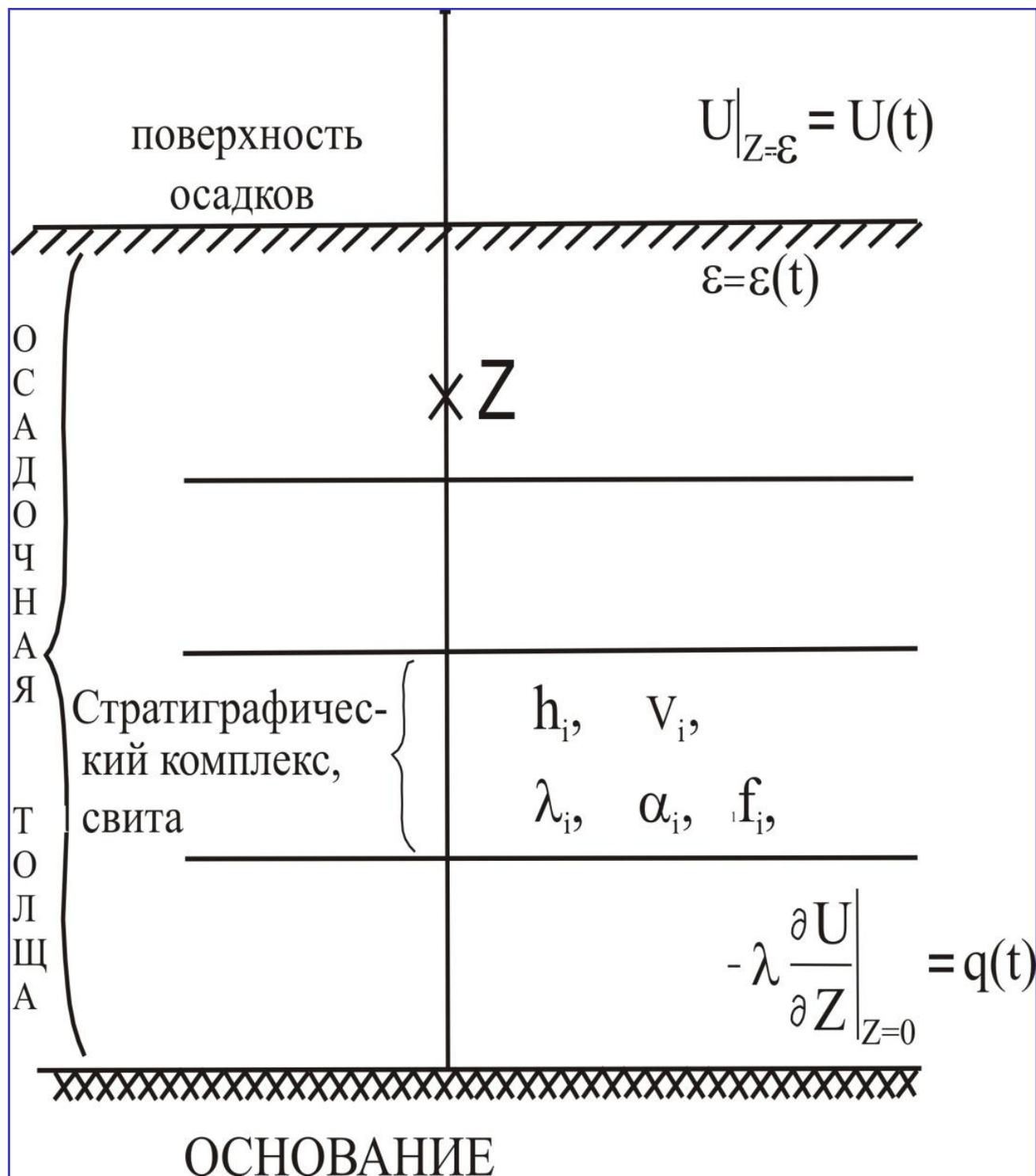


# **ГЕОТЕРМИЯ**

- 1. Основные положения теории нефтегенеза.**
- 2. Характеристика материнских отложений.**
- 3. Зоны катагенеза интенсивной генерации УВ.**
- 4. Прямая и обратная задача геотермии скважины.**
- 5. Теплофизические свойства отложений.**

# Параметры определяющие температуру отложений

Осадочная толща описывается: мощностями стратиграфических комплексов  $h_i$ , для каждого из которых заданы теплопроводность  $\lambda_i$ , температуропроводность  $a_i$ , плотность радиоактивных источников  $f_i$ , скорость осадконакопления  $v_i$ .  
 Скорость осадконакопления может быть отрицательной.



# Тепловые поля в скважине



Температурные измерения могут проводиться в *установившемся* или *неустановившемся* тепловом режиме скважины. При **установившемся режиме** температура бурового раствора не отличается от температуры стенок скважины, т. е. теплообмен между ними уже закончен.

