

5. Осуществлена обработка новых данных магнитотеллурических зондирований с использованием истокообразной аппроксимации.

Представим результаты истокообразной аппроксимации данных магнитотеллурического профиля Туюк (рис. 5.1), располагающегося на территории Бишкекского геодинамического полигона (зона сочленения Чуйской впадины и Киргизского хребта).

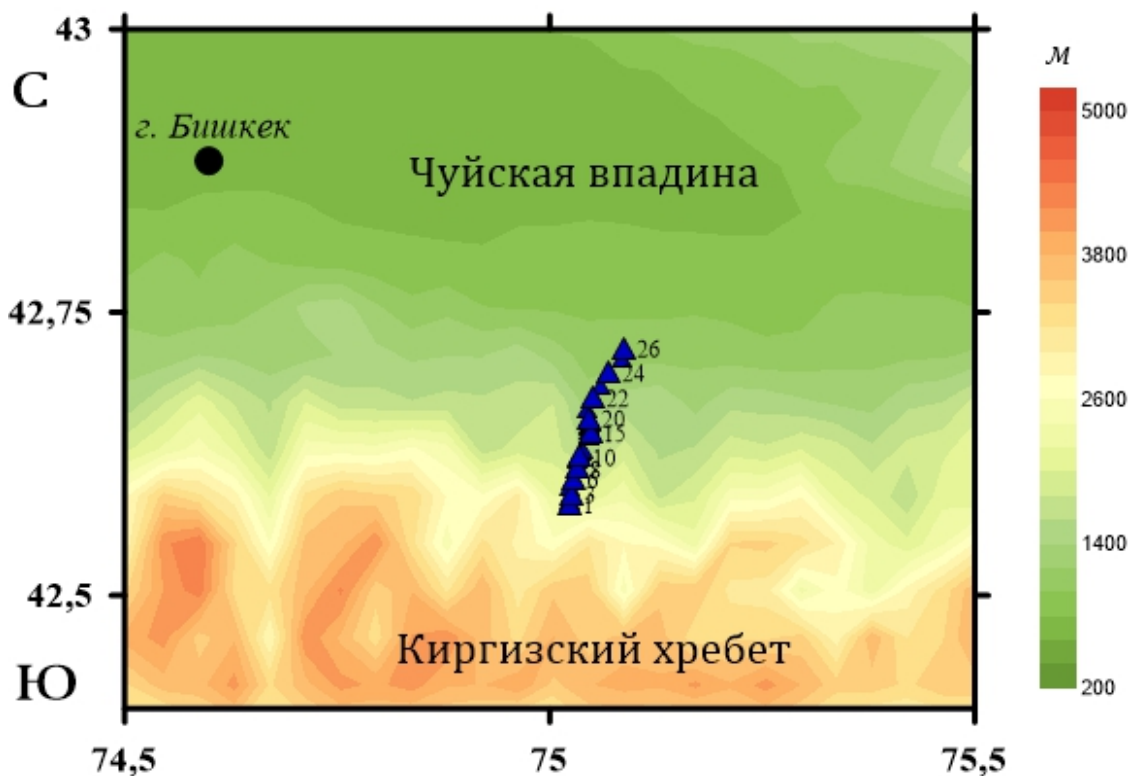


Рис 5.1. Карта-схема расположения профиля Туюк

Длина профиля Туюк - 17,2 км, количество пунктов МТ-зондирований – 24 (для каждого пункта имеется *.edi файл со значениями компонент тензора импеданса для 59 разных частот).

Для данного профиля была сгенерирована 2D прямоугольная неравномерная сетка: 36 ячеек по горизонтальной оси x (протяженность разреза в этом направлении, включая бортовые части, составила -79км) и 14 ячеек по вертикальной оси z (протяженность разреза в этом направлении составила -20км). Далее полученная сеточная двумерная область была «растянута» вдоль второй горизонтальной оси y : по этой оси была введена равномерная сетка с 7-ю ячейками, каждая по 2км. Обратим внимание, что выполненная нами процедура истокообразной аппроксимации «пробегала» все ячейки по осям x и z , а по оси y задействовался только центральный слой с номером 4. Компьютерное время, потребовавшееся для таких расчетов, составило - 1.5 часа.

На рисунке 5.2 проиллюстрированы примеры по интерполяции действительной части компоненты Z_{xx} тензора импеданса на разных периодах: красными кружками отмечены значения $Re(Z_{xx})$ в МТ-пунктах (те величины, которые были считаны из edi-файлов); синие звездочки – значения этой же компоненты в серединах сеточных ячеек (по оси x), синяя линия, соединяющая звездочки, отображена лишь для облегчения визуального восприятия, никакого смысла в она в себе не несет и при расчетах не использовалась; черные пронумерованные треугольники – МТ-пункты.

