



ТЕРМИЧЕСКИЙ КАРОТАЖ



Источники тепла



Внешние

**Излучение Солнца,
звезд и галактик**

Внутренние

**Радиоактивный распад,
приливное трение,
гравитационная дифференциация,
аккреция, химические реакции и др.**



Внешние источники тепла

Излучение Солнца, звезд и галактик

**Большая часть тепла, падающего на земную поверхность
отражается от поверхности и возвращается в космос**

**Внешние источники приводят к суточным и сезонным
изменениям температуры в слое мощностью 20 ÷ 40 м.**

**Температура на глубине нейтрального слоя равна среднегодовой
температуре.**

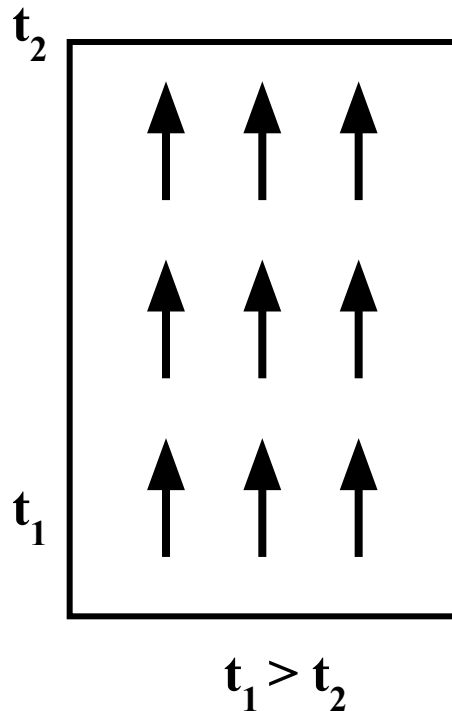
Внутренние источники тепла определяют температуру ниже
нейтрального слоя

**Источники - радиоактивный распад, приливное трение,
гравитационная дифференциация, аккреция,
химические реакции и др.**

Перемещение тепла

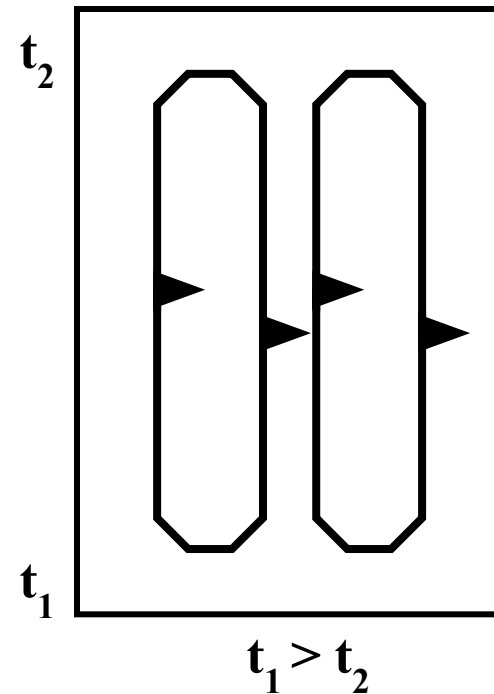
Кондуктивный перенос тепла

Тепло перемещается через вещество от более нагретой части к более холодной



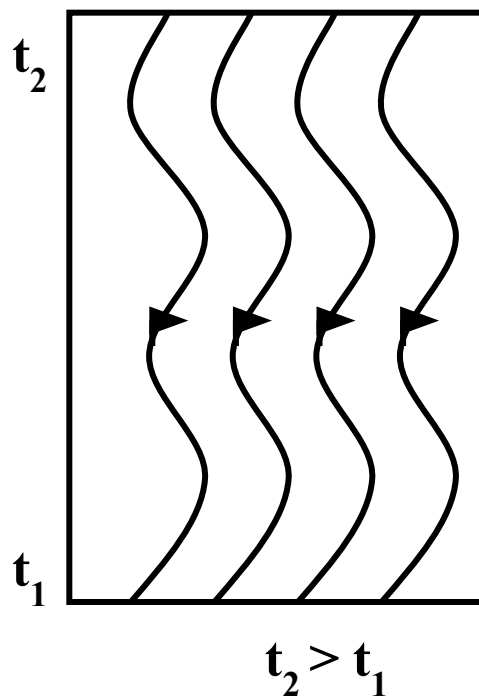
Конвективный перенос тепла

Тепло переносится движением горячего вещества. Нагретый материал с пониженной плотностью поднимается вверх, где он охлаждается, его плотность увеличивается и он погружается вниз.



Электромагнитный перенос тепла
(“лучистая энергия”)

Световое, радиоволновое и другие типы излучений.
В вакууме теплопередача только через излучение.
Для Земли механизм не актуален.