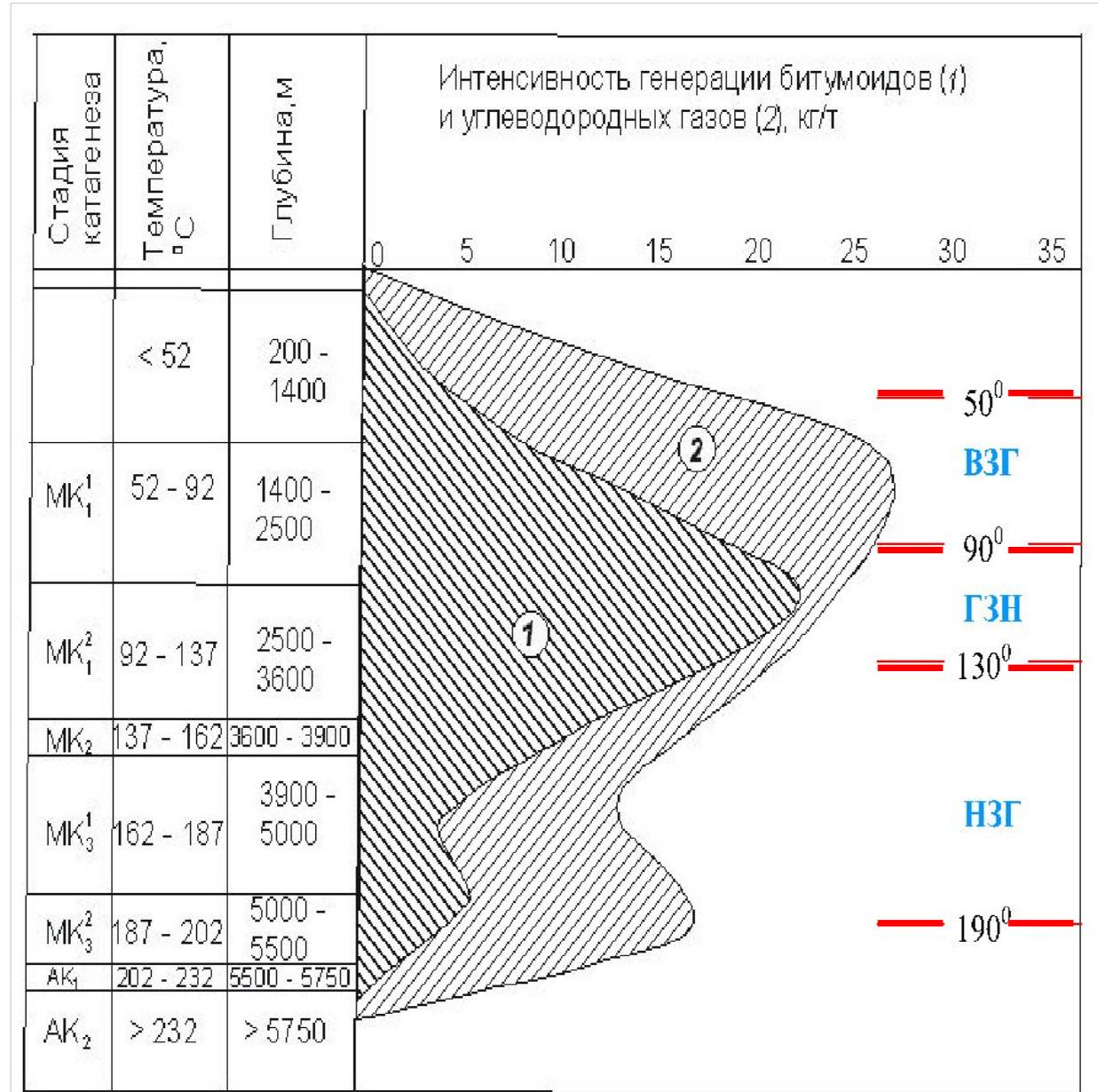
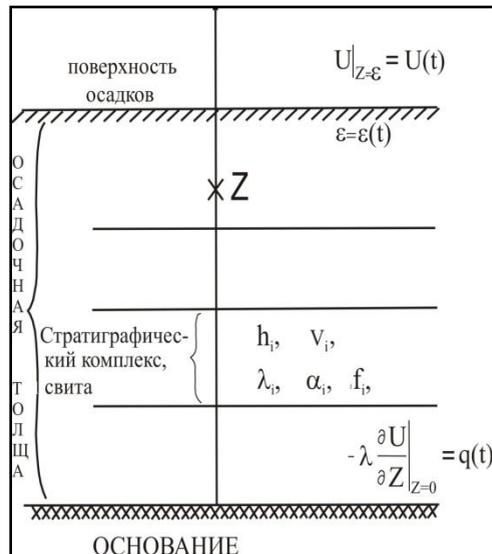
# Зоны катагенеза интенсивной генерации УВ

Температурные интервалы реализации материнского УВ-потенциала:

**ВГЗ**- верхняя зона газообразования;

**ГЗН**- главная зона нефтеобразования;

**НГЗ**- нижняя (глубинная) зона газообразования.



Шкала катагенеза и зональности процессов нефтегазообразования ( по А.Э.Конторовичу и др.,1997) 4

# Модель распространения тепла в разрезе осадочной толщи

*Процесс распространения тепла* в слоистой осадочной толще описывается уравнением

$$\frac{\lambda}{a} \cdot \frac{\partial U}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial Z} \left( \lambda \frac{\partial U}{\partial Z} \right) = f \quad (1)$$

где  $\lambda$  – теплопроводность;  $a$  – температуропроводность;  $f$  – плотность внутренних (рад-х) источников тепла;  $U$  – температура;  $Z$  – расстояние от основания;  $t$  – время.

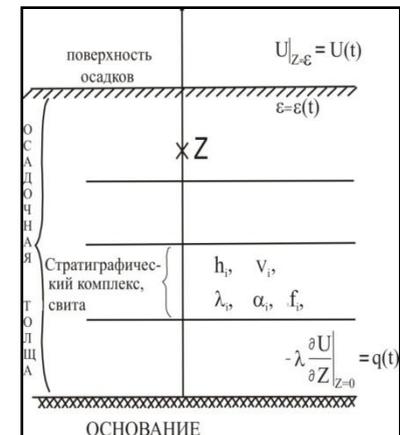
С крайевыми условиями

$$U \Big|_{Z=\varepsilon} = U(t) \quad (2)$$

$$-\lambda \frac{\partial U}{\partial Z} \Big|_{Z=0} = q(t) \quad (3)$$

где  $\varepsilon = \varepsilon(t)$  – верхняя граница осадочной толщи;

$q$  – тепловой поток из основания.



