



# 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.**

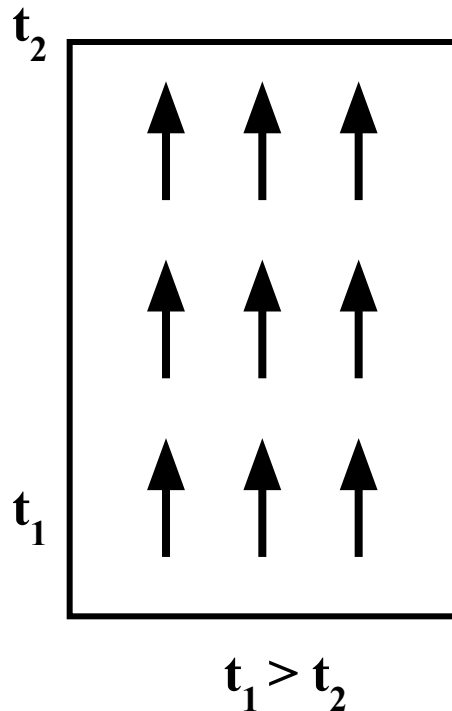
**Внутренние источники тепла** определяют температуру ниже  
нейтрального слоя

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

## Перемещение тепла

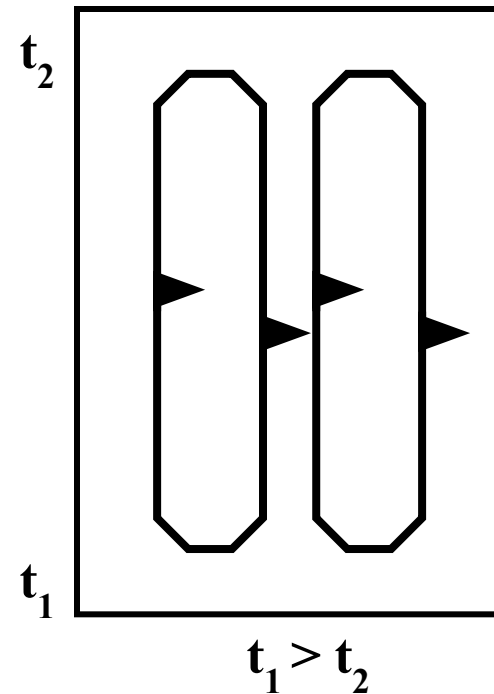
### Кондуктивный перенос тепла

Тепло перемещается через вещество от более нагретой части к более холодной



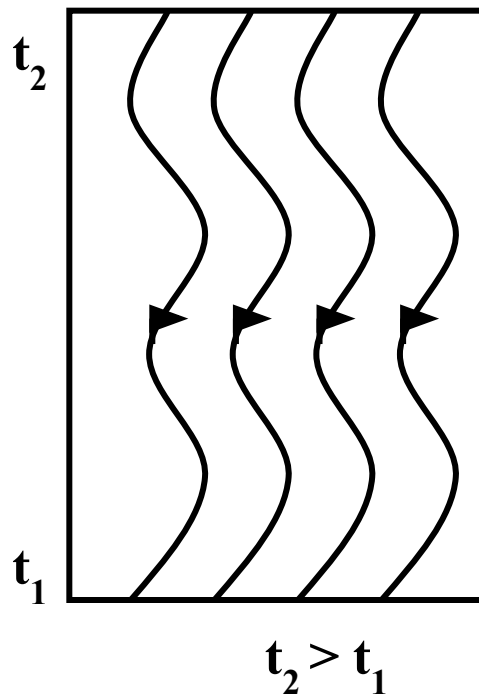
### Конвективный перенос тепла

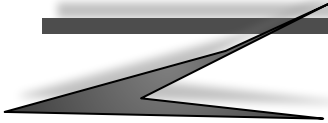
Тепло переносится движением горячего вещества. Нагретый материал с пониженной плотностью поднимается вверх, где он охлаждается, его плотность увеличивается и он погружается вниз.



**Электромагнитный перенос тепла**  
(“лучистая энергия”)

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



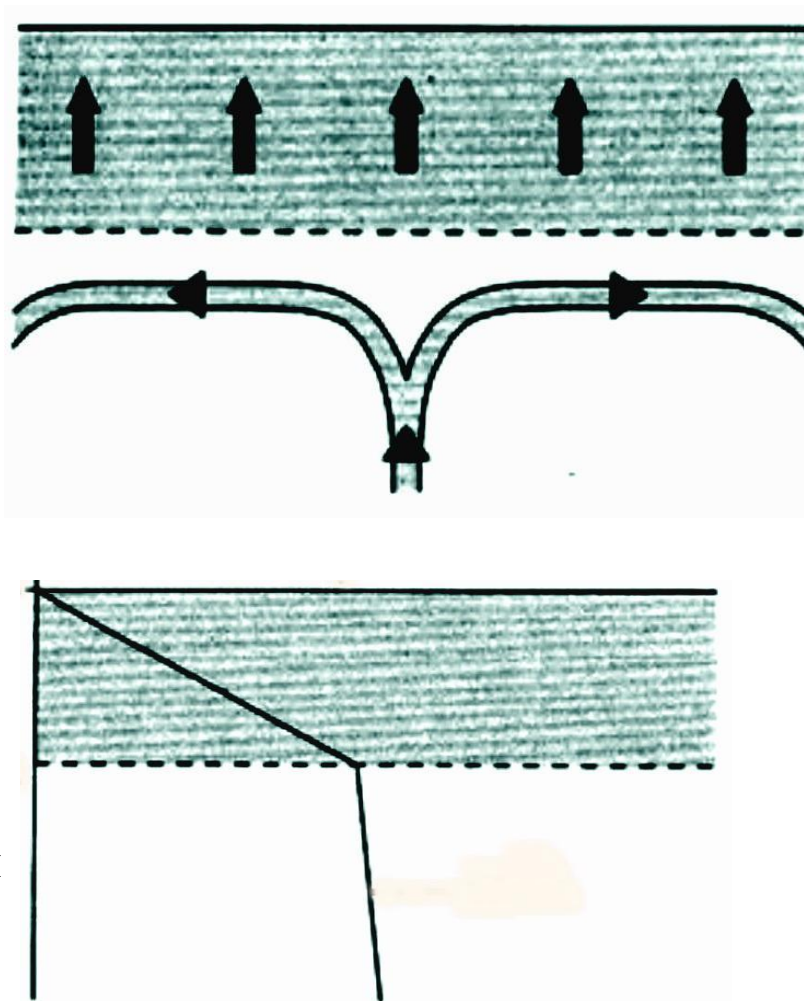


В литосфере тепло перемещается  
путем *кондукции*

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  $\lambda$   
и удельное тепловое сопротивление  $\xi$

