

Моделирование динамики
давления пароводяной смеси
в скважине Мутновского
геотермального месторождения

Эмпирические данные

Динамика давления пароводяной смеси в скважине Мутновского геотермального месторождения на глубине 950 метров представлена 41943 значениями (в барах), измеренными ежеминутно в течение июля 2006 г.

(Общая продолжительность наблюдения составляет 30 суток)

Рис.1. Фактические данные, характеризующие динамику давления пароводяной смеси в скважине Мутновского геотермального месторождения (показаны точками). Сплошная линия – тренд, выделенный методом скользящей средней по 250 значениям.

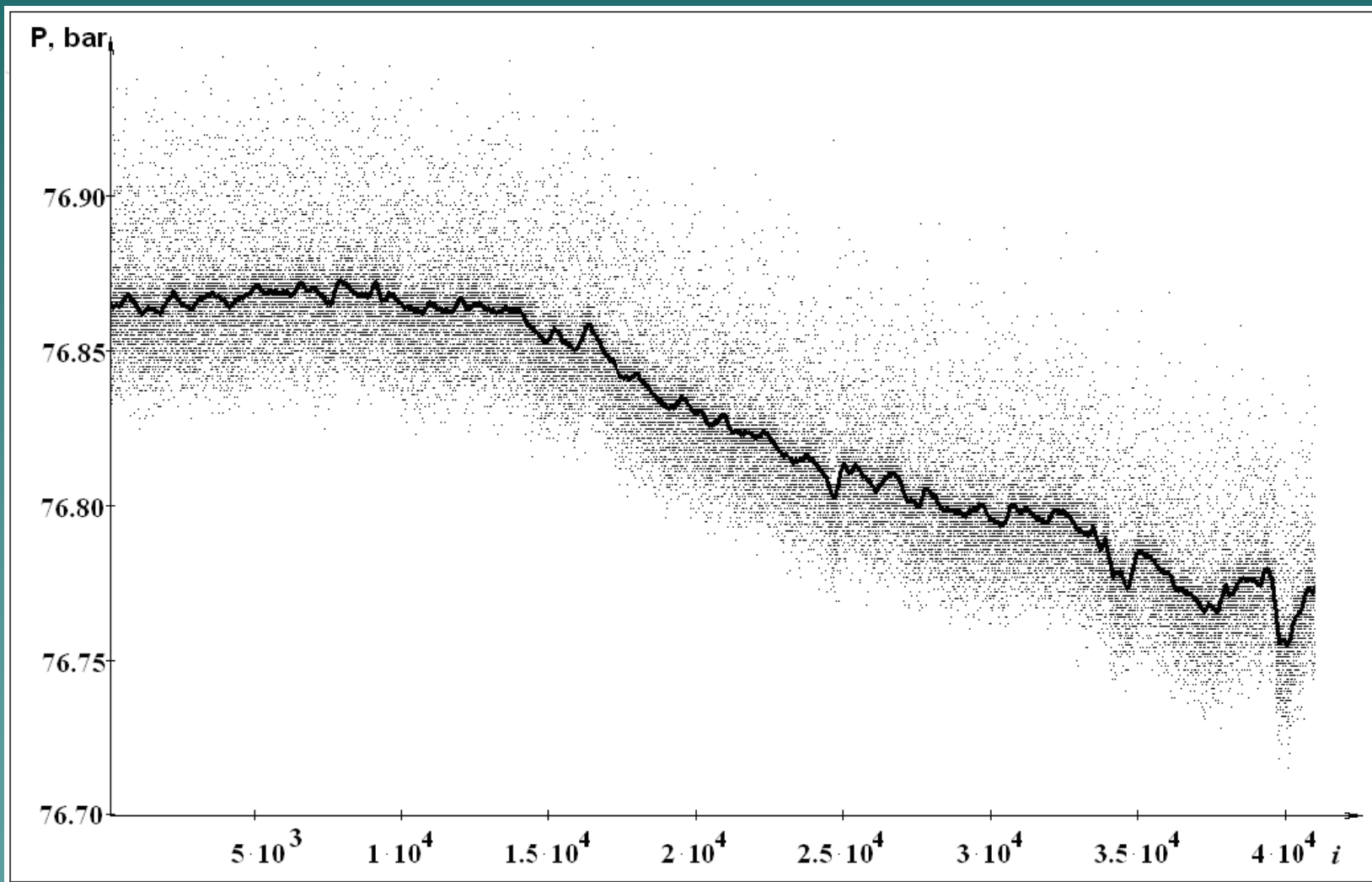


Рис.2. Динамика давления пароводяной смеси за 180 минутный отрезок наблюдения в скважине Мутновского геотермального месторождения. Сплошная утолщенная линия – выделенный тренд