# Решение обратной задачи геотермии

- В случае стационарности глубинного теплового потока  $q$ , *решение обратной задачи*, т. е. определение  $q$ , выполняется из условия

$$\sum_{i=1}^{k_i} \left( U(Z_i, t, q) - T_i \right)^2 \xrightarrow{q} \min \quad (6)$$

- **Краевое условие** 
$$U \Big|_{Z=\varepsilon} = U(t) \quad (2)$$

определяет температуру «нейтрального» слоя и может задаваться в виде кусочно-линейной функции  $U(t)$  векового хода температур поверхности земли.

- **Краевое условие** 
$$\boxed{-\lambda \frac{\partial U}{\partial Z} \Big|_{Z=0} = q(t)} \quad (3)$$

может задаваться в виде кусочно-линейной функции  $q(t)$  изменения значения глубинного теплового потока.

$T_i$  – измеренное распределение температур.

## Решение прямой задачи геотермии

Схема расчета палеотемператур состоит из двух этапов.

На первом этапе, по распределению температур  $T_i$  в скважине рассчитывается тепловой поток  $q$  через поверхность подстилающего основания, т. е. решается обратная задача геотермии.

На втором этапе, с известным значением  $q$  *решается прямая задача геотермии* – непосредственно рассчитываются температуры  $U$  в заданных точках осадочной толщи  $Z$  в заданные моменты геологического времени  $t$ .

## Теплофизические свойства отложений. Коэфф. $\lambda$

Коэффициент *теплопроводности*  $\lambda$  характеризует свойство среды передавать кинетическую (тепловую) энергию ее молекул.

$\lambda$  численно равен количеству калорий тепла, проходящих в *1 час* через сечение *1 м<sup>2</sup>* в направлении, перпендикулярном сечению, при градиенте температур в *1 °С/м*

$$\lambda = \frac{Q \cdot l}{S \cdot (t_1 - t_2) \cdot \tau} \text{ и имеет размерность } \left[ \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{час} \cdot \text{°С}} \right]$$

где  $Q$  — количество тепла в *ккал*, протекающее за время  $\tau$  *часов* через параллелепипед длиной  $l$  и сечением  $S$  при разности температур на его поверхностях сечений  $(t_1 - t_2)$ , *°С*.

## Теплофизические свойства отложений. Коэфф. $a$

Коэффициент *температуропроводности*  $a$  является комплексным параметром, представляющим собой отношение коэффициента теплопроводности  $\lambda$  к произведению *теплемкости*  $c$  на *плотность* среды  $\sigma$ , и имеет размерность

$$a = \frac{\lambda}{c \cdot \sigma} \left[ \frac{m^2}{час} \right]$$

Коэффициент температуропроводности  $a$  выражает изменение температуры единицы объема среды за единицу времени.

$c$  — удельная *теплемкость* тела,

$$c = \frac{\Delta Q}{P \cdot \Delta t} \left[ \frac{ккал}{кг \text{ } ^\circ C} \right].$$

$\Delta Q$  — количество тепла, которое, будучи сообщенным  $P$  кг вещества, изменяет его температуру на  $\Delta t$   $^\circ C$ .

# Теплофизические свойства отложений.

## Скважина Северо-Айсазская 1. Нюрольская впадина.

$\lambda =$  [Razrez1.rzr] ккал / м·час·°C

$a =$  ÷ ð ñ

Номер профиля: 0    Число геотемпературных колонок (столбиков): 1     Поток получается решением обратной задачи

Столбик №: 1    Число слоёв: 22    Номер теплового потока: 1    Комментарий к столбику: Северо-Айсазская 1 (131.0)