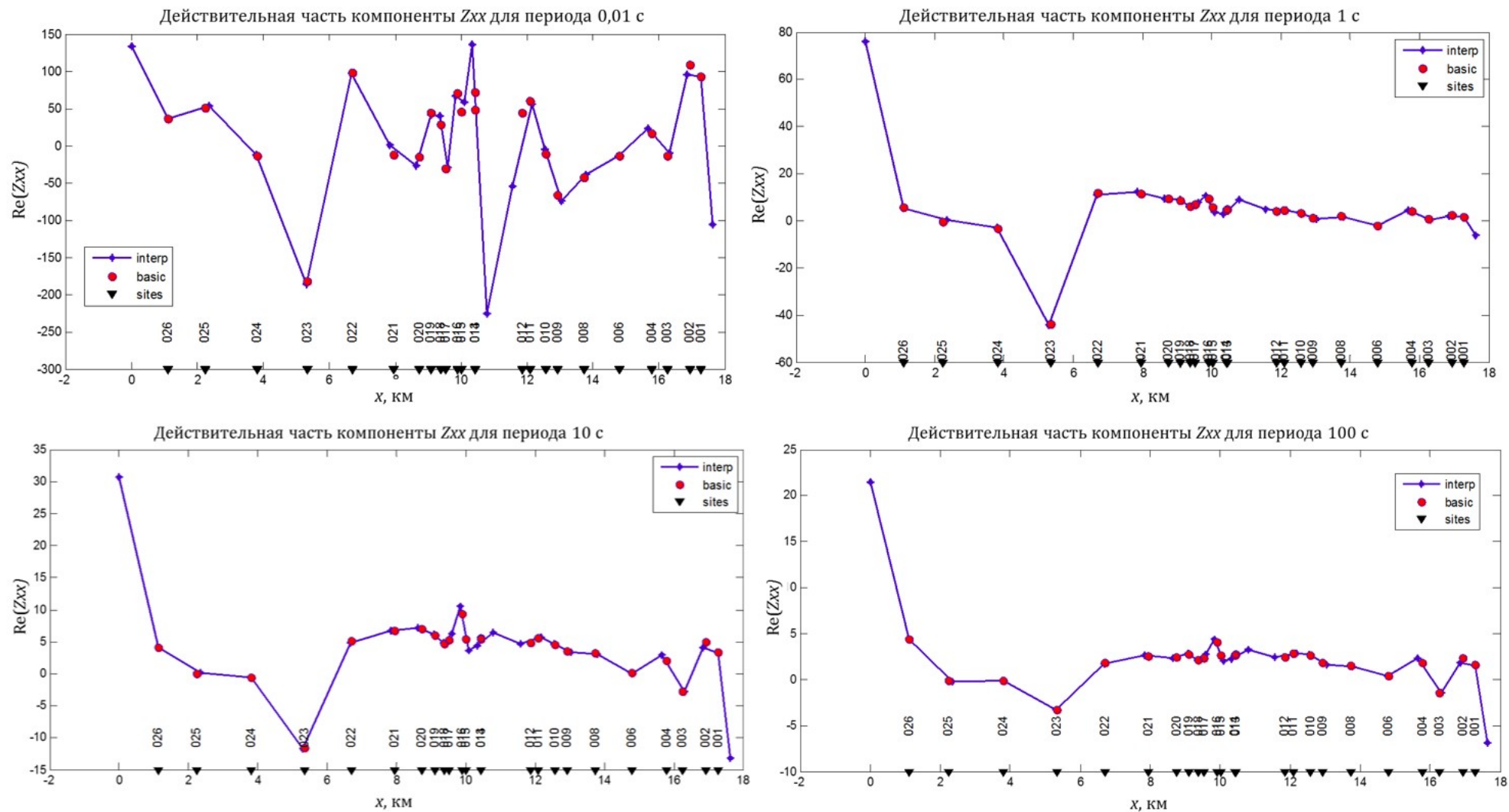


Рис. 5.2. Пример интерполяции/экстраполяции действительной части компоненты Z_{xx} тензора импеданса в серединах сеточных ячеек вдоль профиля Туок для разных периодов.

Как видно из рисунка, середины ячеек практически совпадают с положением МТ-пунктов. Это обстоятельство, опять-таки, связано с попыткой «ускорения» вычислительного процесса за счет уменьшения количества используемых ячеек.

При выполнении процедуры истокообразной аппроксимации в качестве параметров задавались разные комбинации значений удельного электрического сопротивления вмещающего полупространства $\rho_{в.п.}$ и удельного электрического сопротивления перемещаемого по этому пространству элементарного объема $\rho_{э.о.}$. Были рассмотрены разные варианты визуального анализа матрицы коэффициентов корреляции (целиком и по отдельным частям). Далее продемонстрируем и обсудим результаты для нескольких разных вариантов сочетаний этих параметров.

Вариант 1. Рассмотрим случай $\rho_{в.п.} = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ и $\rho_{э.о.} = 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. На рисунках 5.3а и 5.3б проиллюстрированы примеры отображения полученной матрицы коэффициентов корреляции, откуда видно, что удачно подобранная цветовая шкала позволяет получать более детальное представление о «геометрии» среды в целом. При этом оба варианта отображения подтверждают наличие приповерхностных неоднородностей: так как абсолютные значения коэффициентов корреляции соответствуют левой и центральной частям цветовой шкалы, то можно сделать вывод, что в приповерхностном слое в ~ 1 км, скорее всего, отсутствуют неоднородные включения высокого сопротивления ($\sim 500 \text{ Ом}\cdot\text{м}$). Из рисунка 5.3б можно предположить, что на глубинах $\sim 1\text{--}3$ км, напротив, присутствуют породы с высоким ρ .