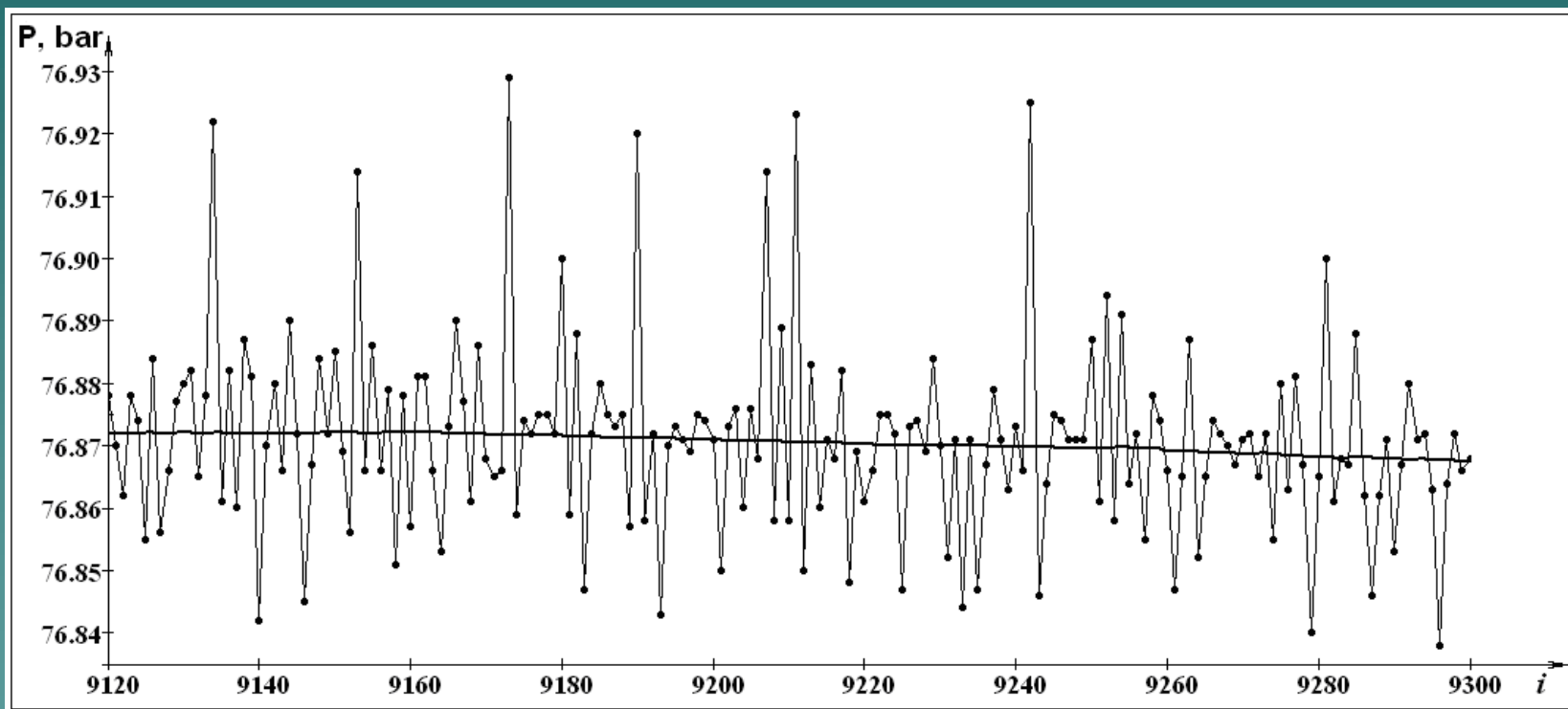


Рис.3. Сопоставление тренда, выделенного методом скользящей средней по 250 значениям, с динамикой, описываемой моделью (1):

$$Y_m(i) = 76,82271 + 0,04849 \cos(0,000087i - 0,40213) - 0,00467 \cos(0,000348i - 1,44572).$$