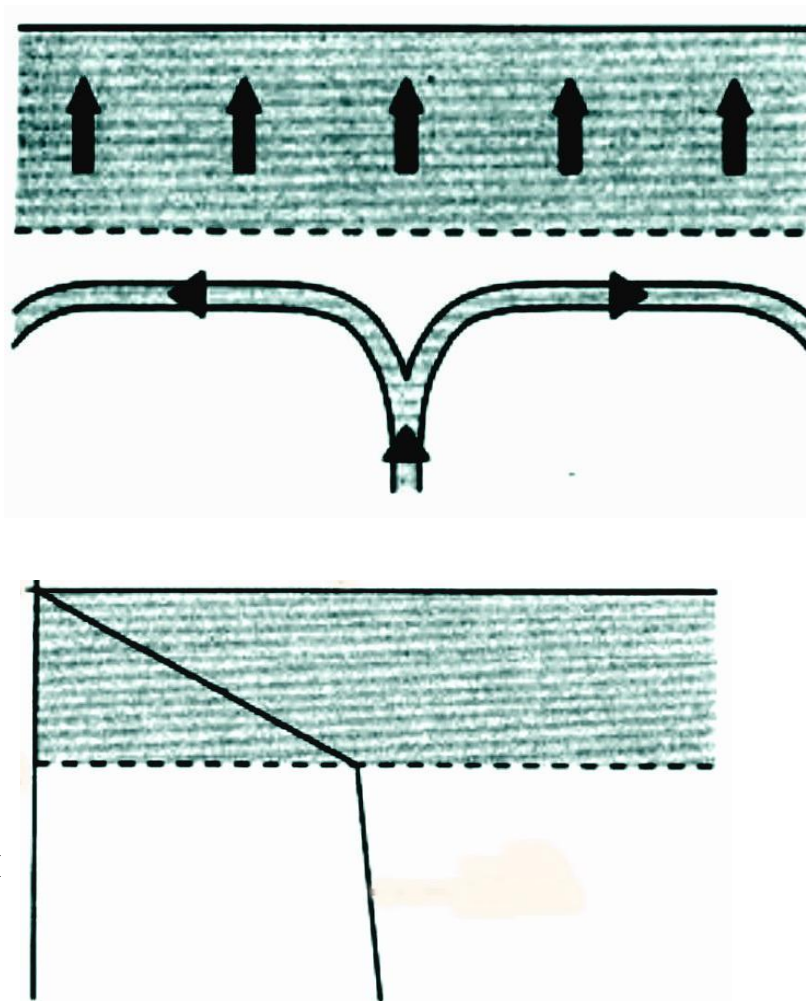


В литосфере тепло перемещается
путем *кондукции*

В астеносфере тепло транспортируется
главным образом *конвективным* путем

В пределах литосферы температурный
градиент составляет $20 \div 80$ °С/км

В пределах астеносферы температурный
градиент составляет $1 \div 2$ °С/км



**Термальная конвекция проявляется при нагреве подземных
вод горячими интрузиями**

Термические свойства

1. Коэффициент теплопроводности λ
и удельное тепловое сопротивление ξ

$$dQ = \lambda \frac{ds}{dl} dt d\tau,$$

где dQ – количество тепла [Дж]; ds, dl – сечение и длина элемента среды; dt – перепад температур; $d\tau$ – время;
 λ – удельная теплопроводность [Вт/м⁰С].

λ – характеризует свойство среды передавать тепловую энергию

$$\frac{1}{\lambda} = \xi \quad - \text{удельное тепловое сопротивление} \quad \left[\frac{^{\circ}\text{С} \cdot \text{м}}{\text{Вт}} \right]$$

2. Удельная теплоемкость

$$dt = \frac{dQ}{C \cdot \sigma \cdot dV}$$

- изменение температуры dt тела объемом dV плотностью σ , при сообщении телу тепла dQ .

C – количество теплоты, поглощаемое единицей массы при нагревании на 1°C .

C – характеризует свойство среды изменять свою температуру.

$$\left[\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{град}} \right]$$

3. Коэффициент температуропроводности –

характеризует скорость изменения температуры вещества в нестационарных тепловых процессах [м/с], т.е теплоинерционные свойства горной породы.

$$a = \frac{\lambda}{C \cdot \sigma}$$

Порода	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м К)	Удельная теплоемкость, с, Дж/(кг К)	Коэффициент температуропроводности, a , 10^{-7} м ² /с
Глина	0,38 – 3,03	753 – 3596	0,51 – 11,56
Алевролит	0,41 – 3,58	322 - 1466	4,30 – 16,10
Песчаник	0,64 – 4,37	623 - 1273	3,55 – 13,89
Гранит	1,12 – 3,85	257 – 1548	3,33 – 16,50
Вода	0,515	1940	0,998

ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ

СТАЦИОНАРНОЕ

КВАЗИСТАЦИОНАРНОЕ

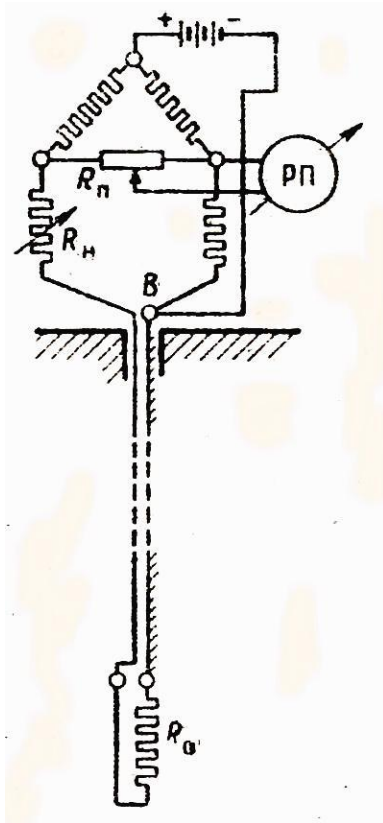
НЕСТАЦИОНАРНОЕ

**В длительно
(> 10 суток)
простаивающих
скважинах**

**В стабильно
работающих
скважинах**

**Во время
пуска, остановки,
перфорации,
цементации и др.
работ в скважине**

Схема термометра



Обычная термометрия
Градиент-термометрия

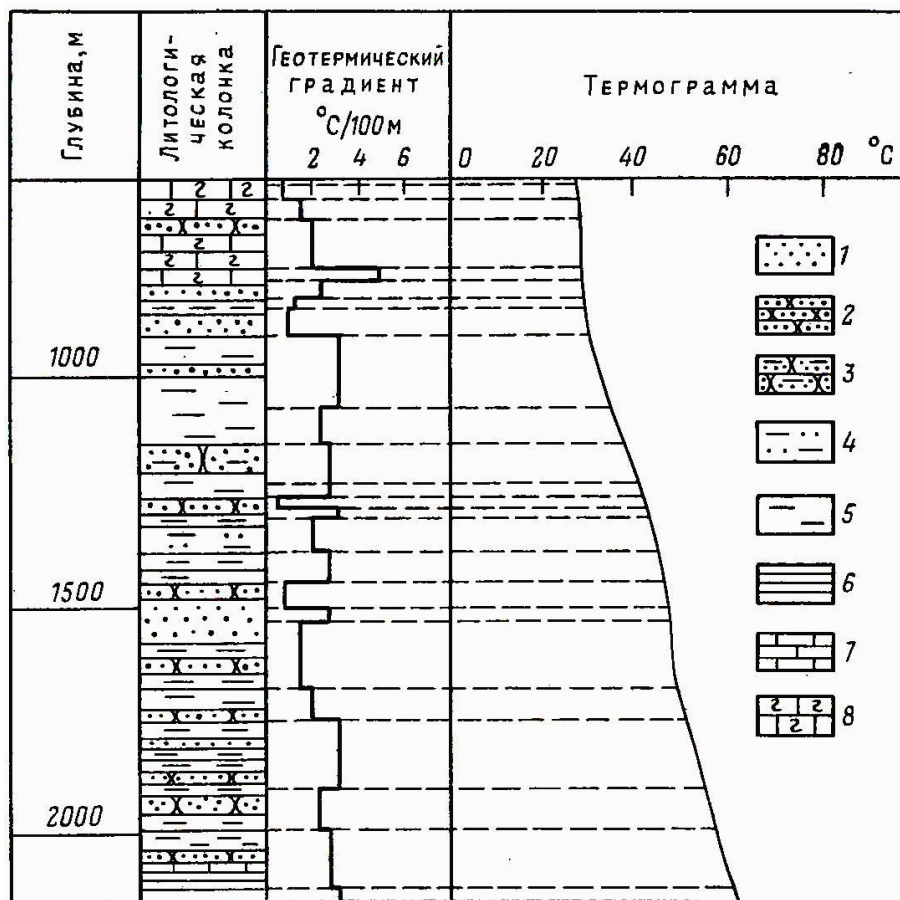
Датчик обладает тепловой инерцией τ

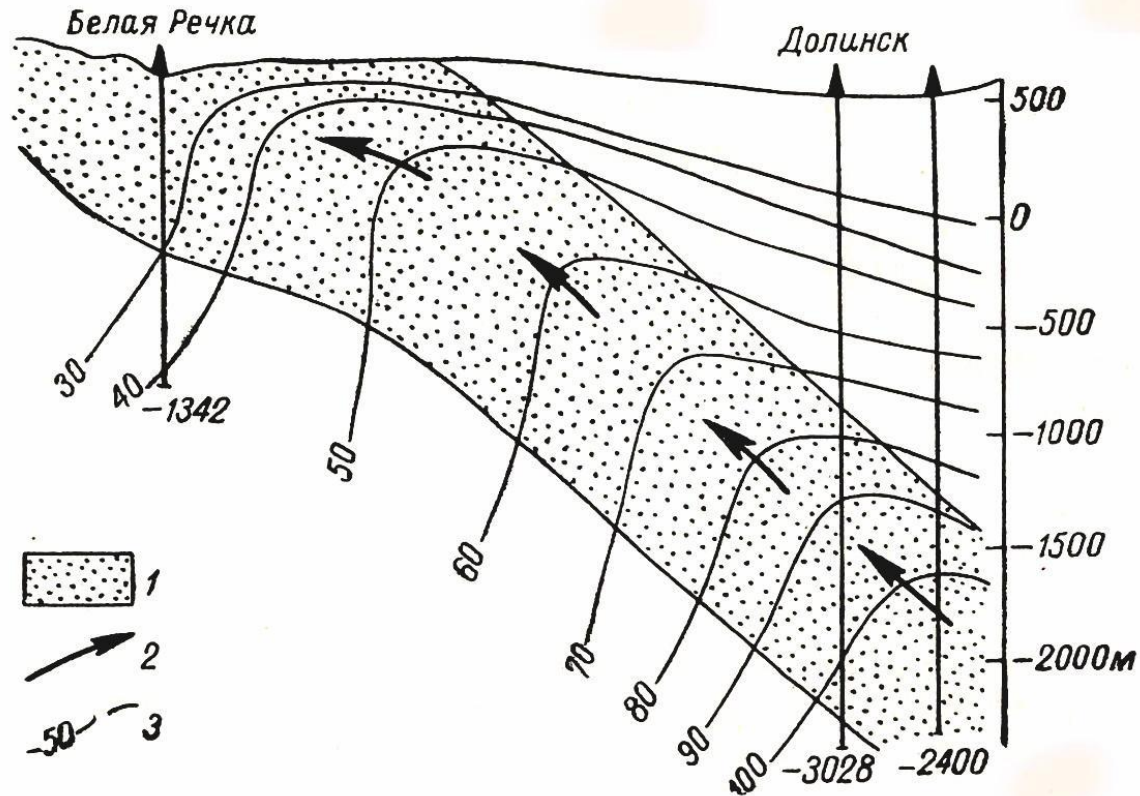
$V = 1000$	800	600	400	<i>м/час</i>
$\tau = 0,5$	$1,0$	$2,0$	$4,0$	<i>сек</i>

**Чувствительный элемент
из меди или платины**

Возрастание температуры с глубиной характеризуется геотермическим градиентом

$$\Gamma = \frac{T_2 - T_1}{h_2 - h_1} \cdot 100.$$





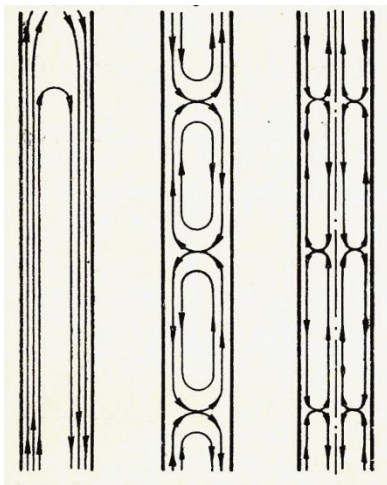
**Геотермический разрез южной части
Нальчинского артезианского бассейна**

Квазистационарные тепловые поля

Обусловлены:

**конвективным теплопереносом;
баротермическим эффектом;
калориметрическим эффектом.**

Конвективный перенос тепла обусловлен потоком жидкости в стволе скважины, в заколонном пространстве вне перфорационных интервалов и в пласте



При нагревании снизу – жидкость, заполняющая скважину перемещается вверх. Скорость и структура потока зависит от разности температур

Баротермический эффект – фильтрация жидкости и газов
в пласте.

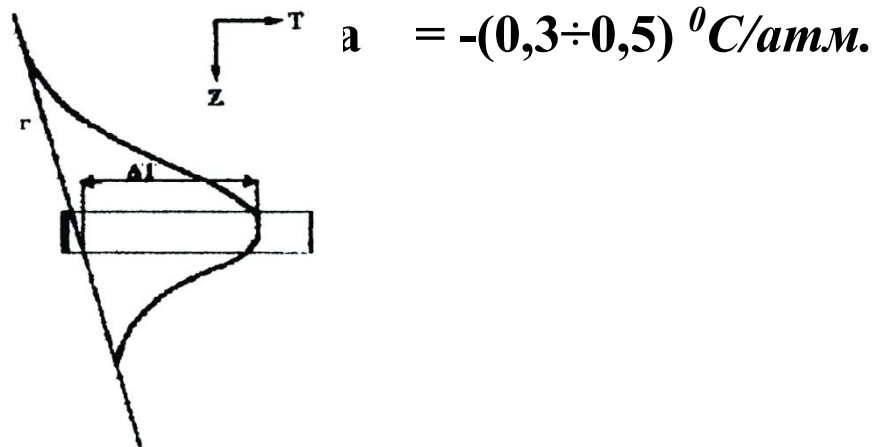
Величина изменения температуры Δt при изменении давления:

$$\Delta t = \varepsilon \Delta P,$$

где ΔP - разность давлений; ε – коэффициент Джоуля-Томпсона.