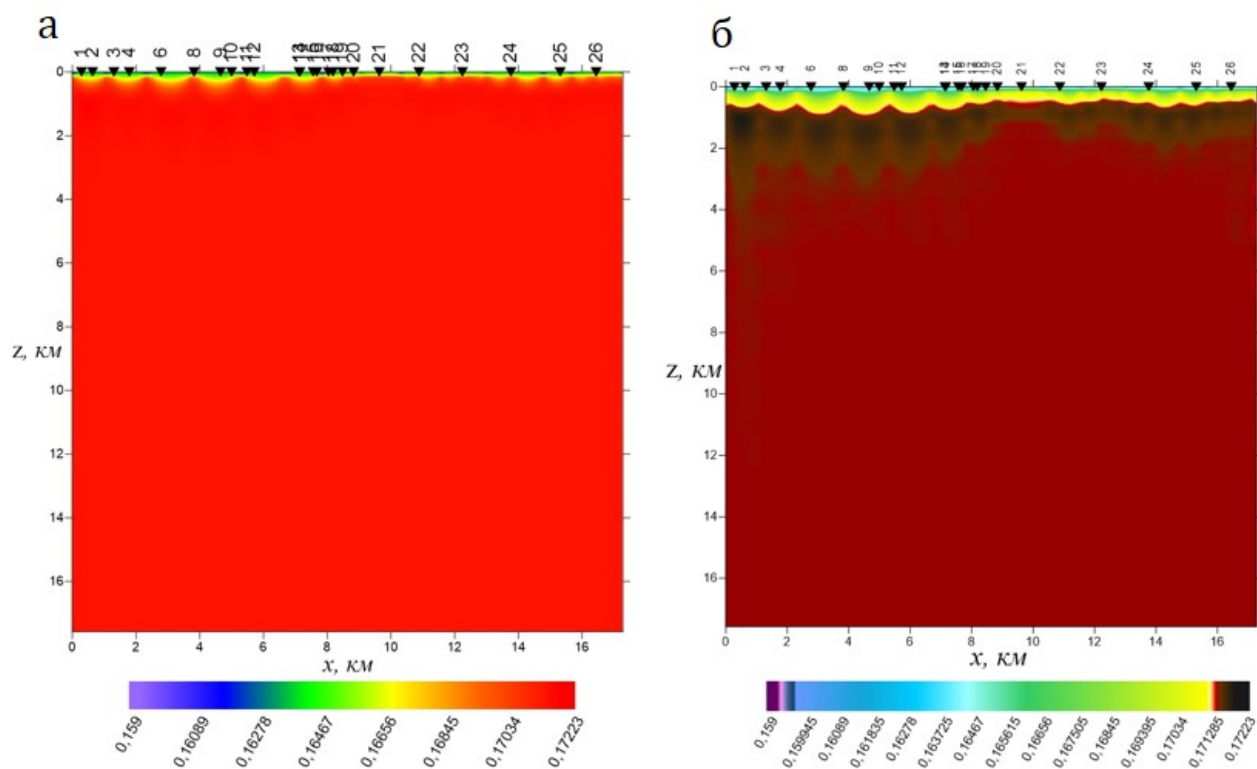


Рис. 5.3. Отображение матрицы абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции с помощью цветовой шкалы: а) равномерной; б) неравномерной.

Добавим на рисунок 5.3б слой, отдельной цветовой шкалой детально отображающий коэффициенты корреляции для глубин, больших 3 км (рис. 5.4). Из рисунка видно, что в южной и нижней частях разреза под линией профиля явно определяются зоны наибольшей корреляции (светлый цвет). То есть можно предположить, что в этих областях находятся геоэлектрические объекты высокого сопротивления. А в северной части разреза на глубинах 3 – 6 км, наоборот, присутствует проводник.

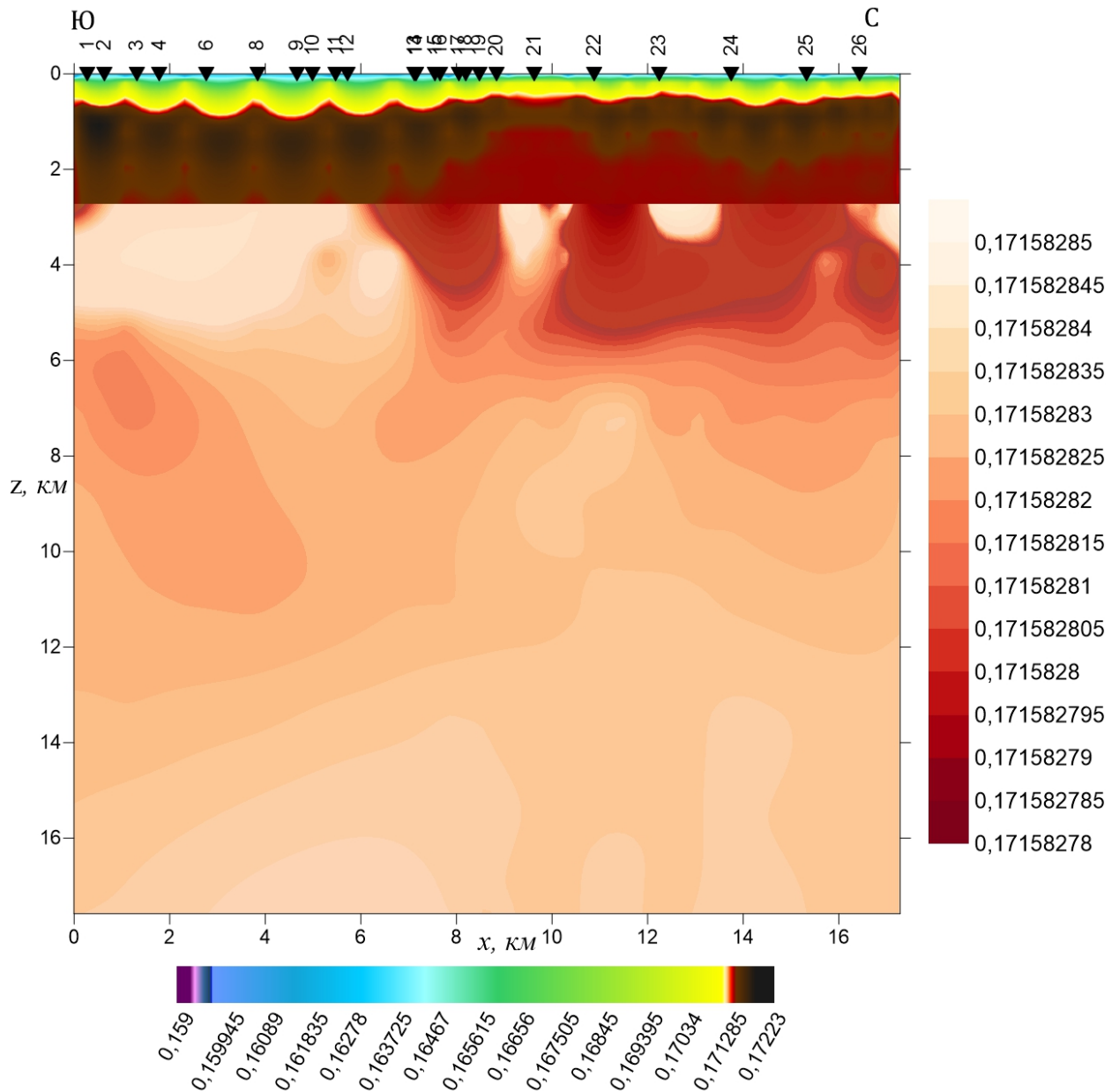


Рис. 5.4. Матрица абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции: нижний слой (шкала снизу) дублирует рисунок 5.3б; верхний слой (шкала справа) детализирует свойства коэффициента для глубин, больших 3км.

Вариант 2. Рассмотрим случай $\rho_{в.п.} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и $\rho_{э.о.} = 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. На рисунках 5.5а, 5.5б и 5.6а, 5.6б проиллюстрированы примеры отображения полученной матрицы коэффициентов корреляции, откуда вновь видно, что удачно подобранная цветовая шкала позволяет получать более детальное представление о «геометрии» среды в целом.