Координата столбика левая: 0    Координата столбика правая: 1000

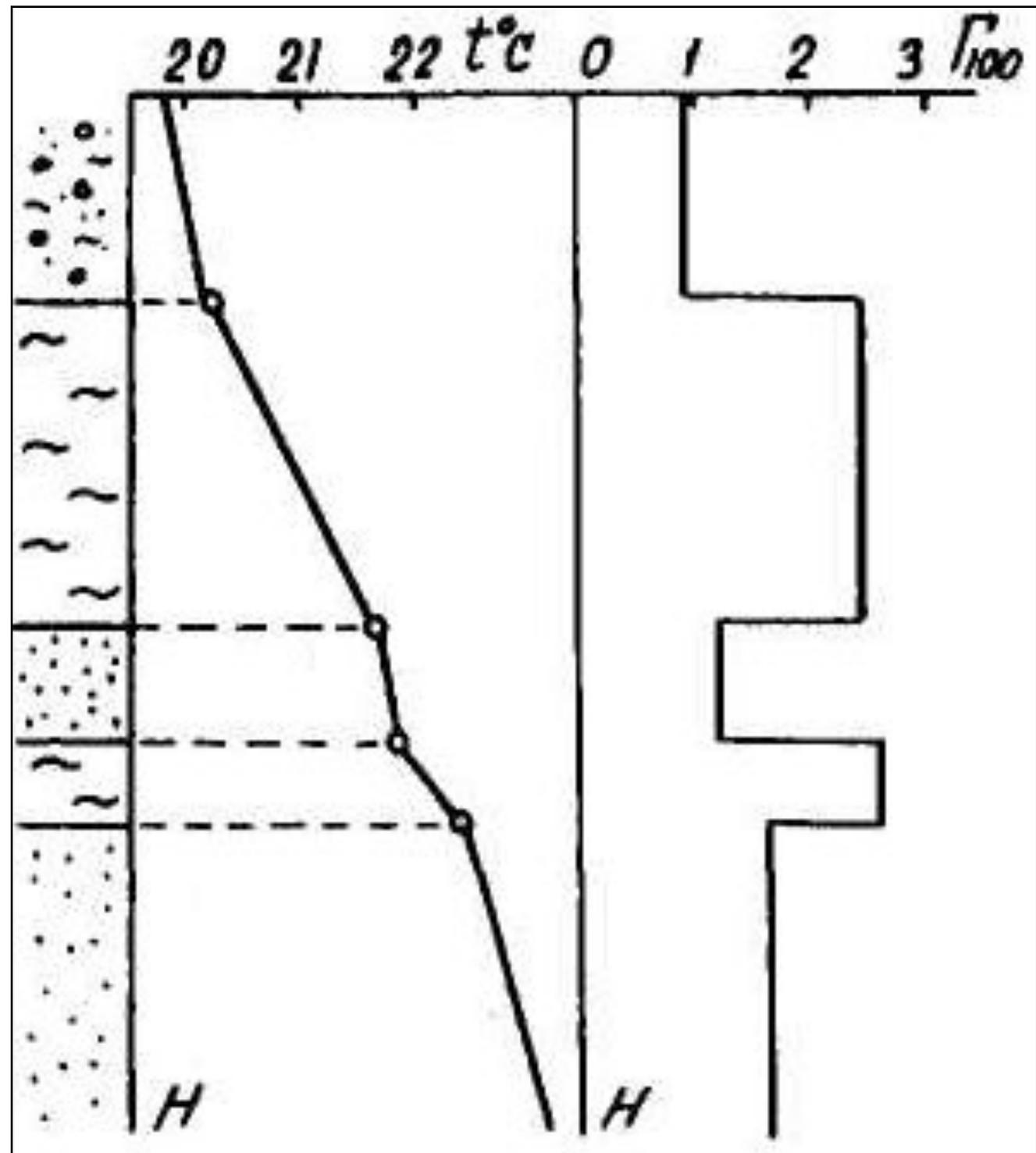
№	Толщина слоя, м (левая)	Толщина слоя, м (правая)	Теплопроводность, ватт/м*град	Температуропроводность, м^2/сек	Плотность р. источника, ватт/м^3	Время накопления, млн. лет	Параметр плотности слоя B1	Параметр плотности слоя B2	Параметр плотности слоя B3	Стратиграфия (свита)
1	151	151	1.6	8e-007	1.3e-006	40	2.47	0	0	T-P
2	329	329	1.64	8e-007	1.3e-006	45.1	2.46	0	0	J1-2tm
3	72	72	1.6	8e-007	1.3e-006	6.3	2.42	0	0	J3vs
4	8	8	1.62	8e-007	1.3e-006	5.4	2.42	0	0	J3gr
5	37	37	1.62	8e-007	1.3e-006	5.4	2.42	0	0	J3bg
6	309	309	1.64	8e-007	1.25e-006	9.7	2.44	0	0	K1klm
7	141	141	1.62	8e-007	1.25e-006	3.7	2.44	0	0	K1tr
8	618	618	1.6	8e-007	1.25e-006	12.2	2.39	0	0	K1kls
9	1	1	1.6	8e-007	1.25e-006	3.9	2.39	0	0	K1a1
10	1	1	1.6	8e-007	1.25e-006	2.2	2.39	0	0	K1a2
11	851	851	1.49	8e-007	1.25e-006	22.5	2.26	0	0	K1-2pk
12	19	19	1.43	8e-007	1.25e-006	1.8	2.18	0	0	K2kz
13	68	68	1.4	7e-007	1.25e-006	3.3	2.18	0	0	K2ip
14	61	61	1.37	7e-007	1.25e-006	13.3	2.11	0	0	K2sl
15	153	153	1.37	7e-007	1.25e-006	11.5	2.11	0	0	P1-K2gn
16	39	39	1.35	7e-007	1.2e-006	6.9	2.09	0	0	Pg1tl
17	160	160	1.35	7e-007	1.2e-006	13.1	2.09	0	0	Pg2ll
18	116	116	1.35	7e-007	1.2e-006	9.4	2.09	0	0	Pg3-2hg
19	208	208	1.35	7e-007	1.2e-006	8.3	2.09	0	0	Pg3nk
20	40	40	1.31	6.5e-007	1.1e-006	19.29	2.07	0	0	N1
21	6	6	1.31	6.5e-007	1.1e-006	3.07	2.07	0	0	N2
22	3	3	1.27	6.5e-007	1.1e-006	1.64	2.02	0	0	Q