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

где  $dQ$  – количество тепла [Дж];  $ds, dl$  – сечение и длина элемента среды;  $dt$  – перепад температур;  $d\tau$  – время;  
 $\lambda$  – удельная теплопроводность [Вт/м<sup>0</sup>С].

$\lambda$  – 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  $\sigma$ , при сообщении телу тепла  $dQ$ .

$C$  – количество теплоты, поглощаемое единицей массы при нагревании на  $1^{\circ}\text{C}$ .

$C$  – 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 $\lambda$ , Вт/(м К)	Удельная теплоемкость, с, Дж/(кг К)	Коэффициент температуропроводности, $a$ , $10^{-7}$ м <sup>2</sup> /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**

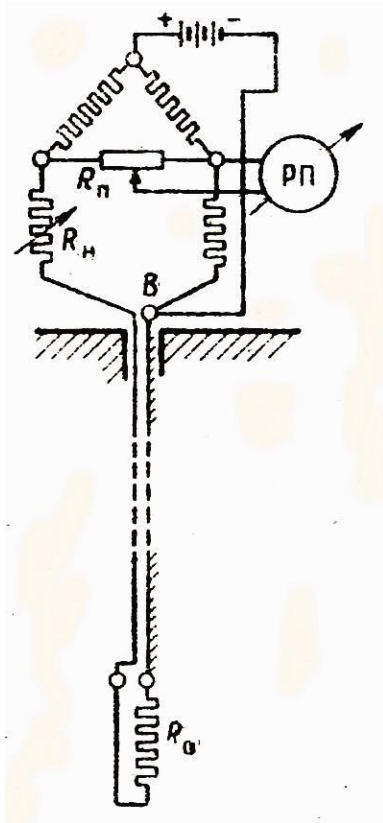
**НЕСТАЦИОНАРНОЕ**

**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*

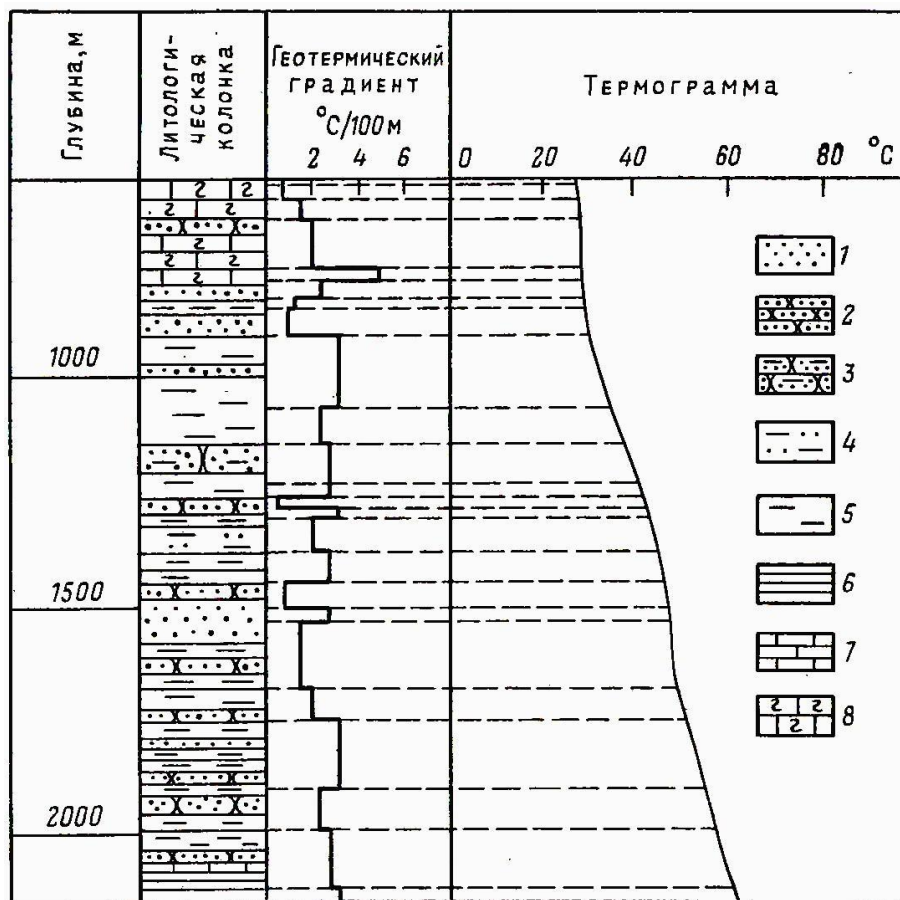
Датчик обладает тепловой инерцией  $\tau$