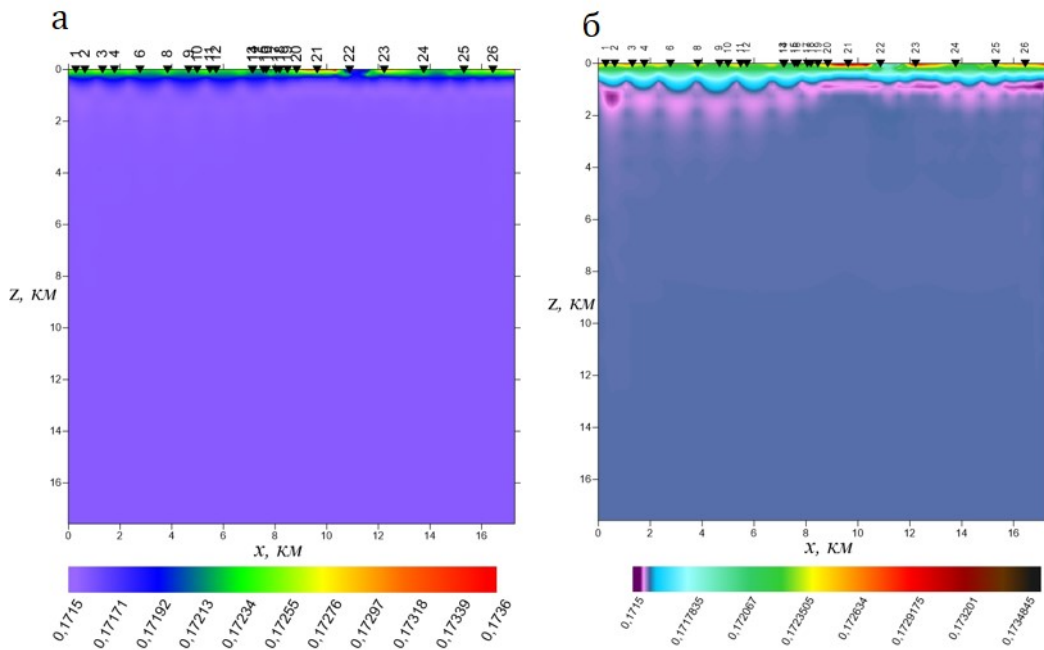


Рис. 5.5. Отображение матрицы абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции с помощью цветовой шкалы: а) равномерной; б) неравномерной.

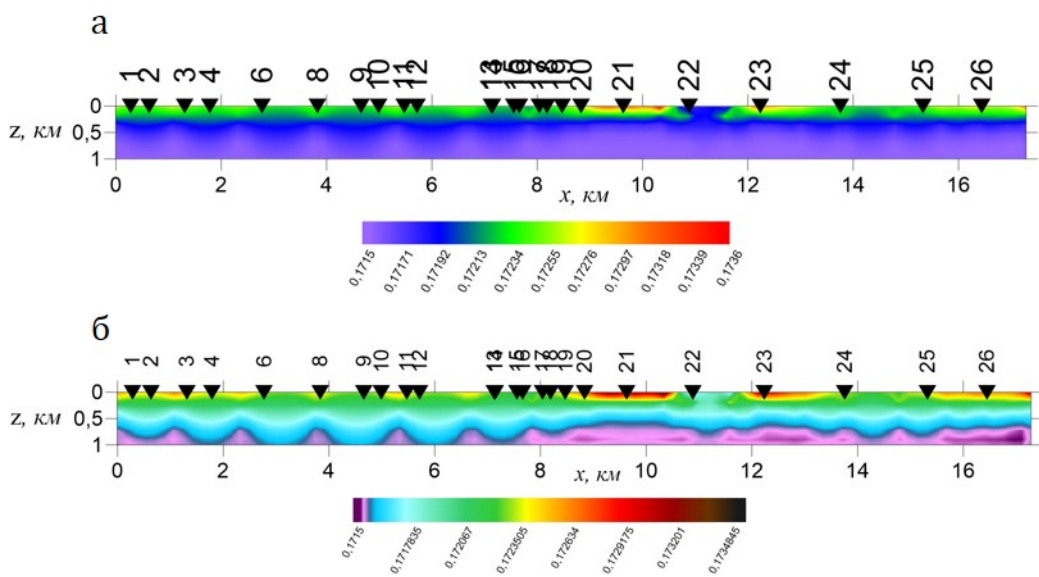


Рис. 5.6. Отображение матрицы абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции для глубин до 1 км с помощью цветовой шкалы: а) равномерной; б) неравномерной.

При этом оба случая не противоречат результатам, полученным для предыдущего варианта сочетания параметров истокообразной аппроксимации: явно различимы приповерхностные неоднородности на глубине до 1 км, характеризующиеся сопротивлениями $\sim 1 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Рисунок 5.5б подтверждает предположение (высказанное при рассмотрении предыдущей комбинации $\rho_{в.л.}$ и $\rho_{з.о.}$) о наличии пород с высоким ρ (большим, чем $100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$) на глубинах $\sim 1\text{--}3$ км.

Добавим на рисунок 5.5б слой, отдельной цветовой шкалой детально отображающий коэффициенты корреляции для глубин, больших 3 км (рис. 5.7). Из рисунка можно предположить, что глубже 4 км отсутствуют зоны высокой проводимости, что согласуется с результатами, рассмотренными ранее (рис. 5.4).

