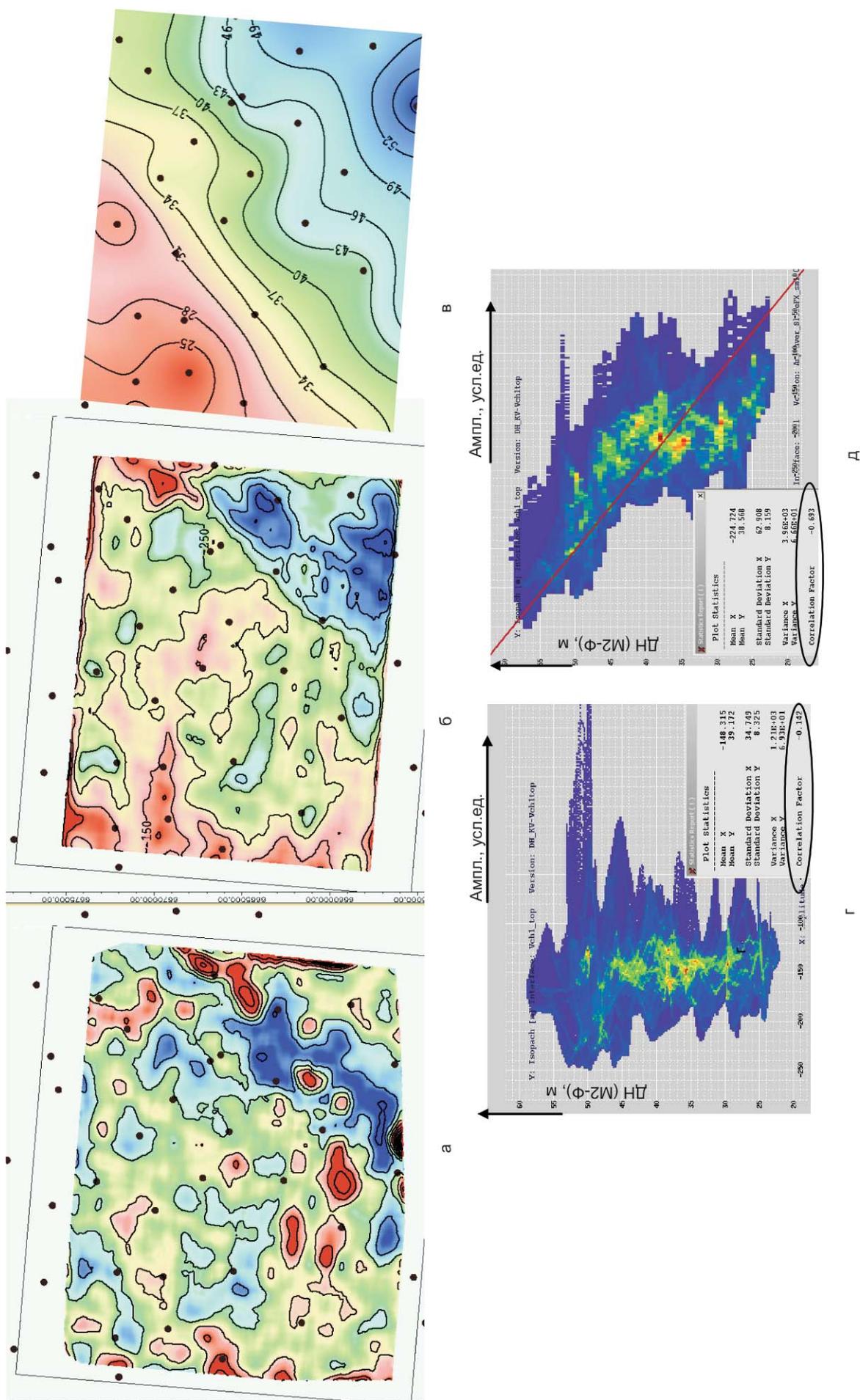


Рис. 7. Корреляционный анализ карт амплитуды горизонта M2 и толщины интервала терригенных отложений. Карты средней амплитуды для горизонта M2: а – после стандартной обработки с сохранением истинных соотношений амплитуд, б – после специальной динамической обработки; в – карта толщин интервала M2-Ф; г, д – кроссплоты для карт (а-в) и (б-в)