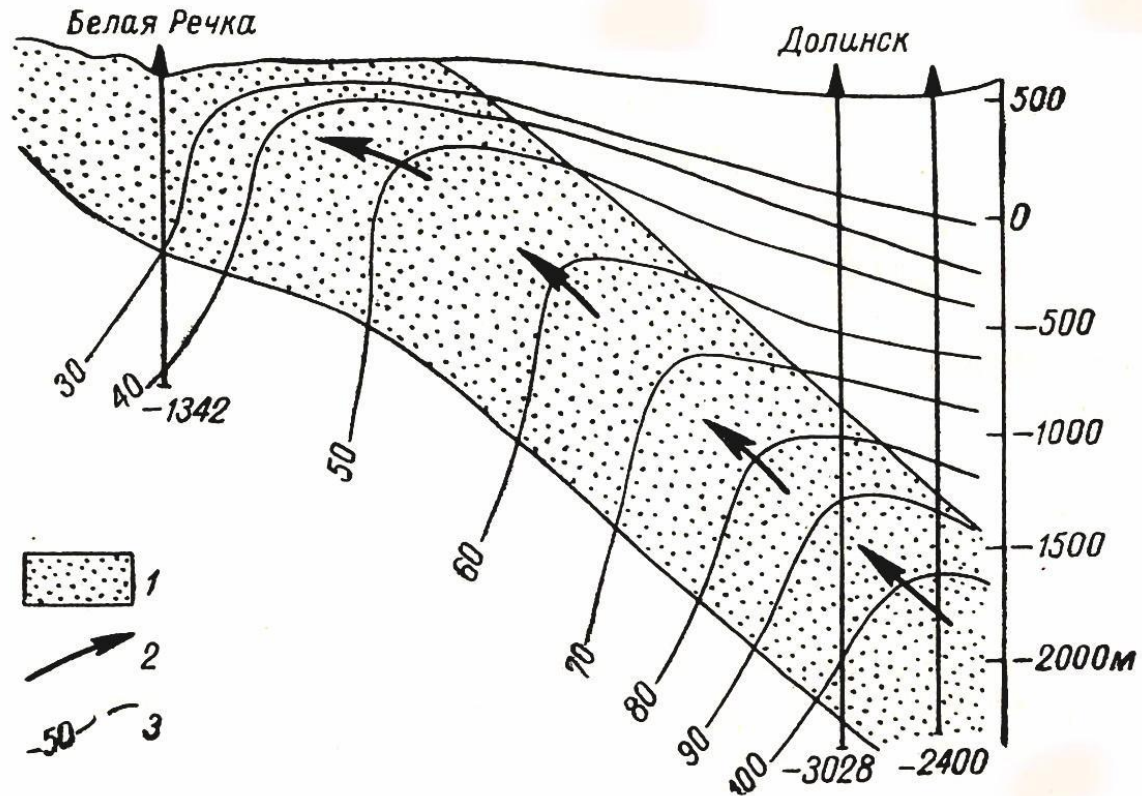
$V = 1000$	$800$	$600$	$400$	<i>м/час</i>
$\tau = 0,5$	$1,0$	$2,0$	$4,0$	<i>сек</i>

**Чувствительный элемент  
из меди или платины**

Возрастание температуры с глубиной характеризуется геотермическим градиентом

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





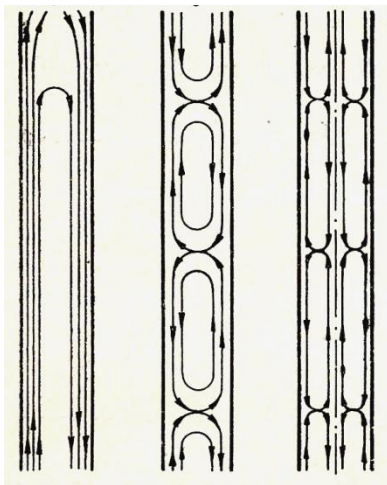
**Геотермический разрез южной части  
Нальчинского артезианского бассейна**

## 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.**

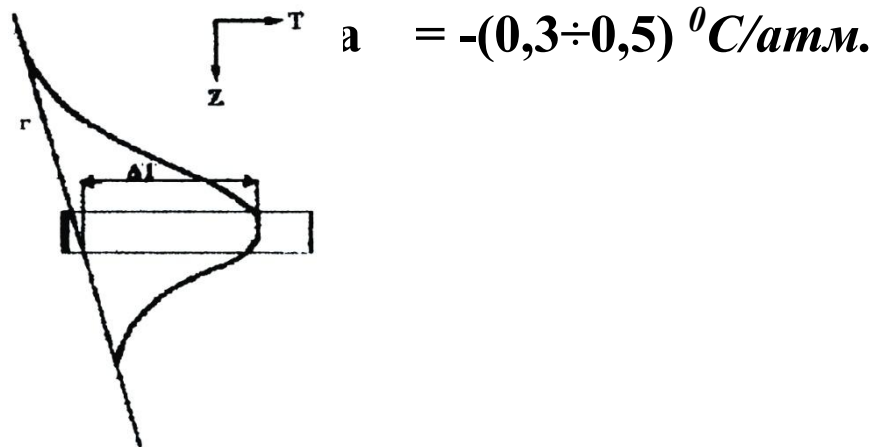
**Величина изменения температуры  $\Delta t$  при изменении давления:**

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

где  $\Delta P$  - разность давлений;  $\varepsilon$  – коэффициент Джоуля-Томпсона.

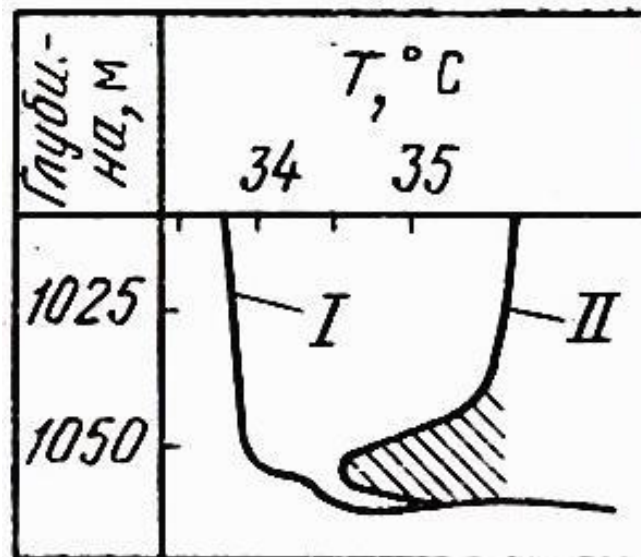
**Коэффициент Джоуля-Томпсона для воды =  $0,0216 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{атм.}$**