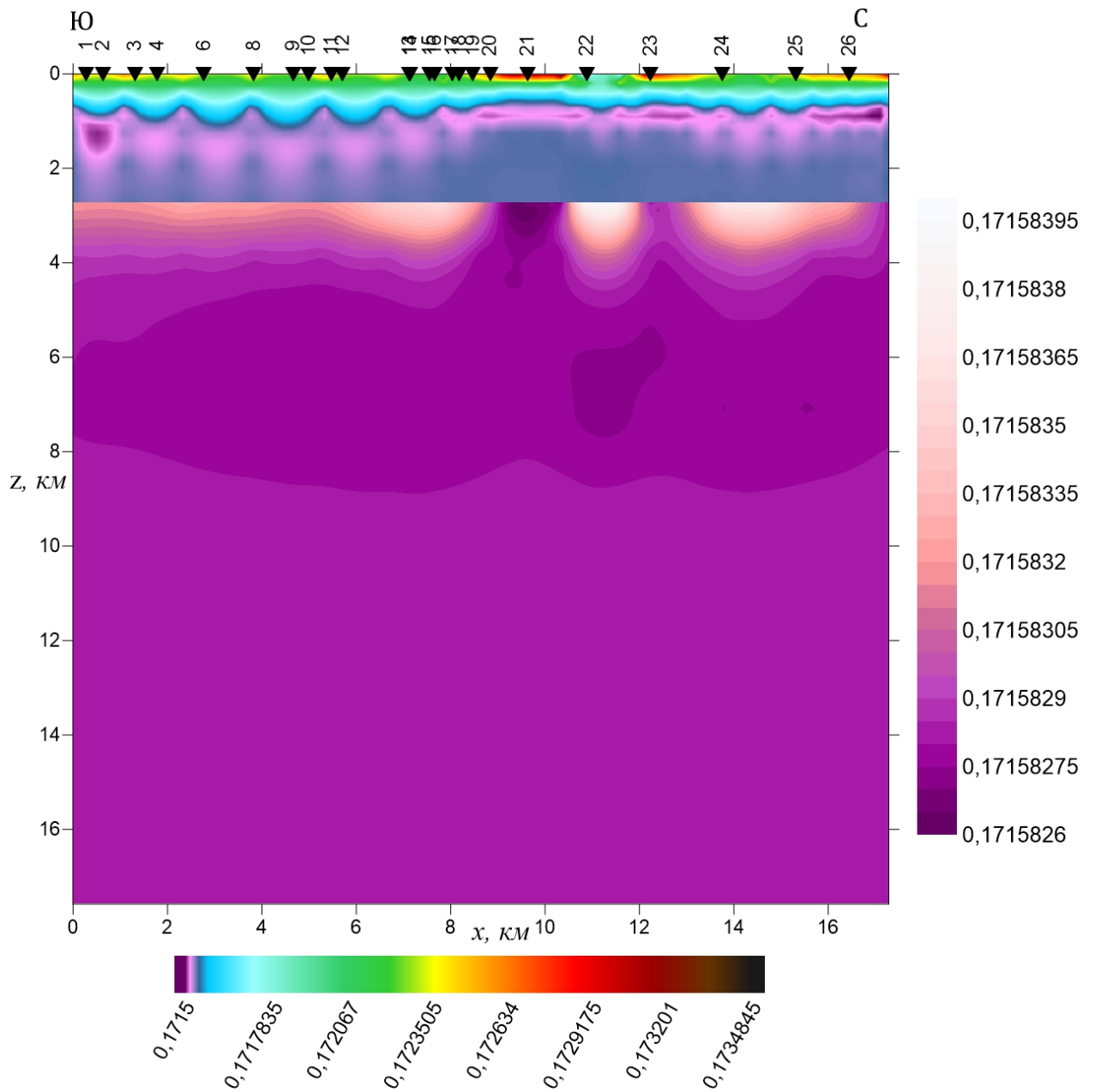


Рис. 5.7. Матрица абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции: нижний слой (шкала снизу) дублирует рисунок 5.5б; верхний слой (шкала справа) детализирует свойства коэффициента для глубин, больших 3км.

Вариант 3. Рассмотрим случай $\rho_{в.л.} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и $\rho_{э.о.} = 50 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. На рисунках 5.8а, 5.8б и 5.9а, 5.9б проиллюстрированы примеры отображения полученной матрицы коэффициентов корреляции, откуда вновь видно, что удачно подобранная цветовая шкала позволяет получать более детальное представление о «геометрии» среды в целом.

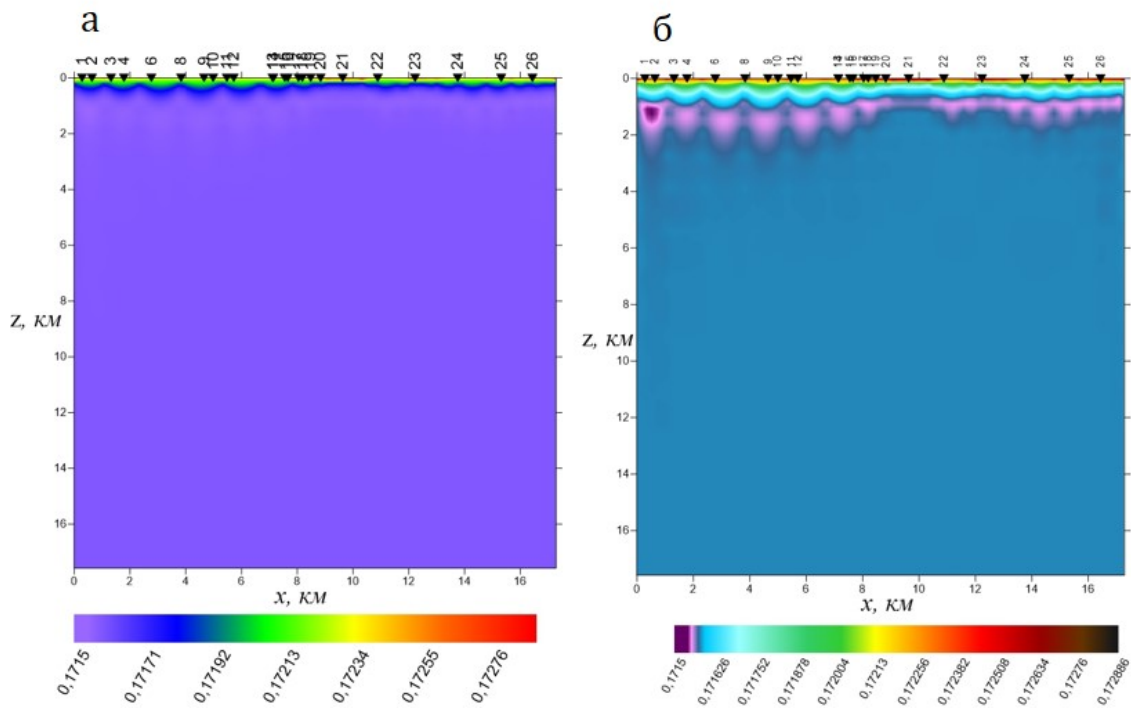


Рис. 5.8. Отображение матрицы абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции с помощью цветовой шкалы: а) равномерной; б) неравномерной.