1 - линия тренда, 2 - динамика, описываемая моделью (1)



Ограничиваясь низкими частотами, линию тренда можно описать математической моделью (1), содержащей две гармоники:

$$Y_m(i) = 76,82271 + 0,04849 \cos(0,000087 i - 0,40213) - 0,00467 \cos(0,000348 i - 1,44572) \quad (1)$$

Первая гармоника представляет собой колебание амплитудой 0,0485 бар с периодом 50,15 дней (частота 0,000087).

Вторая гармоника – 0,00467 бар с периодом 12,53 дней (частота 0,000348).

Коэффициент корреляции данных наблюдений и моделируемого тренда составляет 0,915.

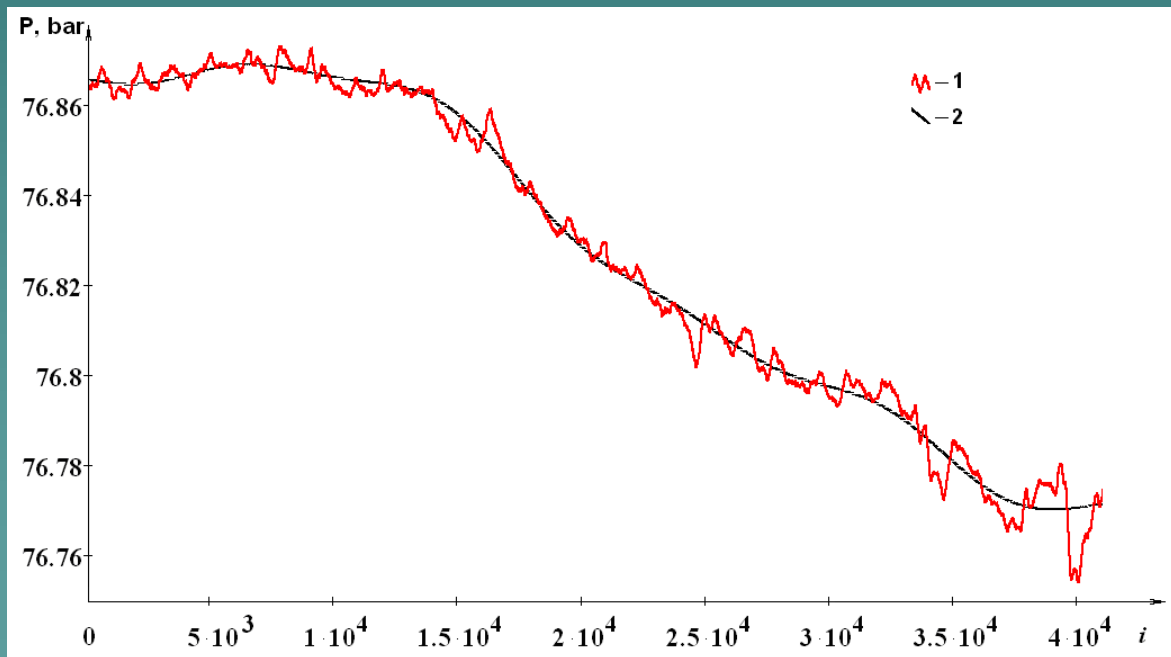
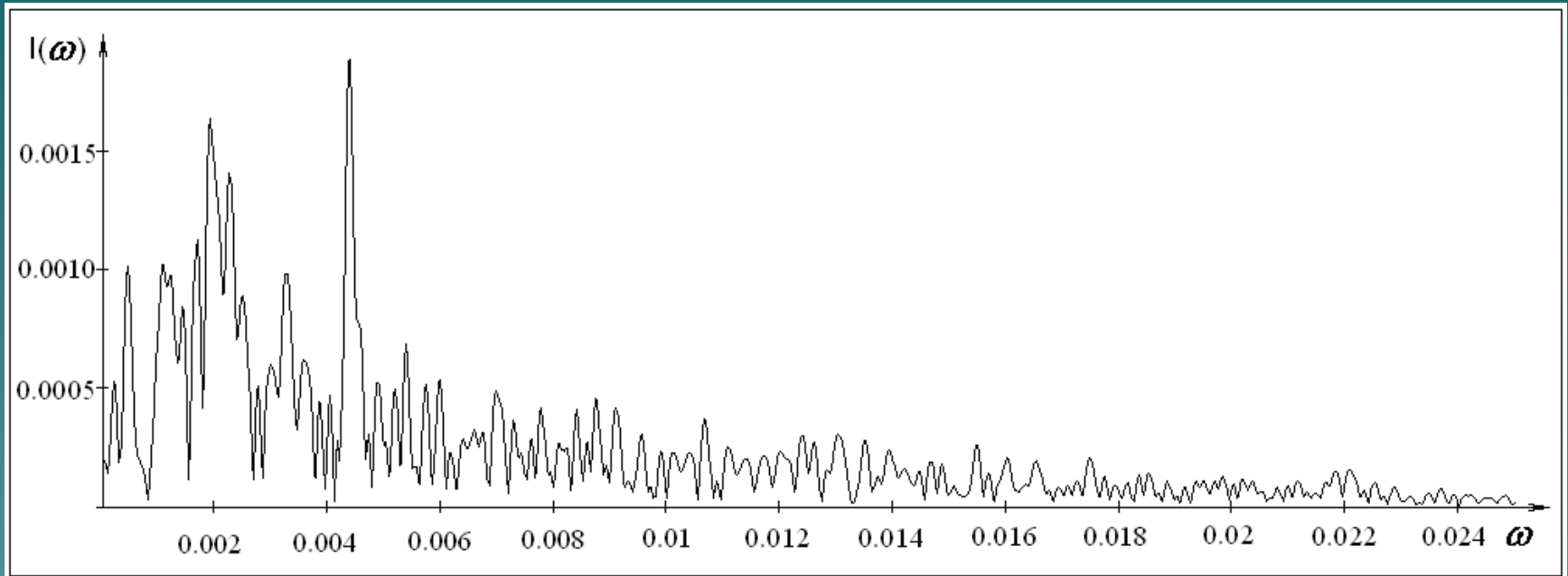