**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

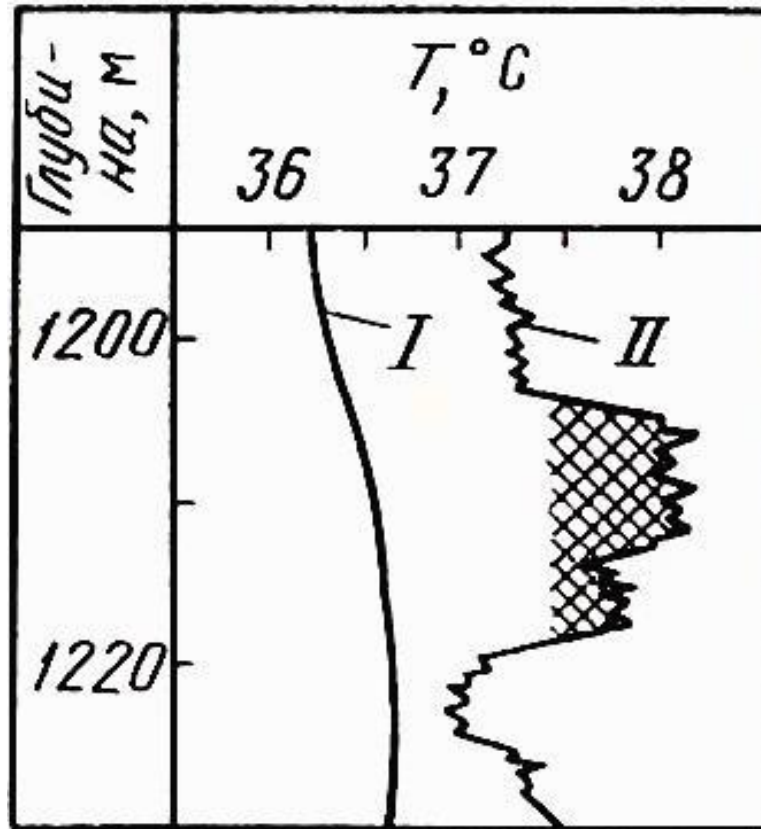


*I – во время фонтанирования*

*II – после остановки фонтанирования*

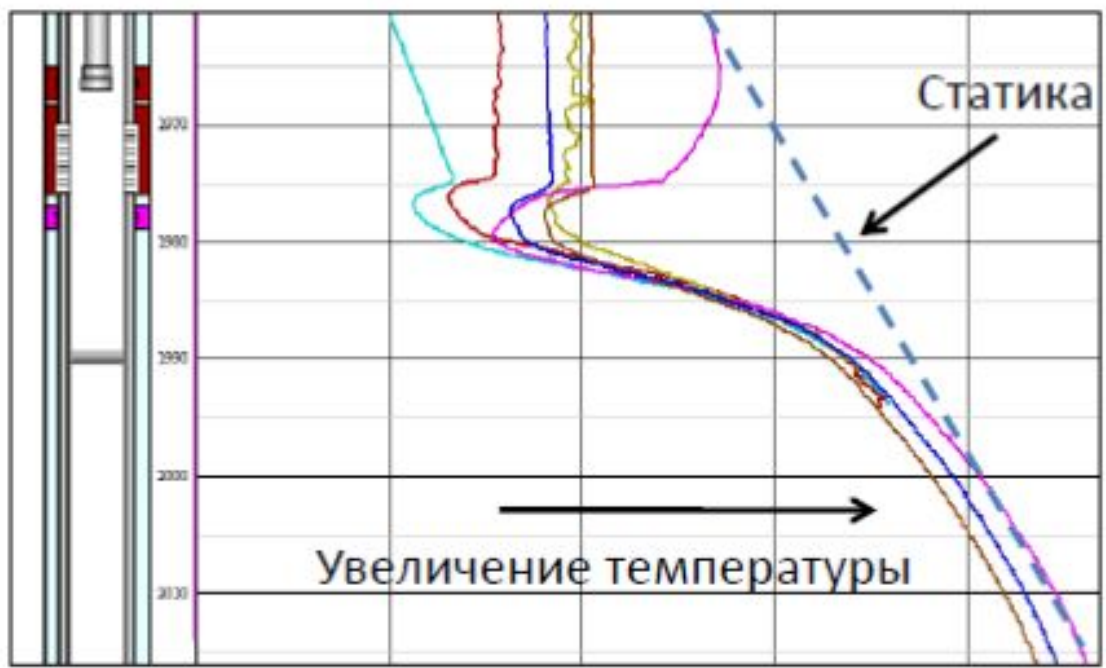