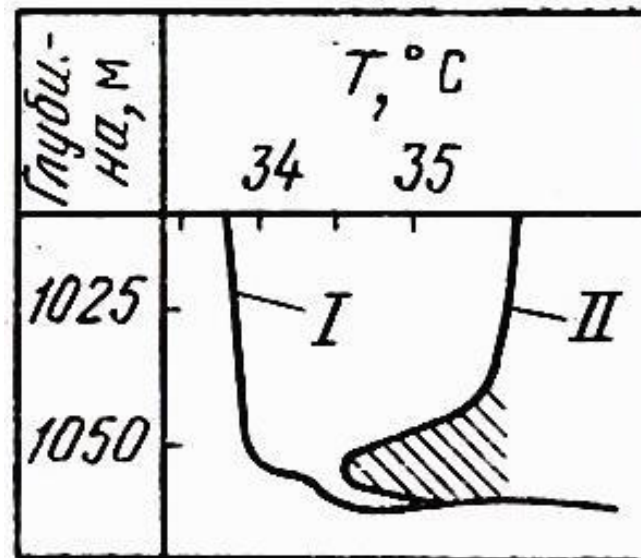
Коэффициент Джоуля-Томпсона для воды = $0,0216 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{атм.}$

для нефти = $0,04 - 0,06 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{атм.}$



Калориметрический эффект наблюдается при смешивании жидкостей с различной температурой в интервалах перфорации и в зоне нарушения обсадных колонн.

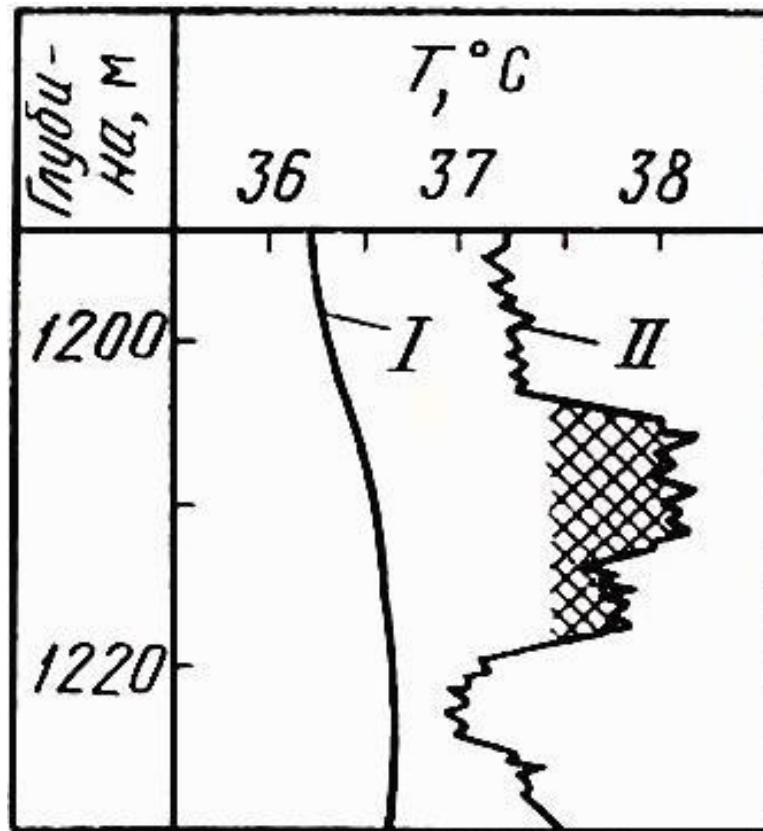
Определение местоположения продуктивного пласта