Рис.4. Спектрограмма отклонений тренда, выделенного методом скользящей средней по 250 значениям, от динамики, описываемой моделью (1).



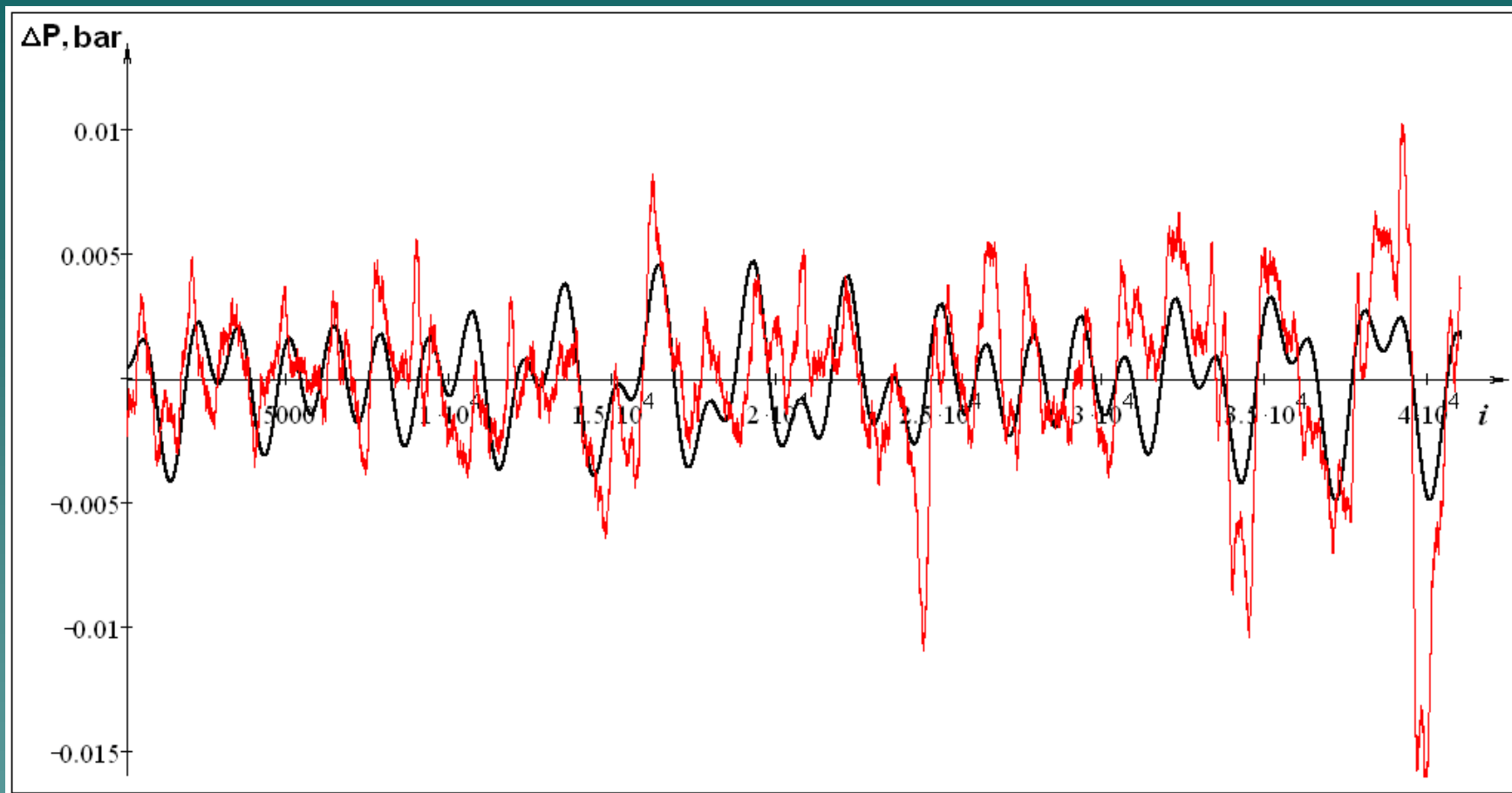
Спектрограмма сигнала на частотном интервале определяется формулой:

$$R(\omega) = \sqrt{A(\omega)^2 + B(\omega)^2}, \quad (1)$$

где

$$A(\omega) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \rho_i \cdot \cos(\omega \cdot i), \quad B(\omega) = \frac{2}{N} \cdot \sum_{i=1}^N \rho_i \cdot \sin(\omega \cdot i).$$

Рис.5. Сопоставление хода отклонений тренда, выделенного методом скользящей средней по 250 значениям, от динамики, описываемой моделью (1), с динамикой, описываемой моделью (2).



Модель (2), описывающая ход отклонений тренда от динамики, описываемой моделью (1):

$$\begin{aligned} \Delta P_m(i) = & -0,0000545 + 0,00164 \cos(0,00196i - 0,32199) + \\ & + 0,0014 \cos(0,00226i + 0,72273) - \\ & - 0,0019 \cos(0,0044i - 0,37991) \end{aligned} \quad (2)$$

Таким образом, поведение сглаженных по 250 значениям исходных данных описывается моделью (3) содержащей две низкочастотные гармоники

с периодами, равными 50,15 и 12,53 дней

и три высокочастотные гармоники

с периодами 2,23, 1,93 и 0,99 дней.

$$\begin{aligned} Y_m(i) = & 76,8226555 + \\ & + 0,04849 \cos(0,000087 i - 0,40213) - \\ & - 0,00467 \cos(0,000348 i - 1,44572) + \\ & + 0,00164 \cos(0,001960 i - 0,32199) + \\ & + 0,00140 \cos(0,002260 i + 0,72273) - \\ & - 0,00190 \cos(0,004400 i - 0,37991). \end{aligned} \quad (3)$$

Рис.6. Сопоставление тренда, выделенного методом скользящей средней по 250 значениям, с динамикой, описываемой моделью (3):

1 - линия тренда,

2 - динамика, описываемая моделью (3)