Ready

Пуск    Обзор - Сев-Айсаз...    ТеплоDialog - [R...    9:00

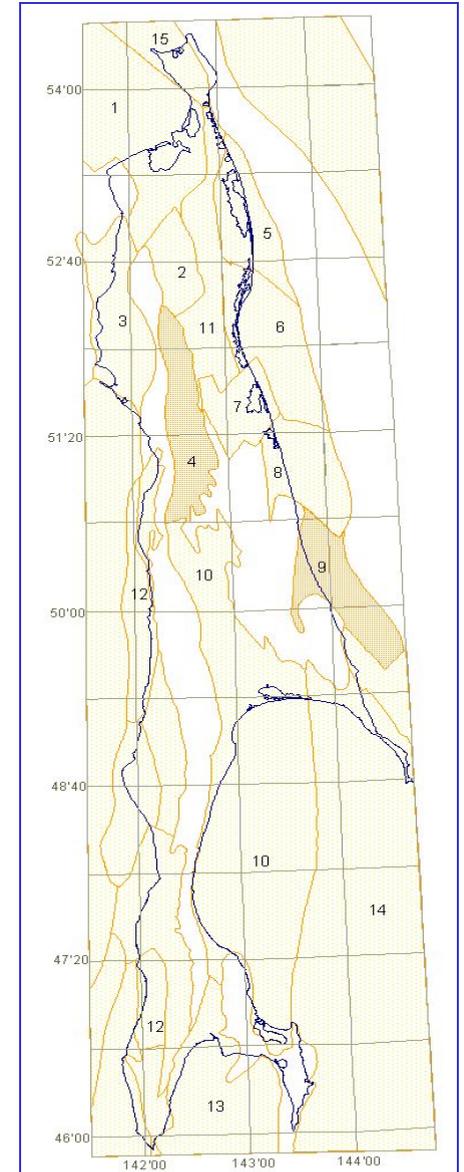
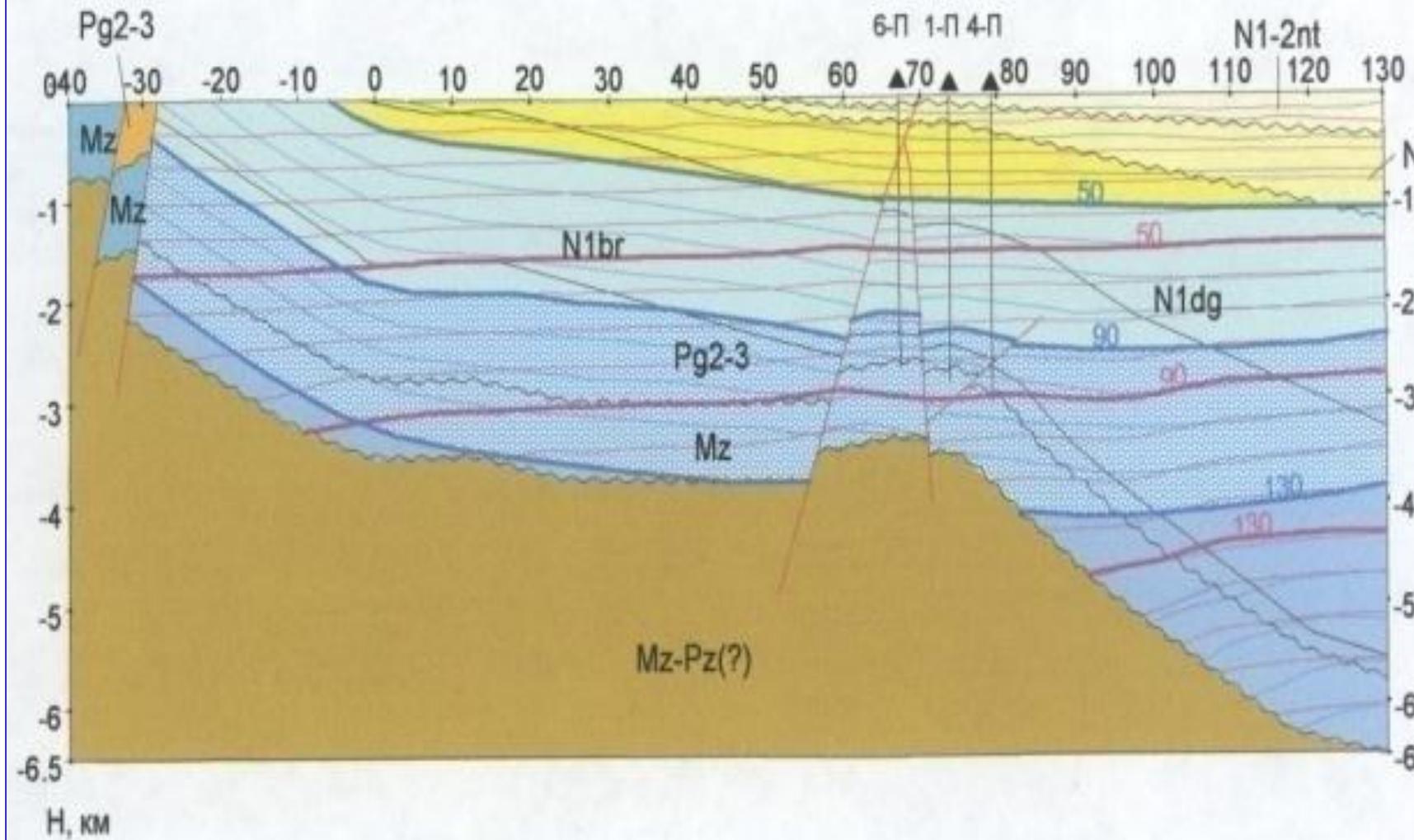
**Естественное  
тепловое поле.  
Геотермограммы.**

Вид  
геотермограммы  
и графика  
геотермического  
градиента на  
геологическом  
разрезе скважины