I – во время фонтанирования

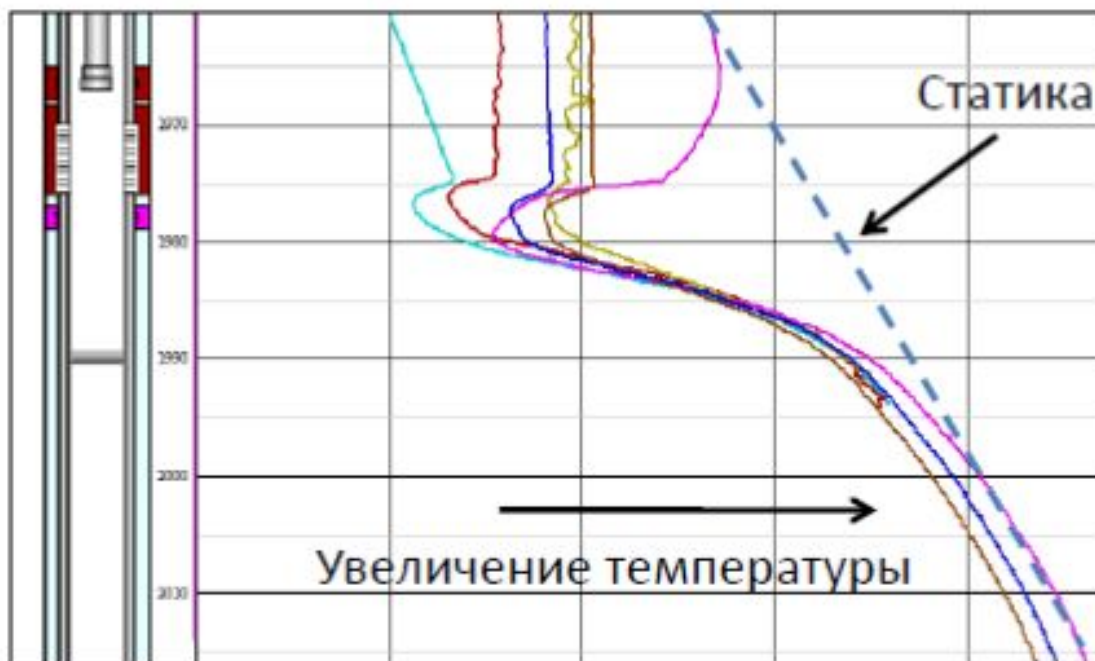
II – после остановки фонтанирования

Определение глубины закаченного под давлением цемента

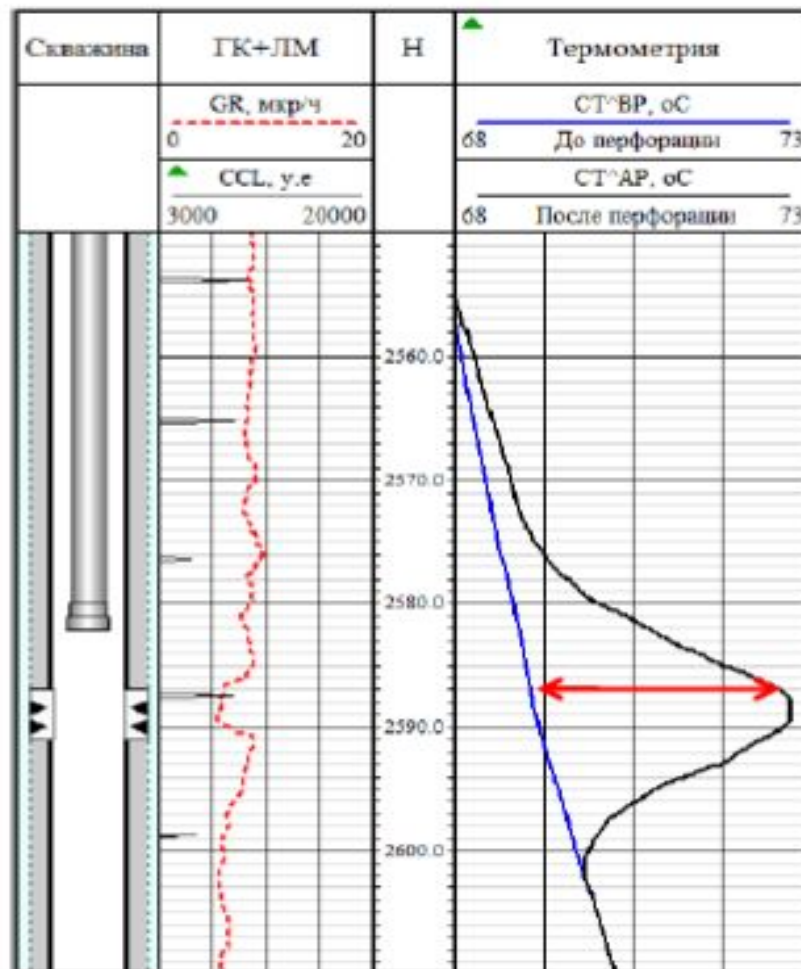


I – после закачки цемента

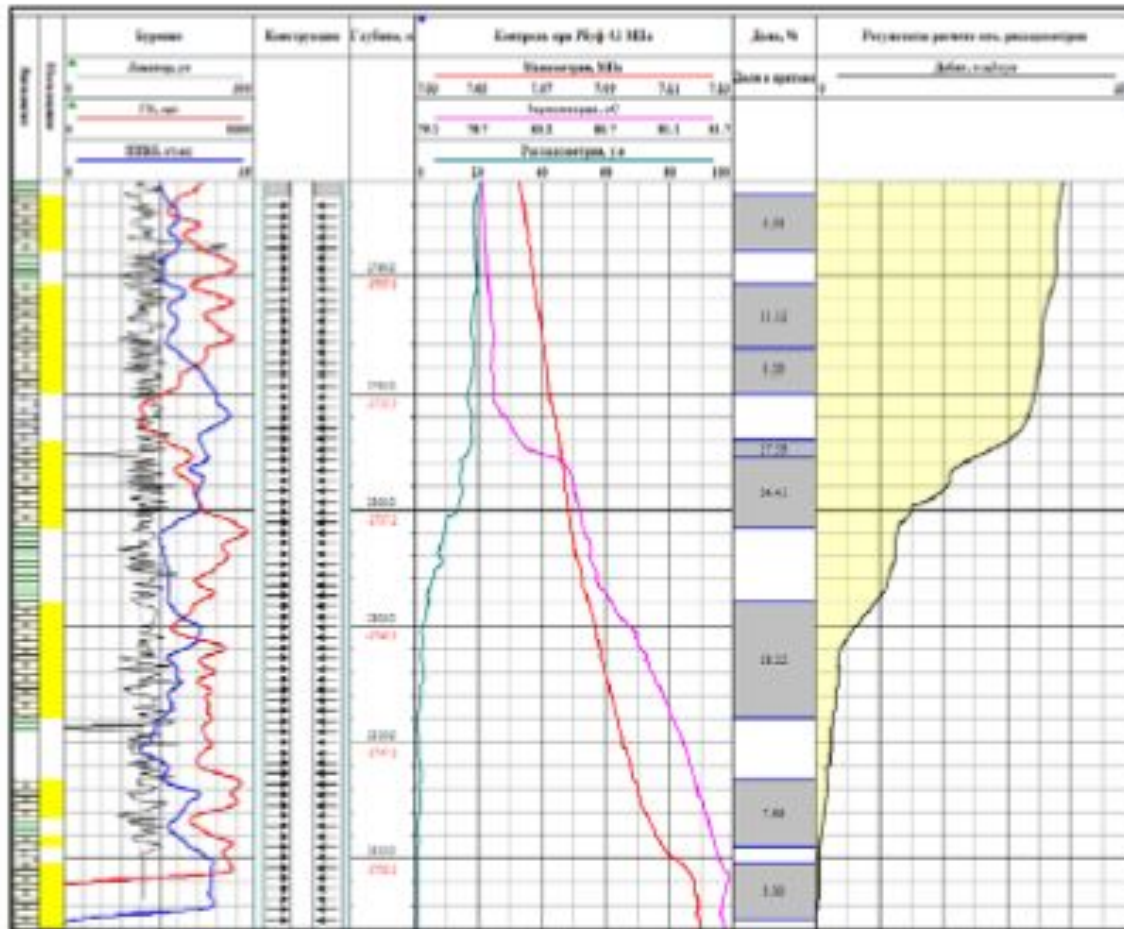
II – через 60 часов после закачки