## Определение глубины закаченного под давлением цемента

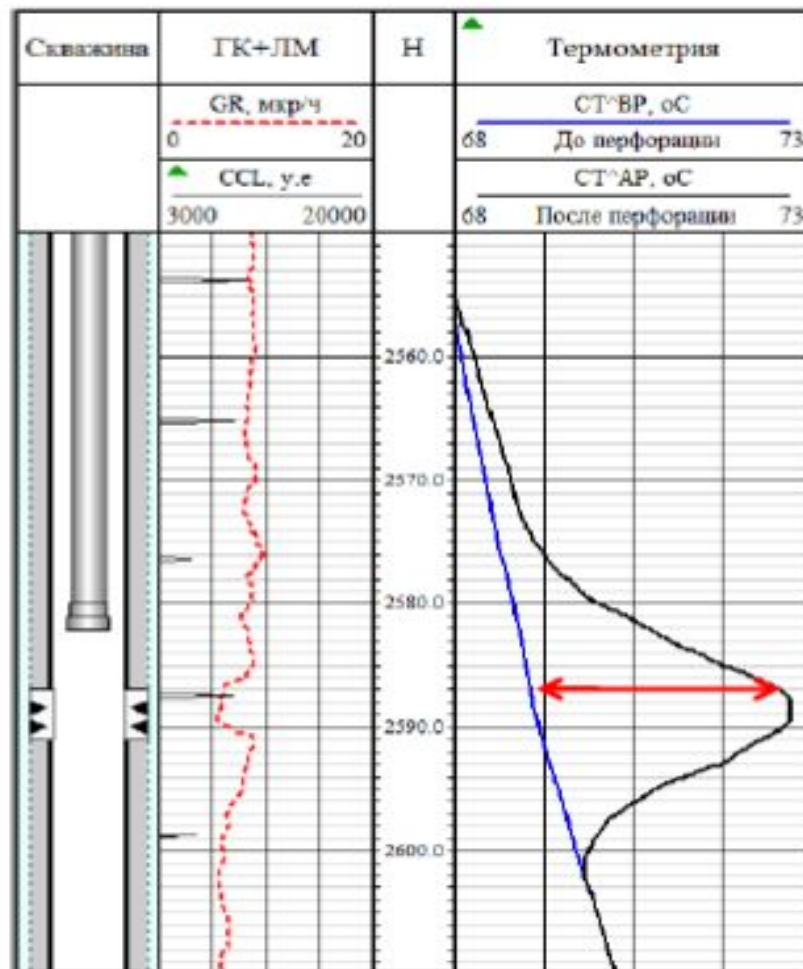


*I* – после закачки цемента

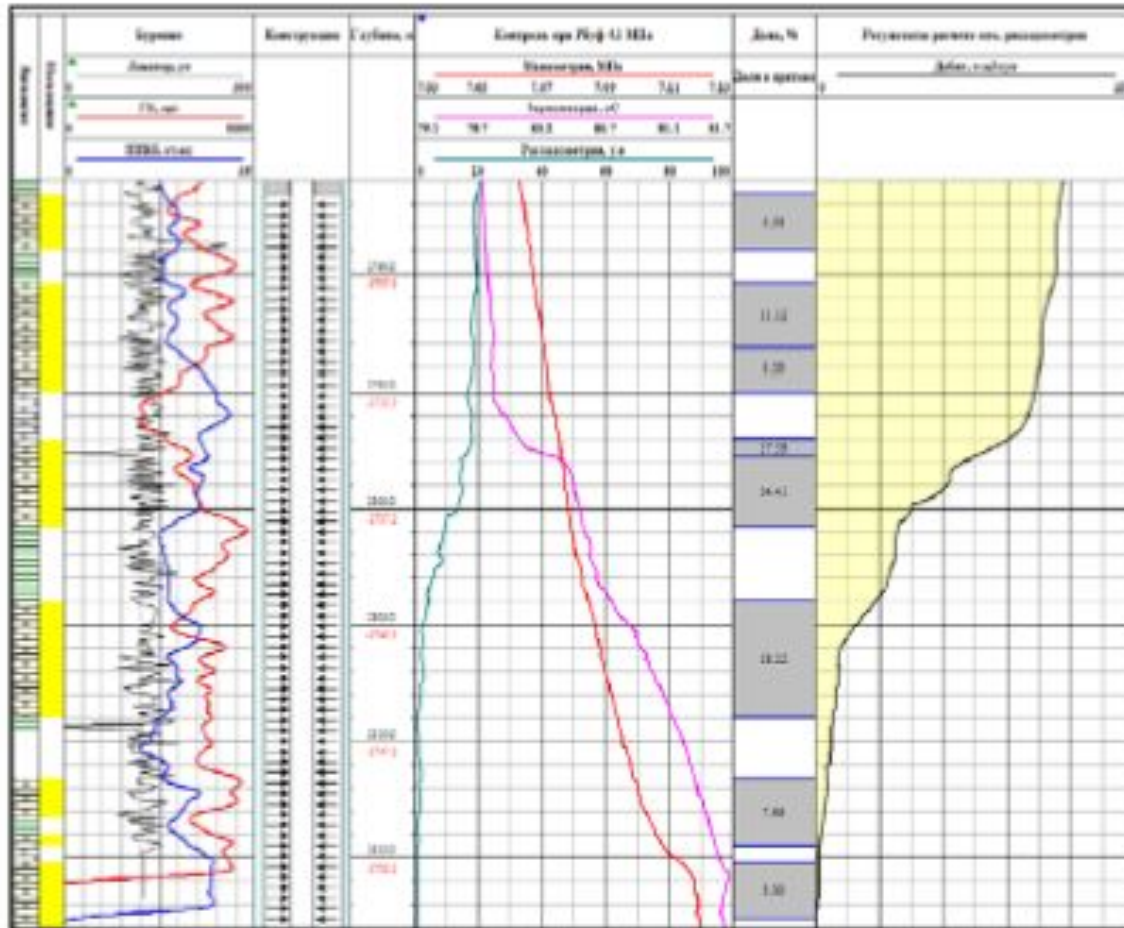
*II* – через 60 часов после закачки



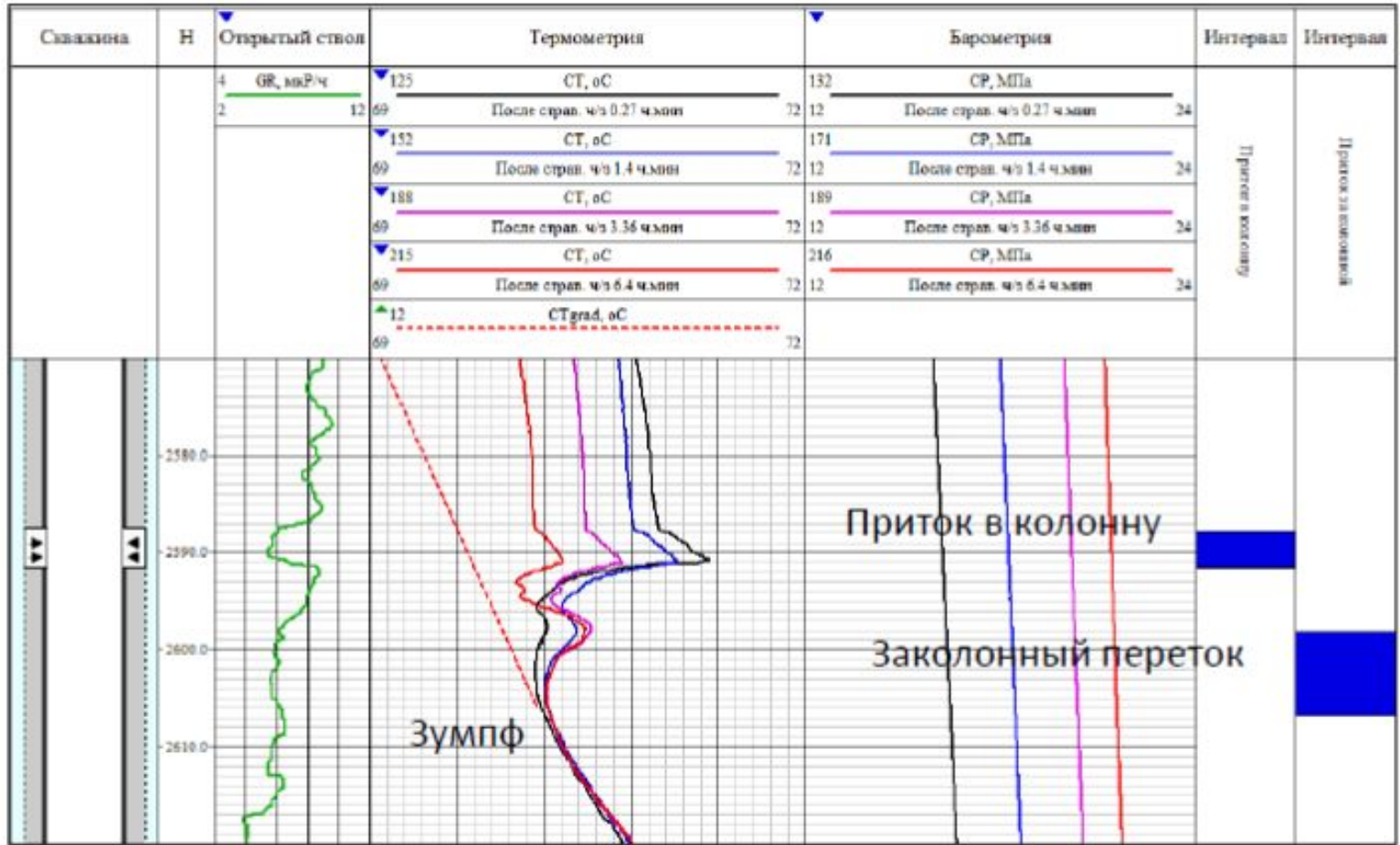