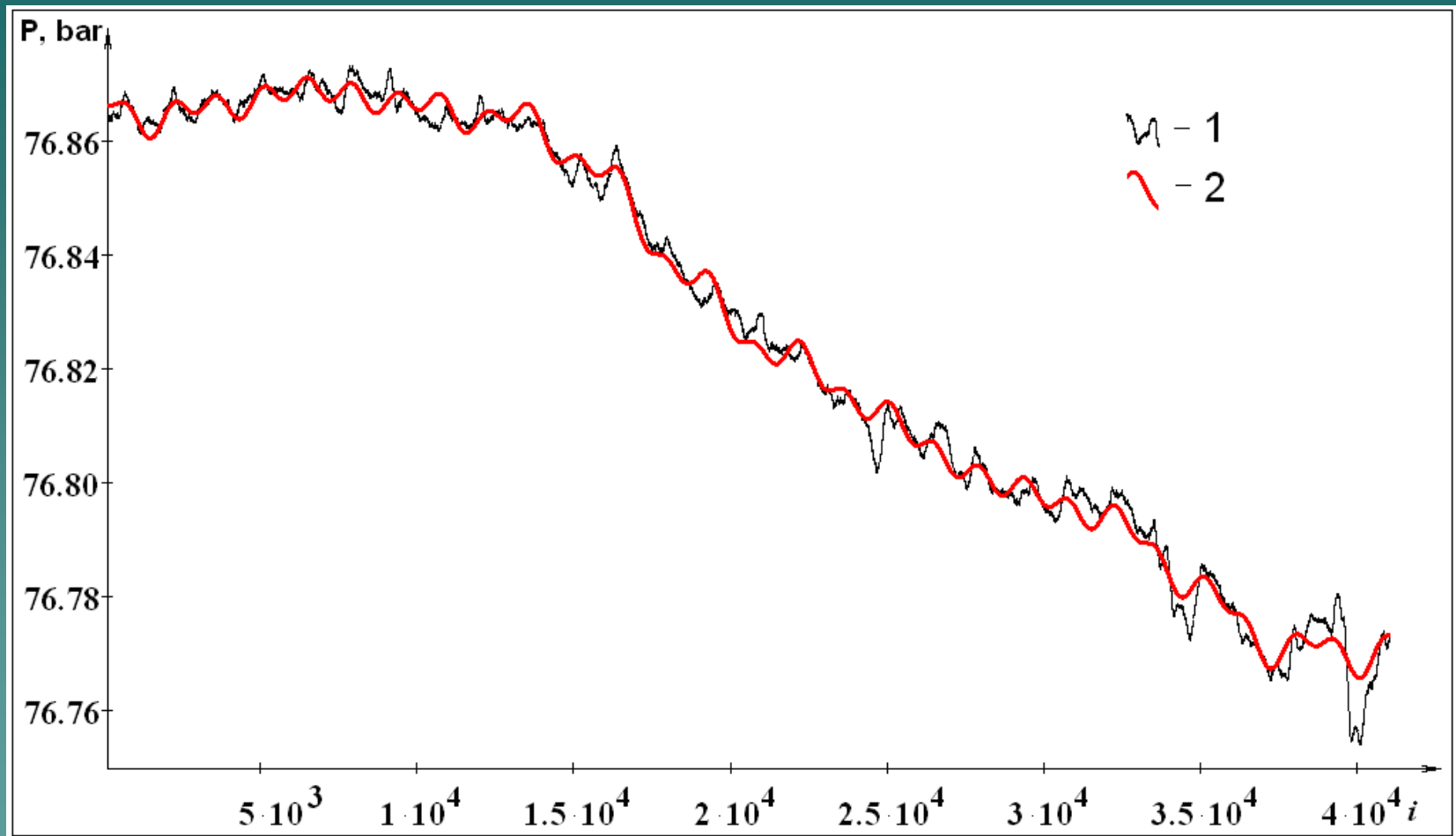
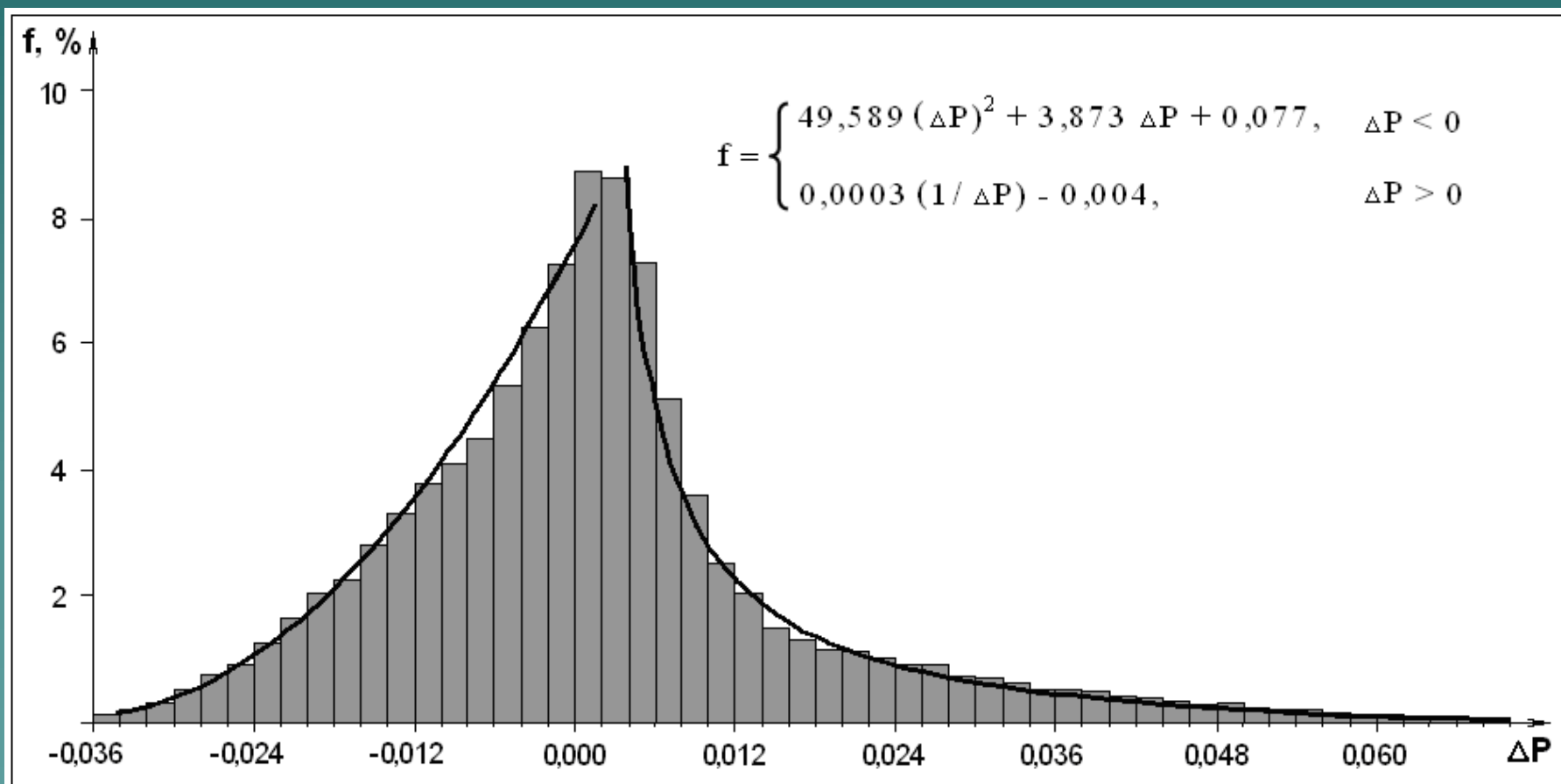



Рис.7. Гистограмма остатков исходных данных относительно динамики, описываемой моделью (3)

среднеквадратическое отклонение 0,01585464,
дисперсию 0,00025137,
эксцесс 2,79556625,
коэффициент асимметрии 1,12417179



СПАСИБО
ЗА
ВНИМАНИЕ

The background is a solid teal color. In the bottom right corner, there is a stylized, dark teal silhouette of a mountain range with jagged peaks.