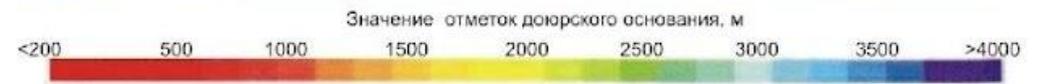
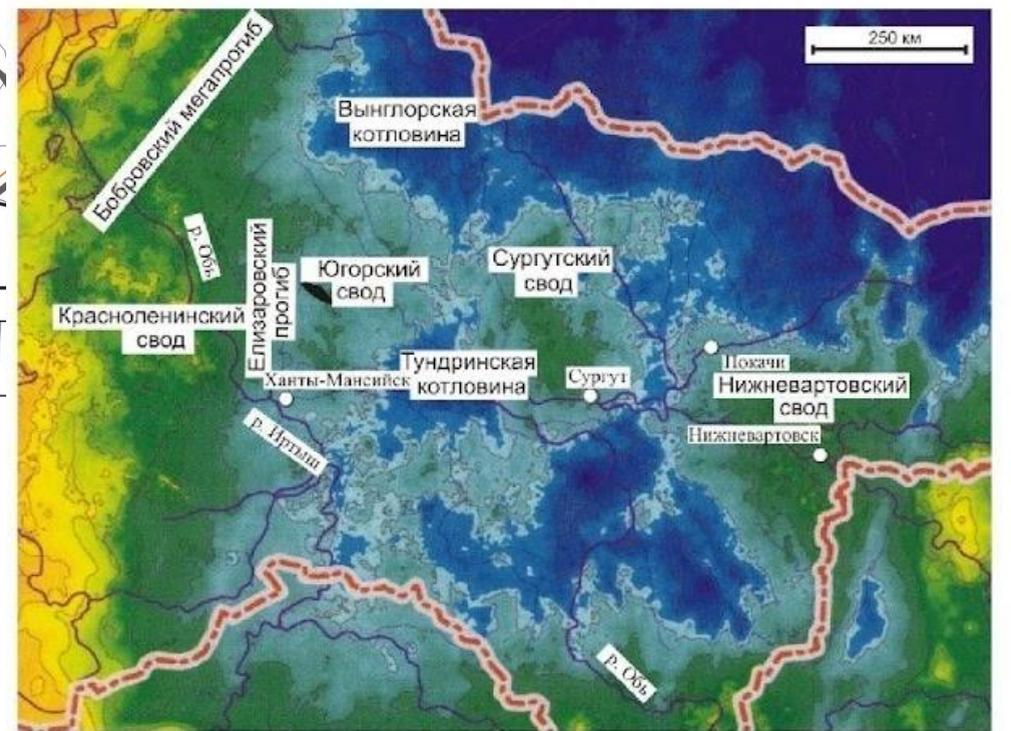
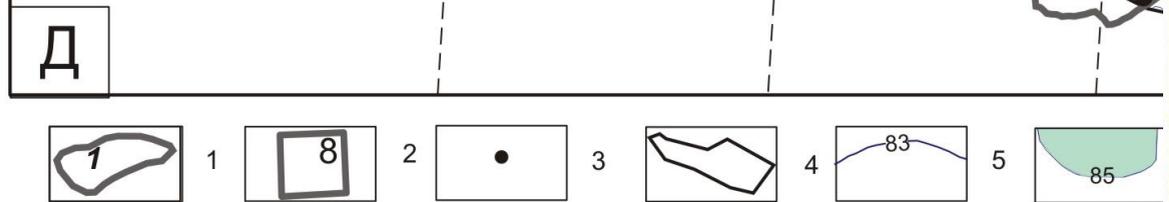
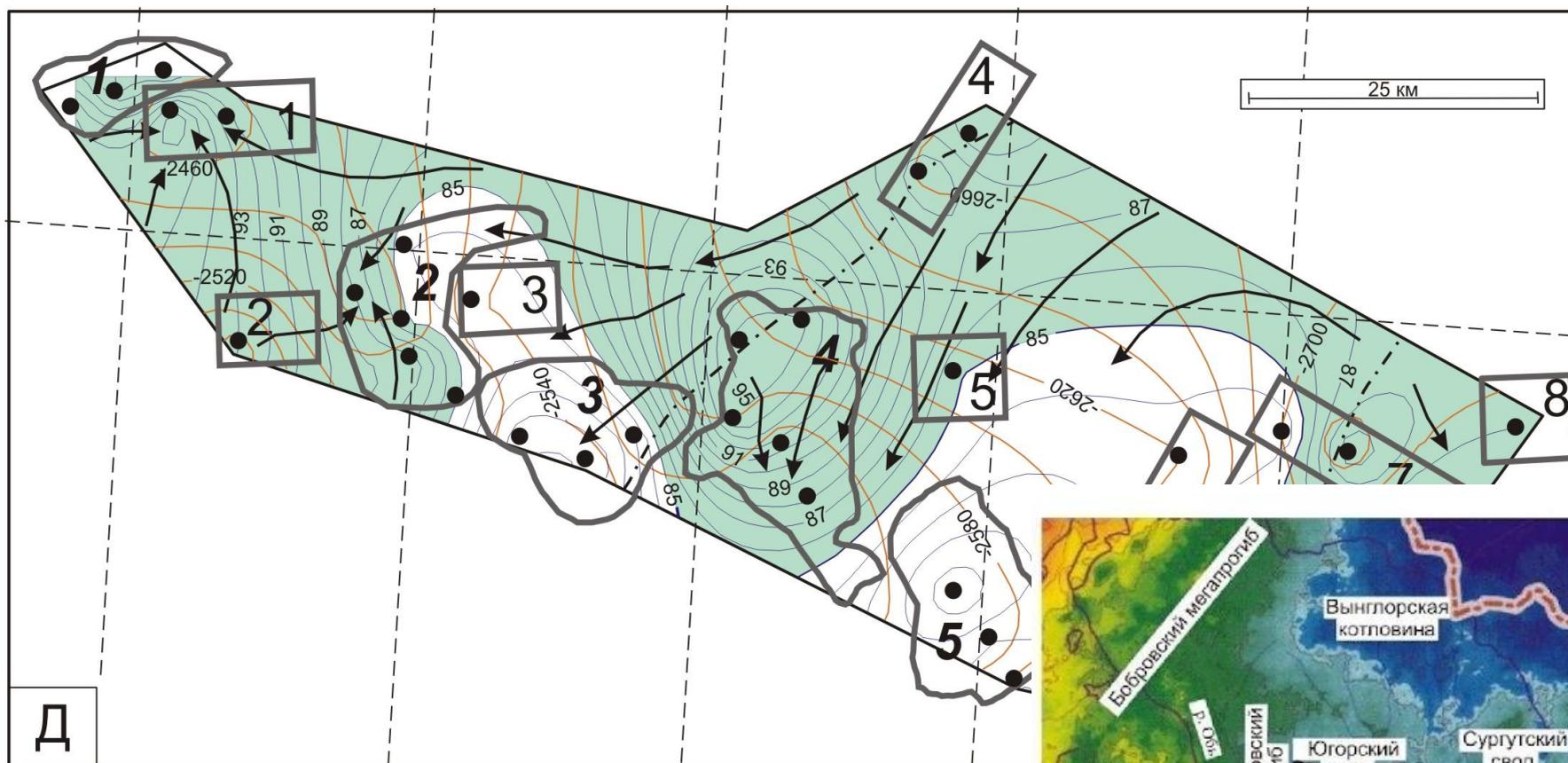