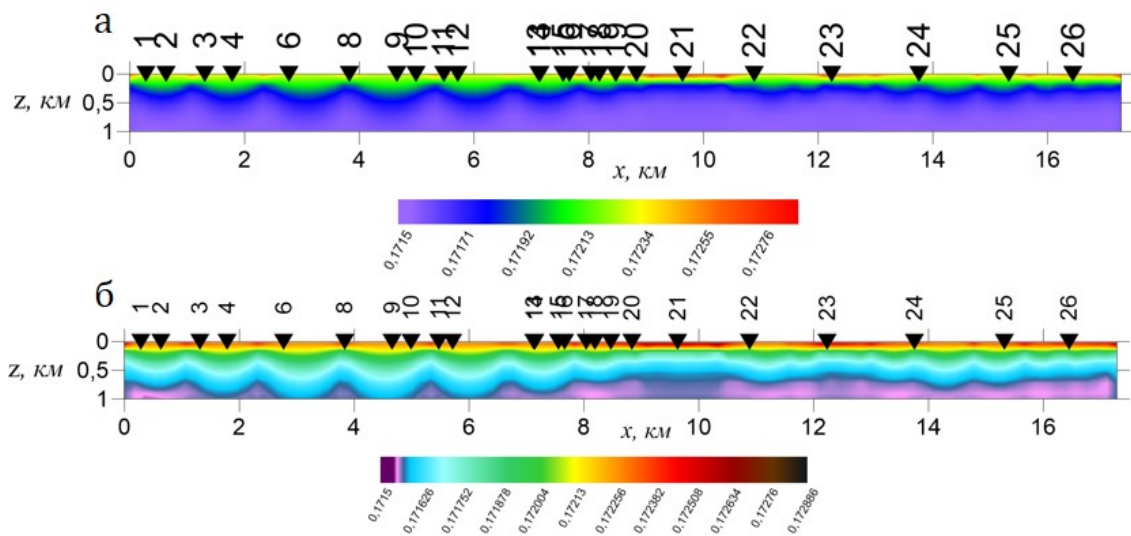


Рис. 5.9. Отображение матрицы абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции для глубин до 1 км с помощью цветовой шкалы: а) равномерной; б) неравномерной.

При этом оба случая не противоречат результатам, полученным для двух предыдущих вариантов сочетания параметров истокообразной аппроксимации: явно различимы приповерхностные неоднородности на глубине до 1 км, характеризующиеся сопротивлениями $\sim 50 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Рисунок 5.8б подтверждает предположение (высказанное при рассмотрении предыдущих двух комбинаций $\rho_{в.л.}$ и $\rho_{з.о.}$) о наличии пород с высоким ρ (большим, чем $100 \text{ Ом}\cdot\text{м}$) на глубинах $\sim 1\text{--}3$ км (низкие значения коэффициента корреляции на этих глубинах).

Добавим на рисунок 5.8б слой, отдельной цветовой шкалой детально отображающий коэффициенты корреляции для глубин, больших 3 км (рис. 5.10). Из рисунка 5.10 вновь можно предположить, что глубже 4 км отсутствуют зоны высокой проводимости, что согласуется с результатами, рассмотренными ранее (рис. 5.4 и 5.7).