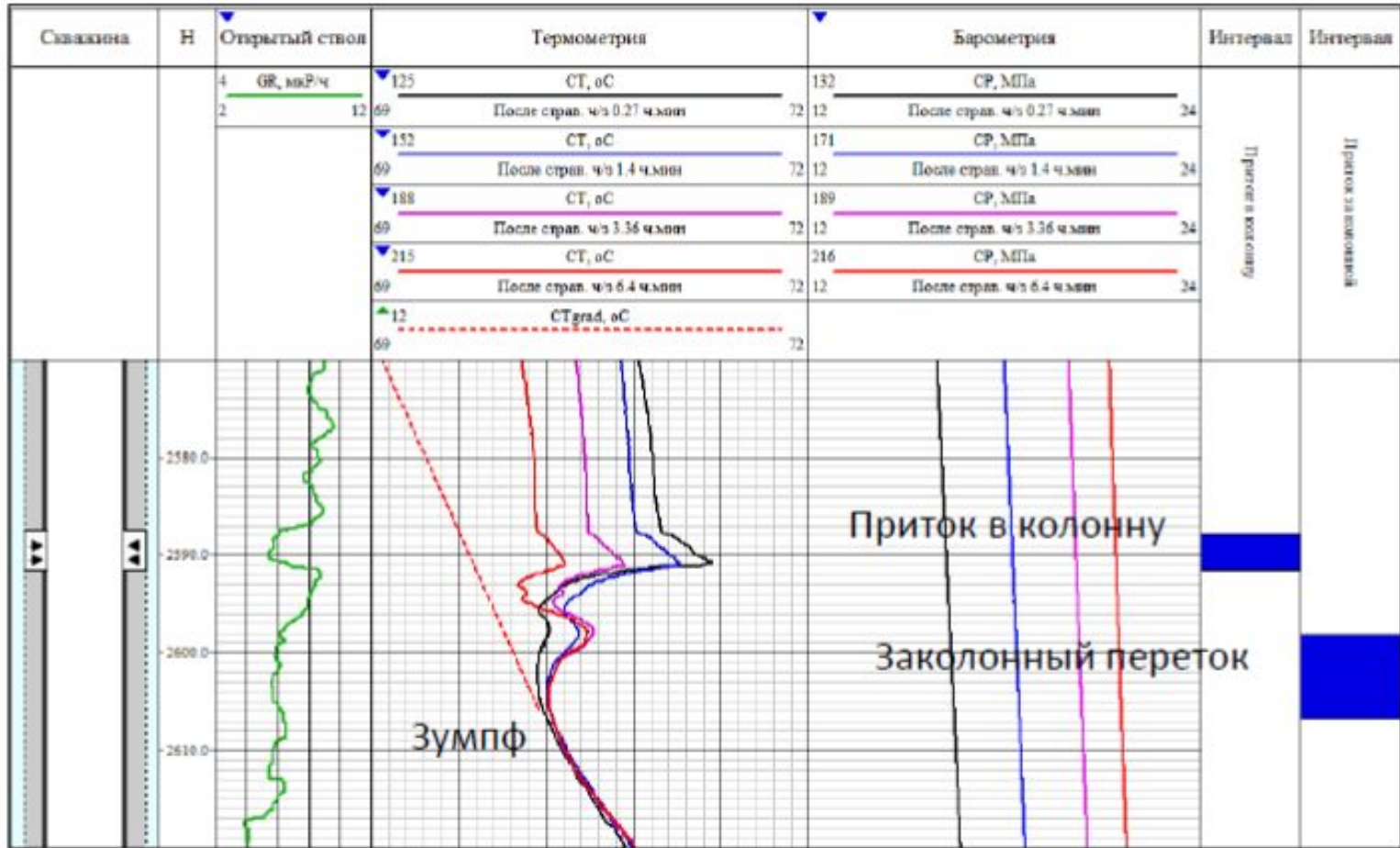
Температурная аномалия образованная горением зарядов перфоратора



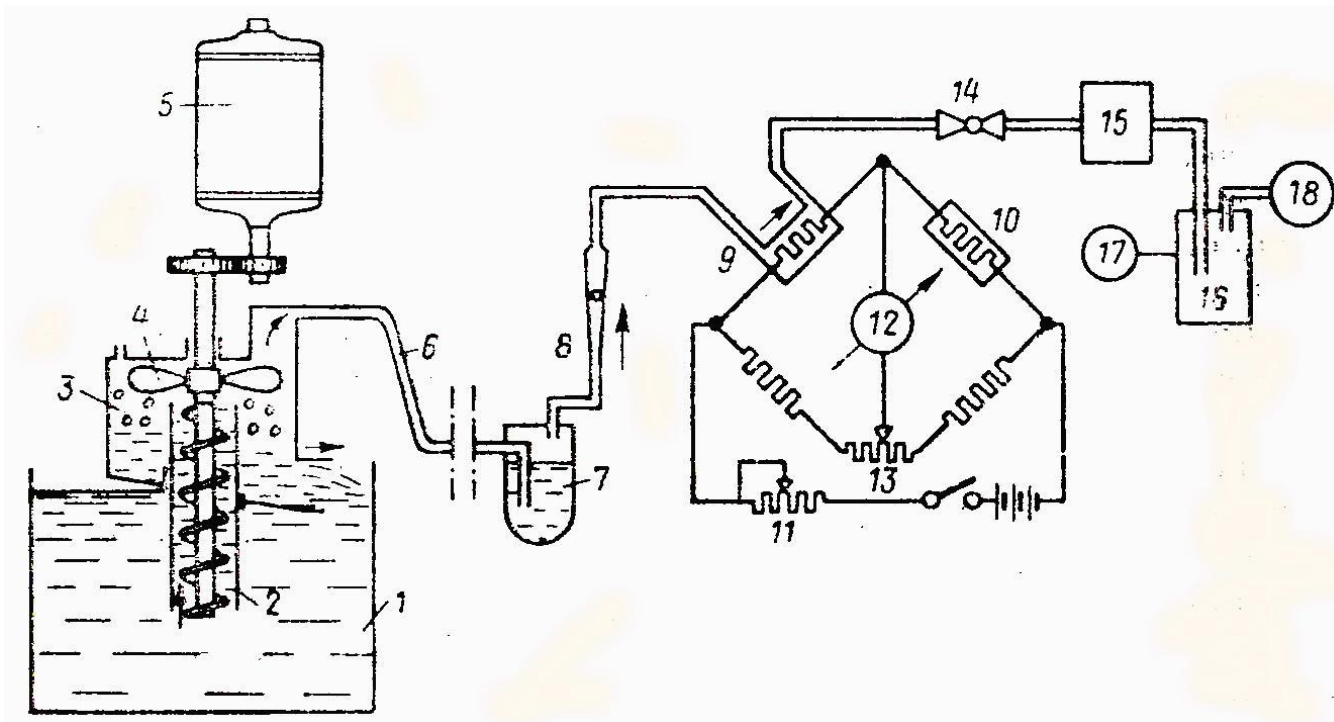
За счет дроссельного эффекта Джоуля-Томсона и калориметрического смешивания поступление газа в скважину отмечается отрицательной аномалией