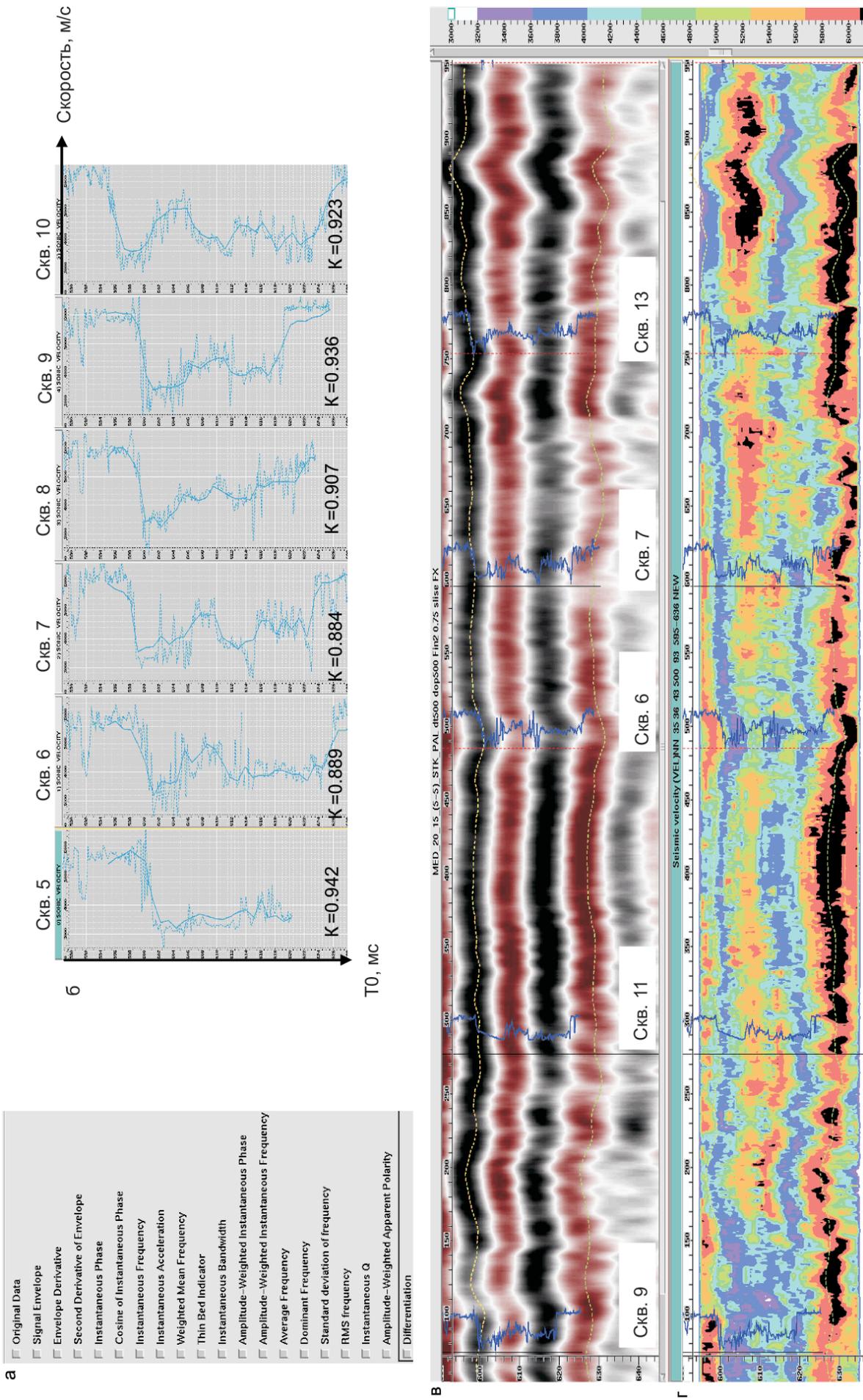


Рис. 8. Результаты акустической инверсии

а – перечень исходных кубов для нейронной инверсии; б – АК скважин для обучения нейронной сети (пунктирная линия) и прогнозные (сплошная); в, г – временной и ПАК разрезы



«ГеоПрайм» (Москва). Коэффициент корреляции с толщиной интервала М2–Ф составил $-0,421$, что совпадает с вариантом стандартной обработки, выполненной ОАО «Иркутскгеофизика».

По кубу специальной обработки, который был трансформирован в палеовременной куб (горизонт А выведен на уровень 500 мс) осуществлена акустическая инверсия (Vanguard, Paradigm Geophysical) с использованием алгоритмов нейронных сетей [3]. Для обучения было выбрано несколько скважин и набор различных атрибутивных кубов (рис. 8, а), рассчитанных по палеовременному кубу.

После процесса обучения получены высокие ($0,884-0,942$) коэффициенты корреляции исходных и прогнозных кривых АК (см. рис. 8, б). С такими коэффициентами нейронной сети была выполнена инверсия для временного интервала М2–Ф. Предварительные результаты по сечению инлайна 480 представлены на рис. 8, в–г. В интервале терригенных отложений наблюдается изменение скоростей, которые можно использовать при прогнозировании распределения фильтрационно-емкостных свойств по площади работ (инверсия не была предусмотрена проектом и выполнялась для сопоставления исходных и прогнозных кривых АК).