## Температурная аномалия образованная горением зарядов перфоратора



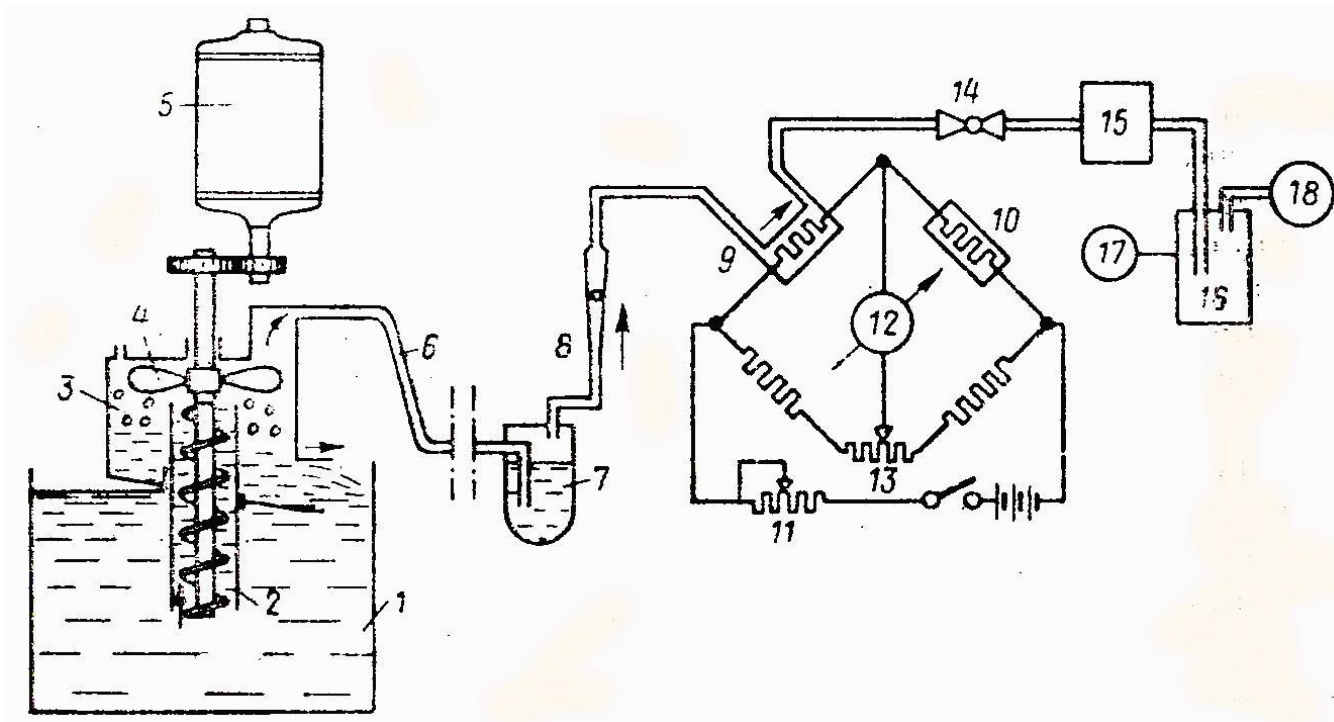
**За счет дроссельного эффекта Джоуля-Томсона и калориметрического смешивания поступление газа в скважину отмечается отрицательной аномалией**