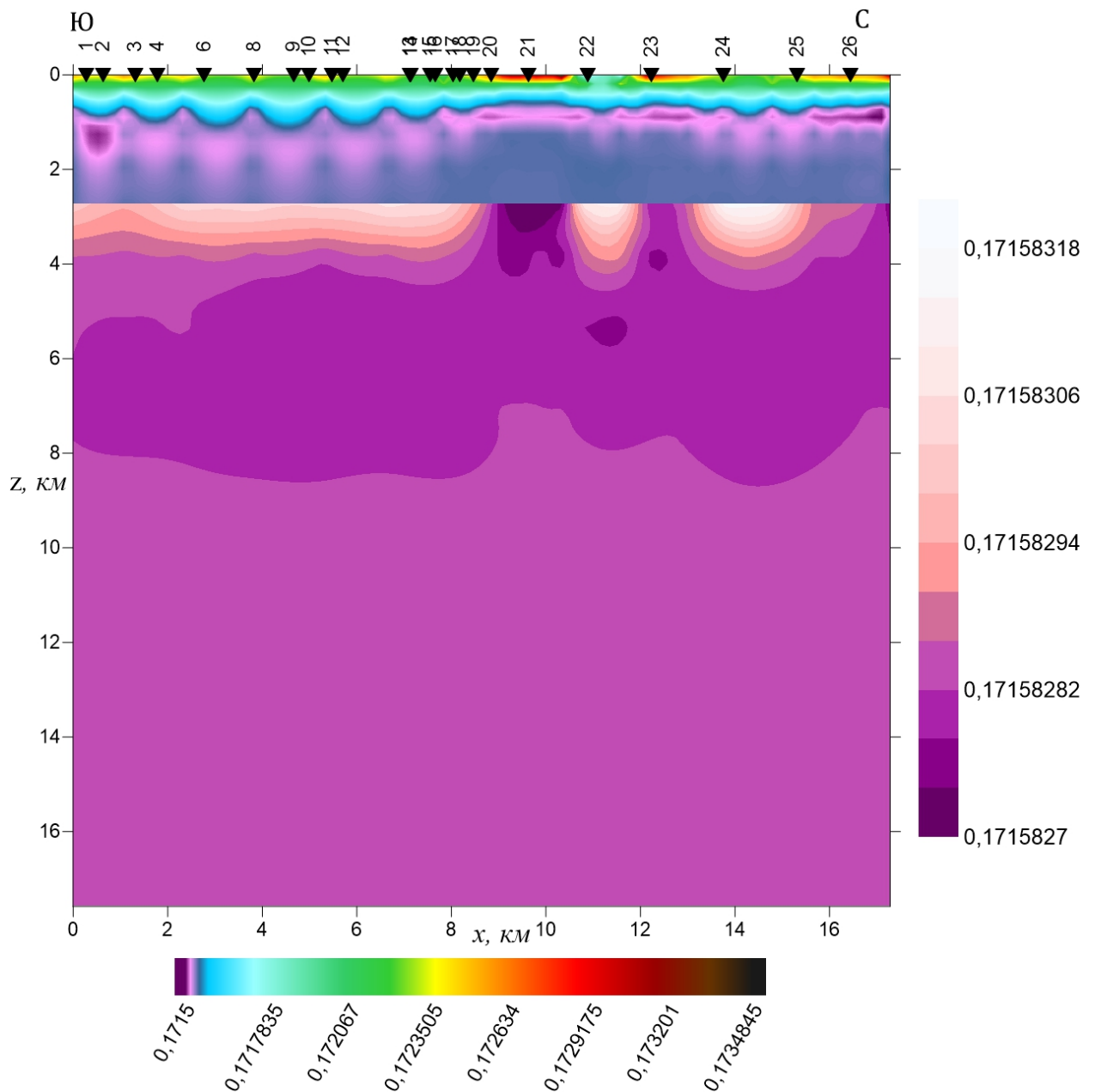


Рис. 5.10. Матрица абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции: нижний слой (шкала снизу) дублирует рисунок 5.8б; верхний слой (шкала справа) детализирует свойства коэффициента для глубин, больших 3км.

Вариант 4. Рассмотрим случай $\rho_{в.н.} = 100 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ и $\rho_{з.о.} = 1000 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. На рисунках 5.11а, 5.11б и 5.12а, 5.12б проиллюстрированы примеры отображения полученной матрицы коэффициентов корреляции, откуда вновь видно, что удачно подобранная цветовая шкала позволяет получать более детальное представление о «геометрии» среды в целом.

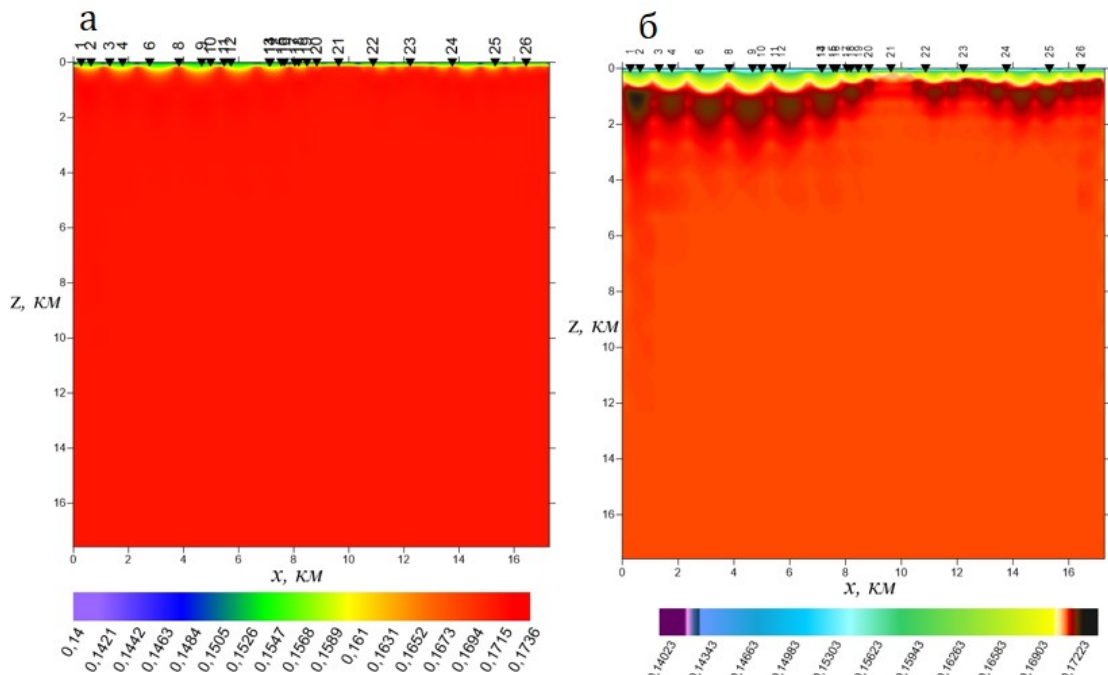


Рис. 5.11. Отображение матрицы абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции с помощью цветовой шкалы: а) равномерной; б) неравномерной.

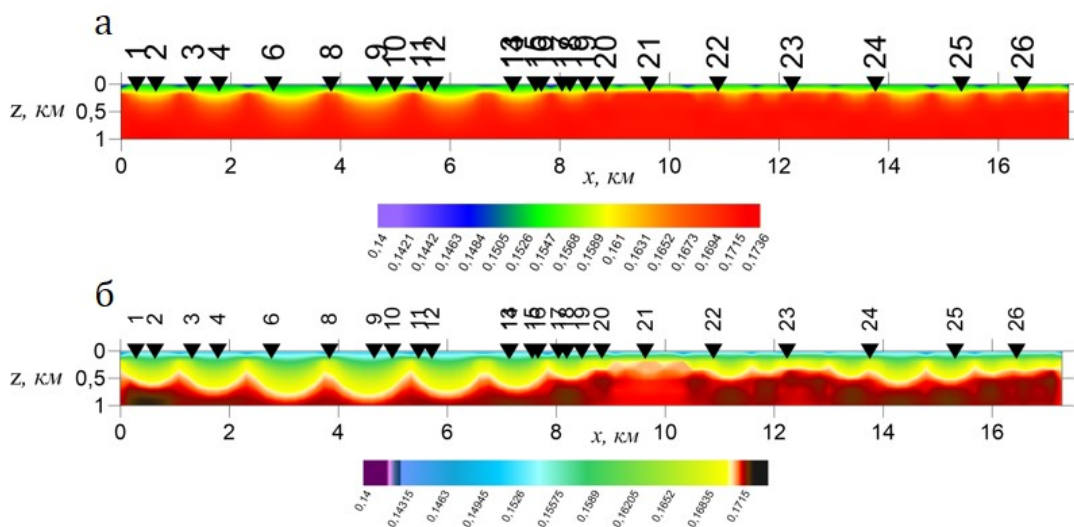


Рис. 5.12. Отображение матрицы абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции для глубин до 1 км с помощью цветовой шкалы: а) равномерной; б) неравномерной.