# Естественное тепловое поле. Профили геоизотерм.

1. Современный геотемпературный разрез по профилю 11



# Естественное тепловое поля. Карты геоизотерм.



# Искусственное тепловое поле в скважине



Температурные измерения могут проводиться в *установившемся* или *неустановившемся* тепловом режиме скважины. При **неустановившемся режиме** температура бурового раствора отличается от температуры стенок скважины, т. е. между ними происходит теплообмен.

## Искусственное тепловое поле в скважине

*Искусственные тепловые поля в скважине могут быть созданы:*

- при заполнении скважины глинистым раствором, температура которого отличается от температуры пород, окружающих скважины;
- местным искусственным подогревом глинистого раствора электроподогревателем, перемещающимся в скважине вместе с термометром;
- экзотермической реакцией схватывания цемента в затрубном пространстве.

*Когда скважина заполнена раствором,* температура которого отличается от температуры окружающих пород, тепловое поле будет подобно тепловому полю цилиндра бесконечной длины, конечного диаметра, остывающего или нагревающегося в безграничной однородной среде.

**Искусственное тепловое поле в скважине. Изменение во времени разности между температурой глинистого раствора на оси скважины и температурой окружающих пород.**

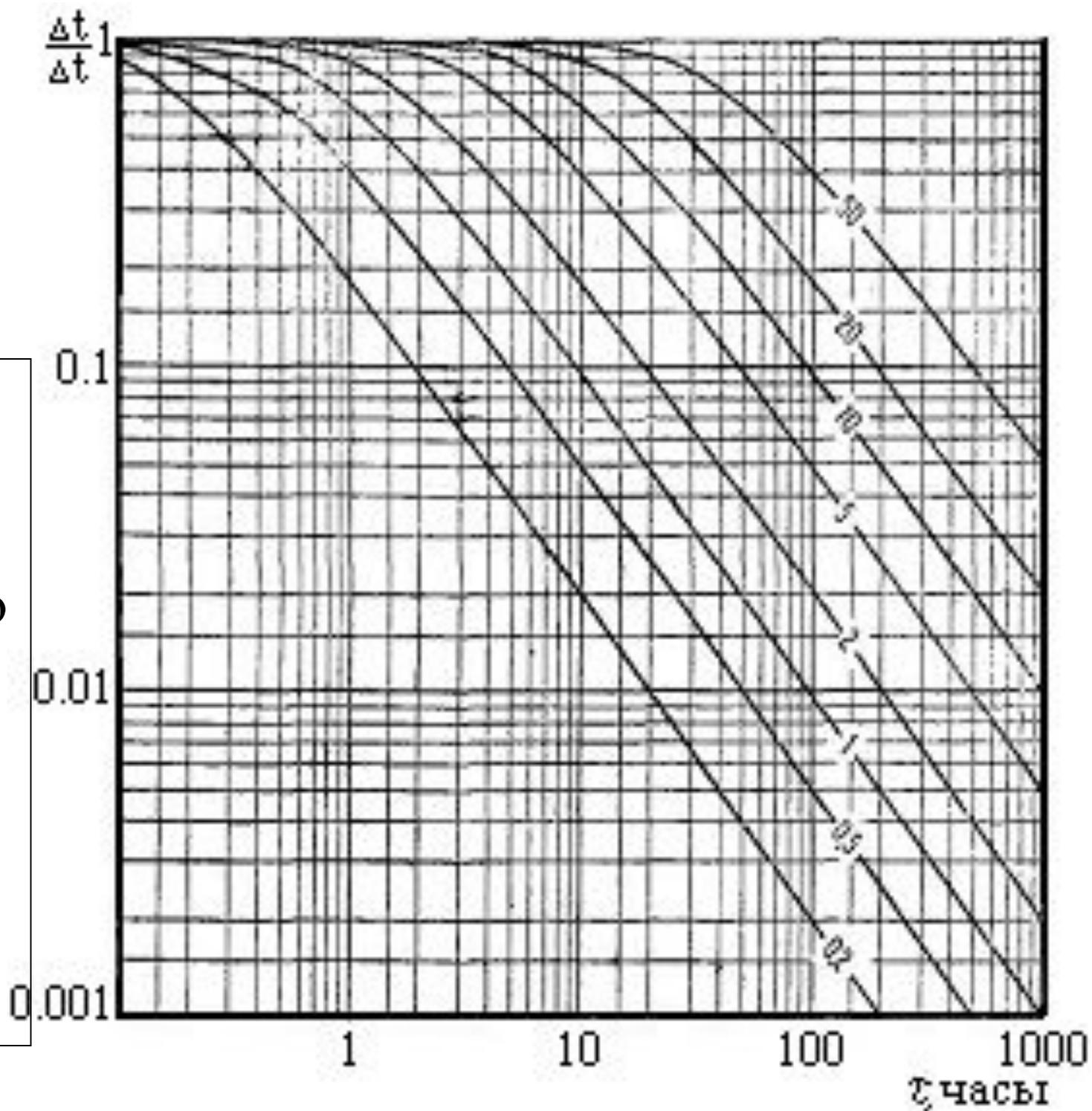
$$\frac{\Delta t}{\Delta t_0} = 1 - e^{-\frac{r_0^2}{4a_0\tau}}$$