Заколонный переток и приток в скважину



ГАЗОВЫЙ КАРОТАЖ



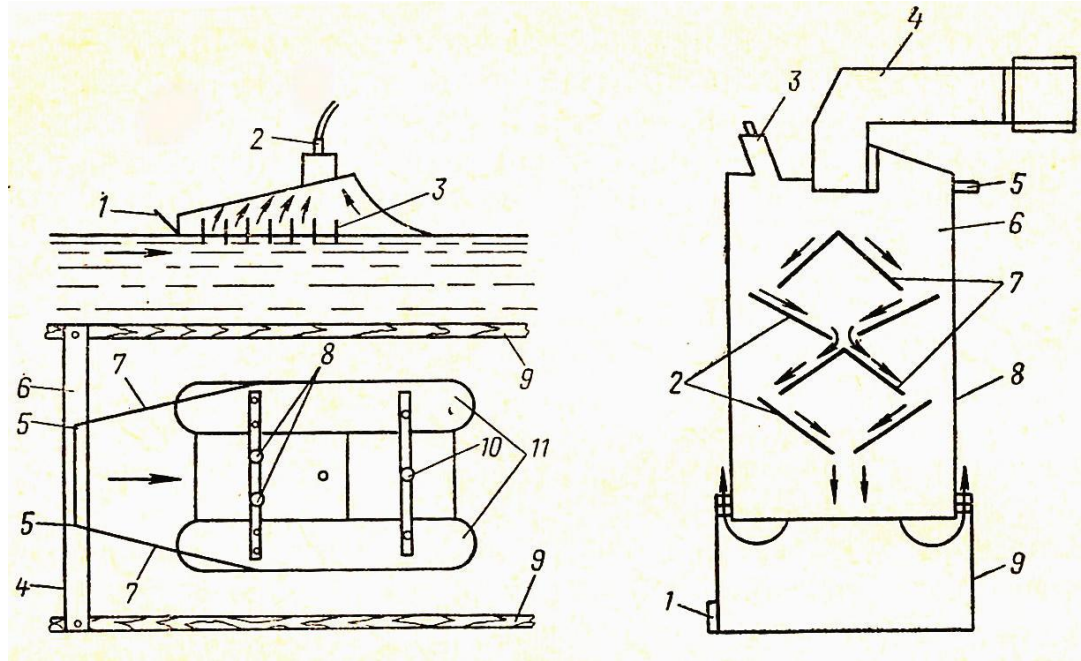
Газоанализаторы

термохимический

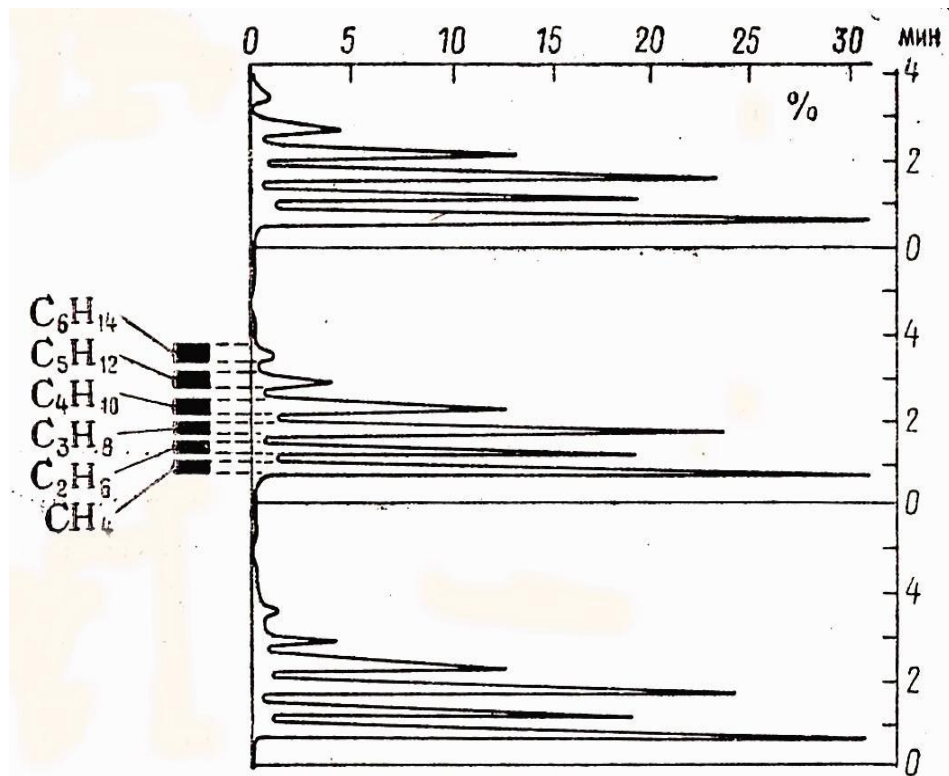
пламенно-ионизационный

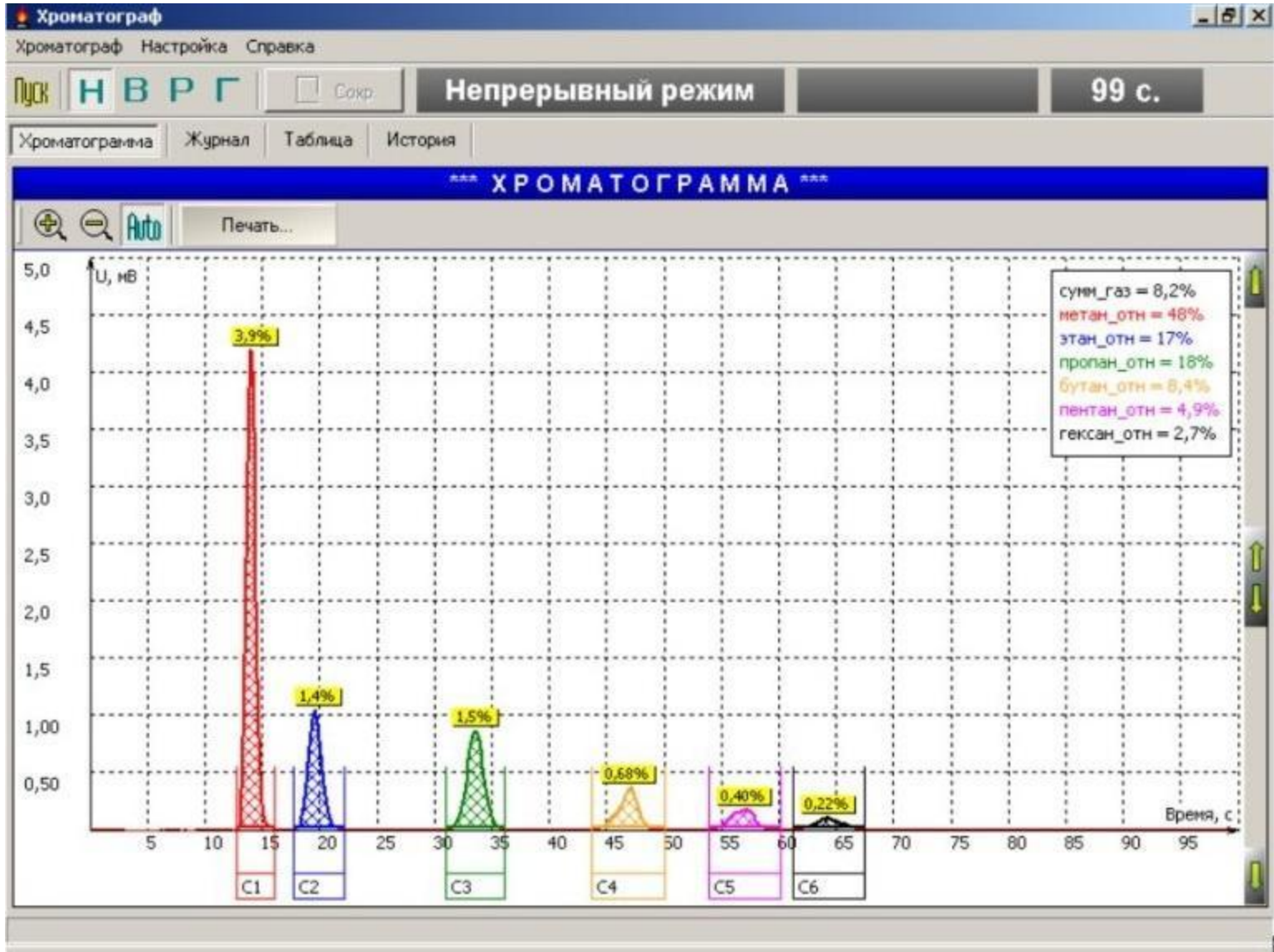