При этом оба случая не противоречат результатам, полученным для тех предыдущих вариантов сочетания параметров истокообразной аппроксимации: явно различимы приповерхностные неоднородности на глубине до 1 км. Также видна согласованность рисунков 5.11б и 5.3б, то есть ранее высказанное предположение о присутствии изолятора на глубинах $\sim 1\text{--}3$ км, скорее всего, справедливо.

Добавим на рисунок 5.11б слой, отдельной цветовой шкалой детально отображающий коэффициенты корреляции для глубин, больших 3 км (рис. 5.13). Из рисунка 5.10 вновь можно предположить, что глубже 4 км отсутствуют зоны высокой проводимости, что согласуется с результатами, рассмотренными ранее (рис. 5.4, рис. 5.7 и рис. 5.12). А в северной части разреза на глубинах 3 – 6 км, наоборот, присутствуют проводящие области.

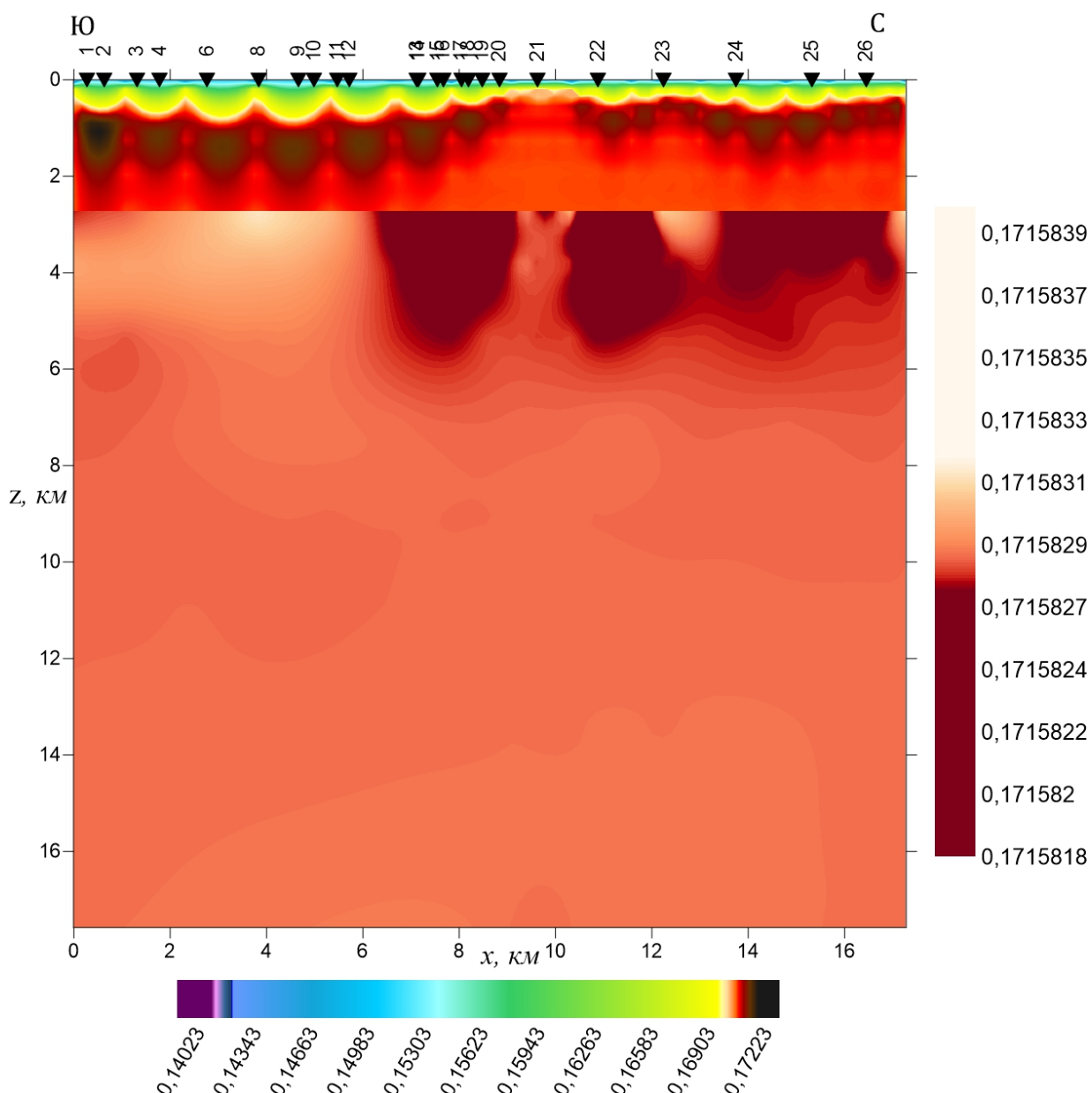


Рис. 5.13. Матрица абсолютных значений комплексного коэффициента корреляции: нижний слой (шкала снизу) дублирует рисунок 5.11б; верхний слой (шкала справа) детализирует свойства коэффициента для глубин, больших 3км.

Таким образом, в 2019 году была продолжена апробация методики истокообразной аппроксимации для анализа экспериментальных магнитотеллурических данных, полученных на территории Северного Тянь-Шаня. Для разных вариантов параметров истокообразной аппроксимации получены хорошо согласующиеся между собой результаты.

В итоге отметим, что, в целом, разработку программного обеспечения для реализации процедуры истокообразной аппроксимации МТ-данных можно считать завершённой. Открытыми для дальнейших исследований остаются вопросы подбора параметров истокообразной аппроксимации (удельные электрические сопротивления вмещающего пространства и перемещаемого по нему элементарного объема), совершенствования методики анализа получаемой матрицы коэффициентов корреляции (возможно, необходимо дополнительная обработка этой матрицы: осреднение, нормировка и т.п.) и способы её отображения.