# Заколонный переток и приток в скважину



# ГАЗОВЫЙ КАРОТАЖ



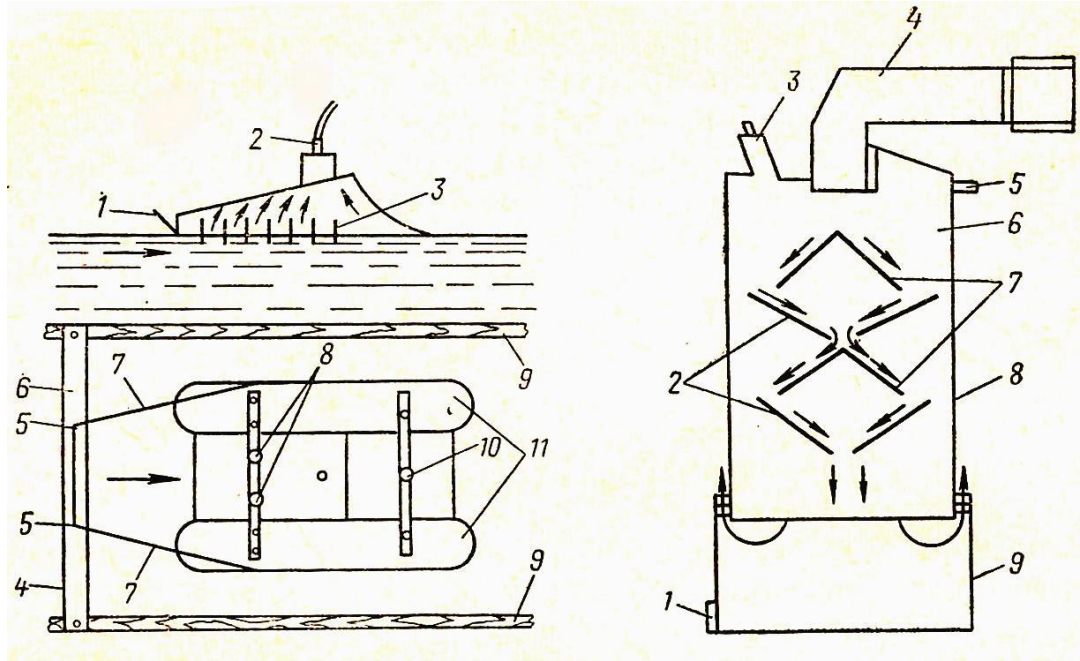
Газоанализаторы

термохимический

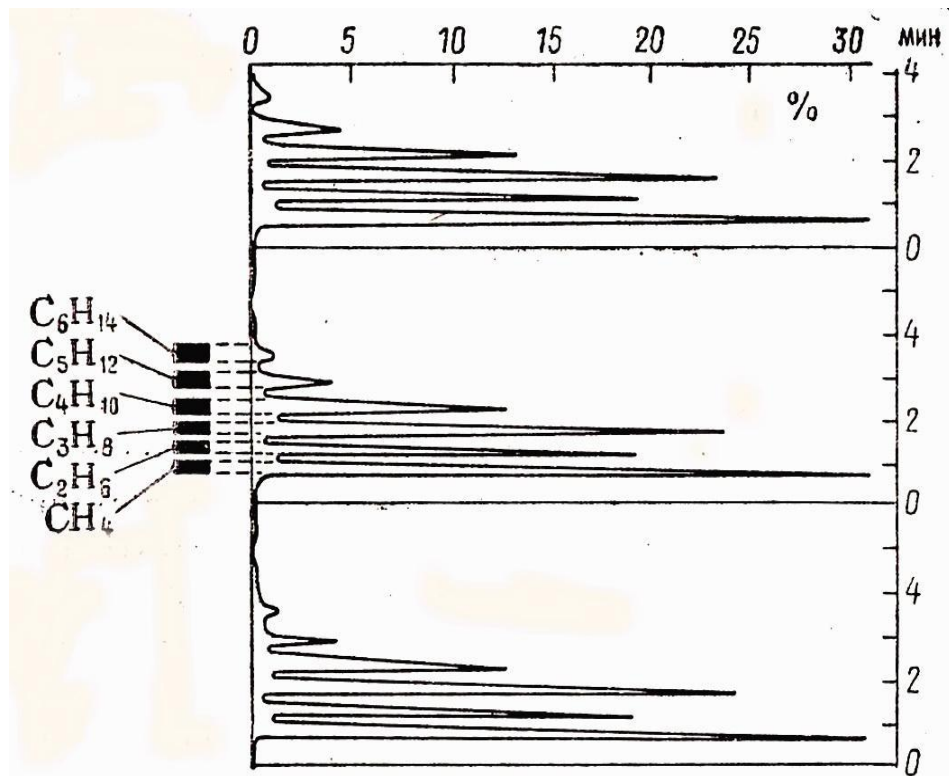
пламенно-ионизационный

термокондуктометрический (катарометр)