термокондуктометрический (катарометр)

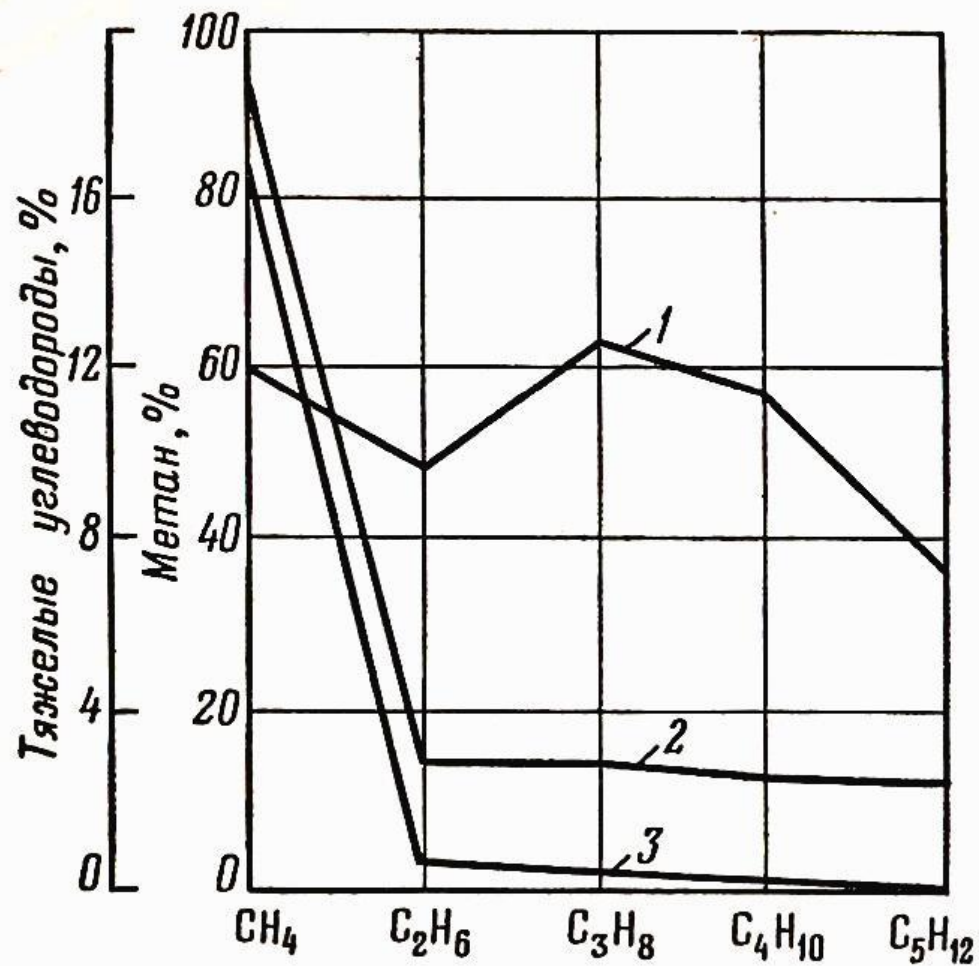
**Дегазаторы - понижение давления, подогрев,
дробление потока, механическое
воздействие**



ХРОМАТОГРАФИЯ







Пласты

- 1 – нефтесодержащий
- 2 – нефтегазосодержащий
- 3 – газосодержащий