Таким образом, в результате исследований реализован один из способов специальной динамической обработки сейсмических материалов по учету и компенсации влияния сейсмогеологических особенностей осадочного чехла на амплитуду целевых горизонтов в пределах Верхнечонского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ). Он состоит из нескольких этапов и включает элементы интерпретации в рамках стандартного графа обработки с сохранением истинных соотношений амплитуд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Авербух, А. Г.** Изучение состава и свойств горных пород при сейсморазведке [Текст] / А. Г. Авербух. – М. : Недра, 1982. – 232 с.
2. **Козлов, Е. А.** Модели среды в разведочной сейсмологии [Текст] / Е. А. Козлов. – Тверь : ГЕРС, 2006. – 480 с.
3. **Уоссермен, Ф.** Нейрокомпьютерная техника: Теория и практика [Текст] / Ф. Уоссермен ; пер. с англ. Ю. А. Зуева, В. А. Точенова. – М. : Мир, 1992. – 118 с.
4. **Шериф, Р.** Сейсморазведка [Текст] / Р. Шериф, Л. Гелдарт. – М. : Мир, 1987. – 448 с.

© В. Д. Клыкова, В. В. Лыкова, Г. А. Хохлов, 2014

Сибирский центр обработки, интерпретации и экспертизы геофизических данных

www.sniiggims.ru
geology@sniiggims.ru

630091, Новосибирск
ул. Потанинская, 6.
+7 (383) 221-46-90

Обработка сейсморазведочных данных МОГТ 2D/3D, ВСП, многокомпонентных данных ЗС, получение рассеянных волн, AVO-атрибутов, моделирование волновых полей

Интерпретация данных МОГТ 2D/3D, МВС и ВСП. Построение региональных и локальных моделей строения отложений, одномерное и двумерное моделирование, инверсия сейсмических данных и атрибутивный анализ, сейсмофациальный и скоростной анализы, экспертиза эффективности работ

Современная техническая оснащенность
Использование программных средств – лидеров мирового рынка
Высокая квалификация персонала