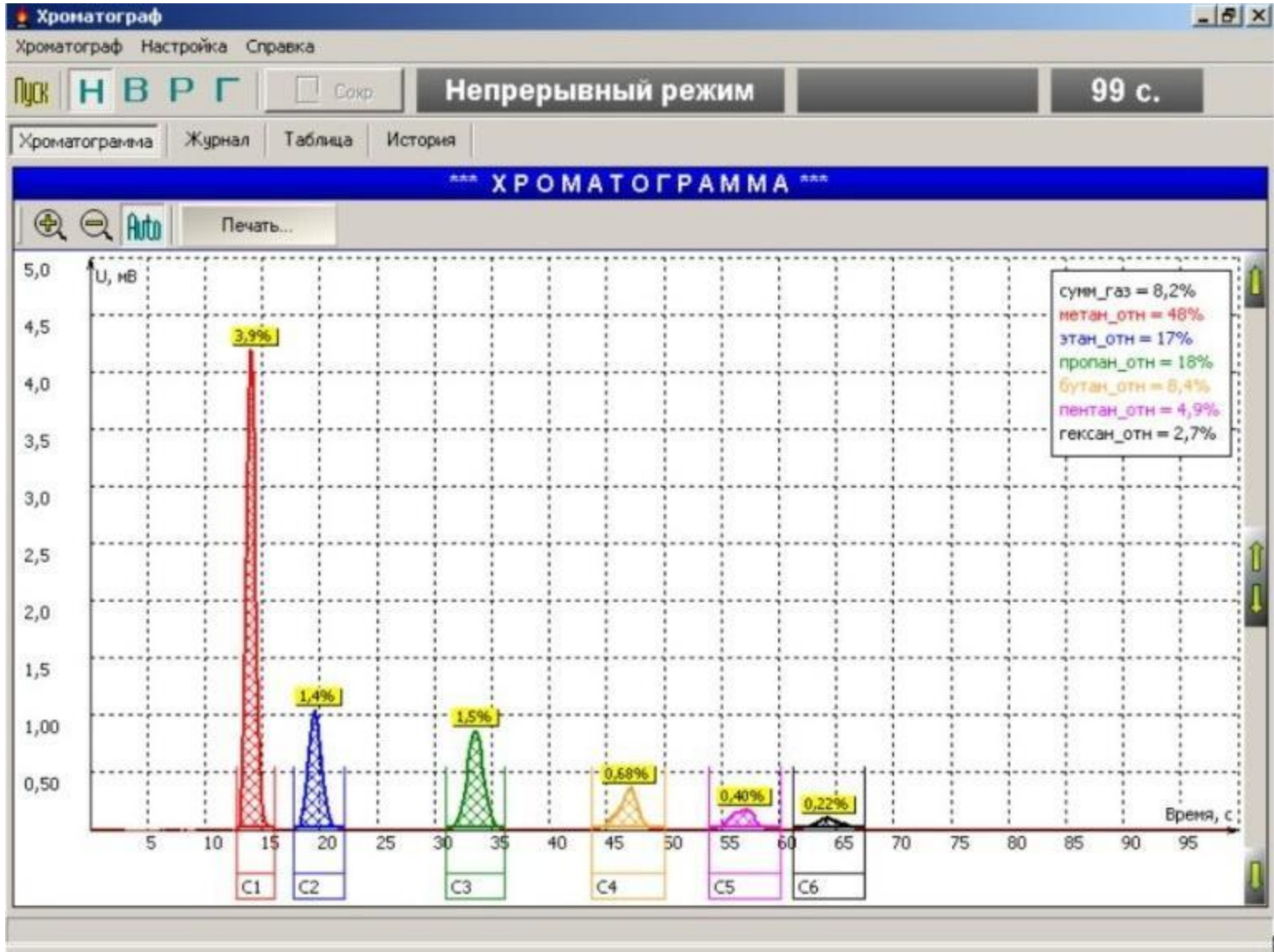
**Дегазаторы - понижение давления, подогрев,  
дробление потока, механическое  
воздействие**

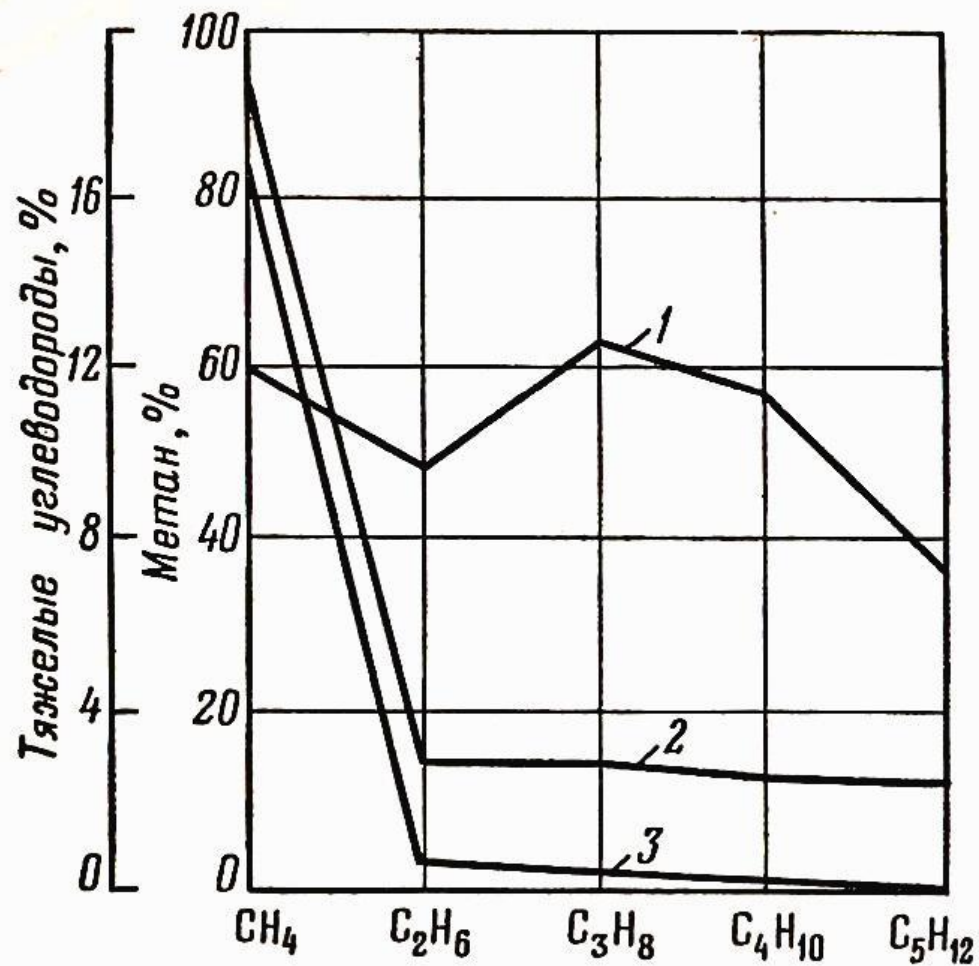


# ХРОМАТОГРАФИЯ









## Пласты

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