где  $\Delta t$  — разница температур в исследуемой точке (на оси скважины) по отношению к температуре окружающей среды ( $\Delta t_0$  — в начальный момент времени  $\tau$ ),  $a_0$  — температуропроводность глинистого раствора,  $r_0$  — радиус скважины

**Искусственное  
тепловое поле в  
скважине. Раствор и  
породы имеют  
одинаковую  $a_0$ .**

Кривые изменения во  
времени разности  
между температурой  
глинистого раствора по  
оси скважины и  
температурой  
окружающей среды  
для различных  
значений  
(шифр кривых)  $r_0^2$

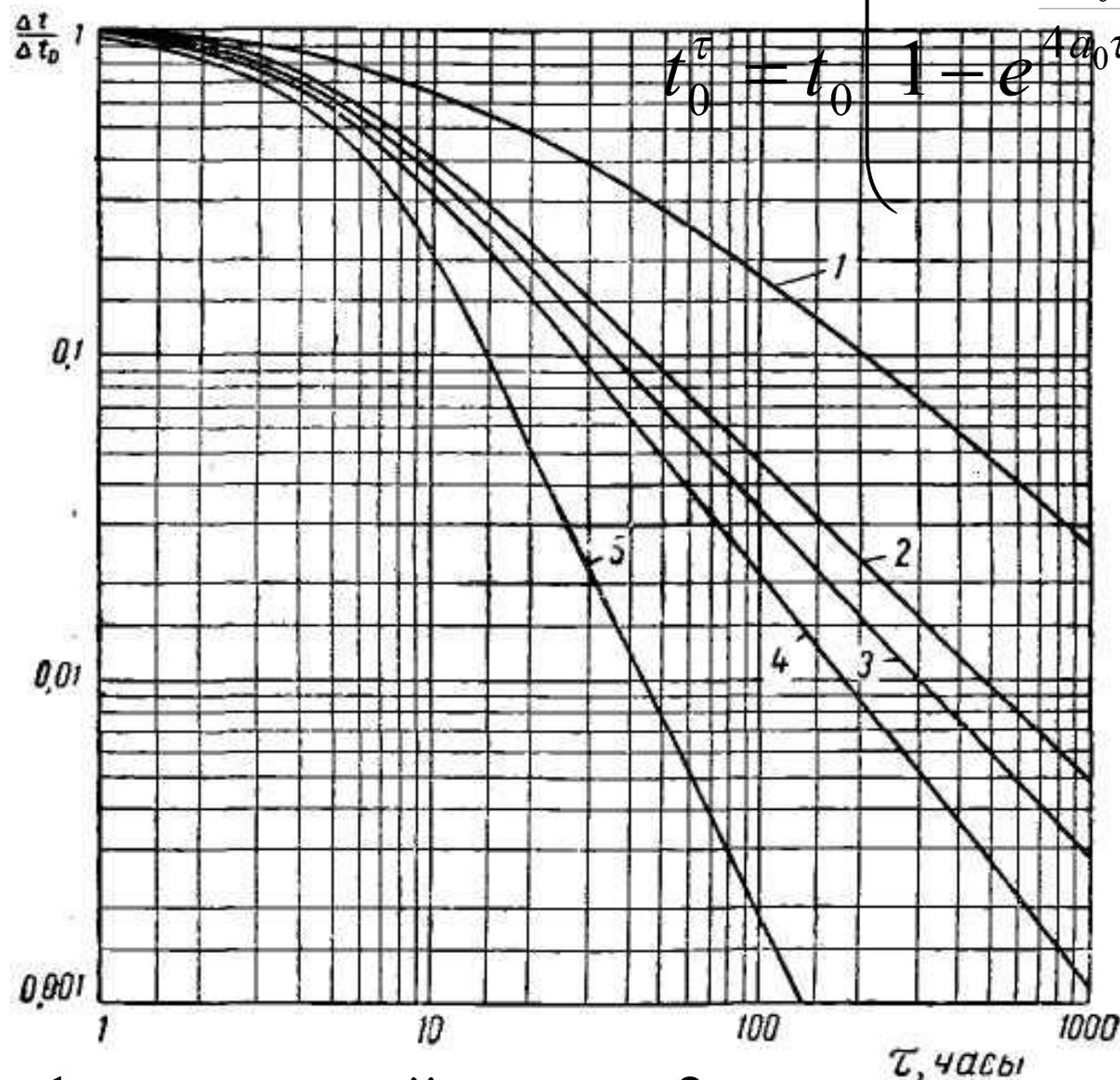
$$4a_0\tau$$



## Искусственное тепловое поле в скважине. Раствор и породы имеют разную $a_0$ .

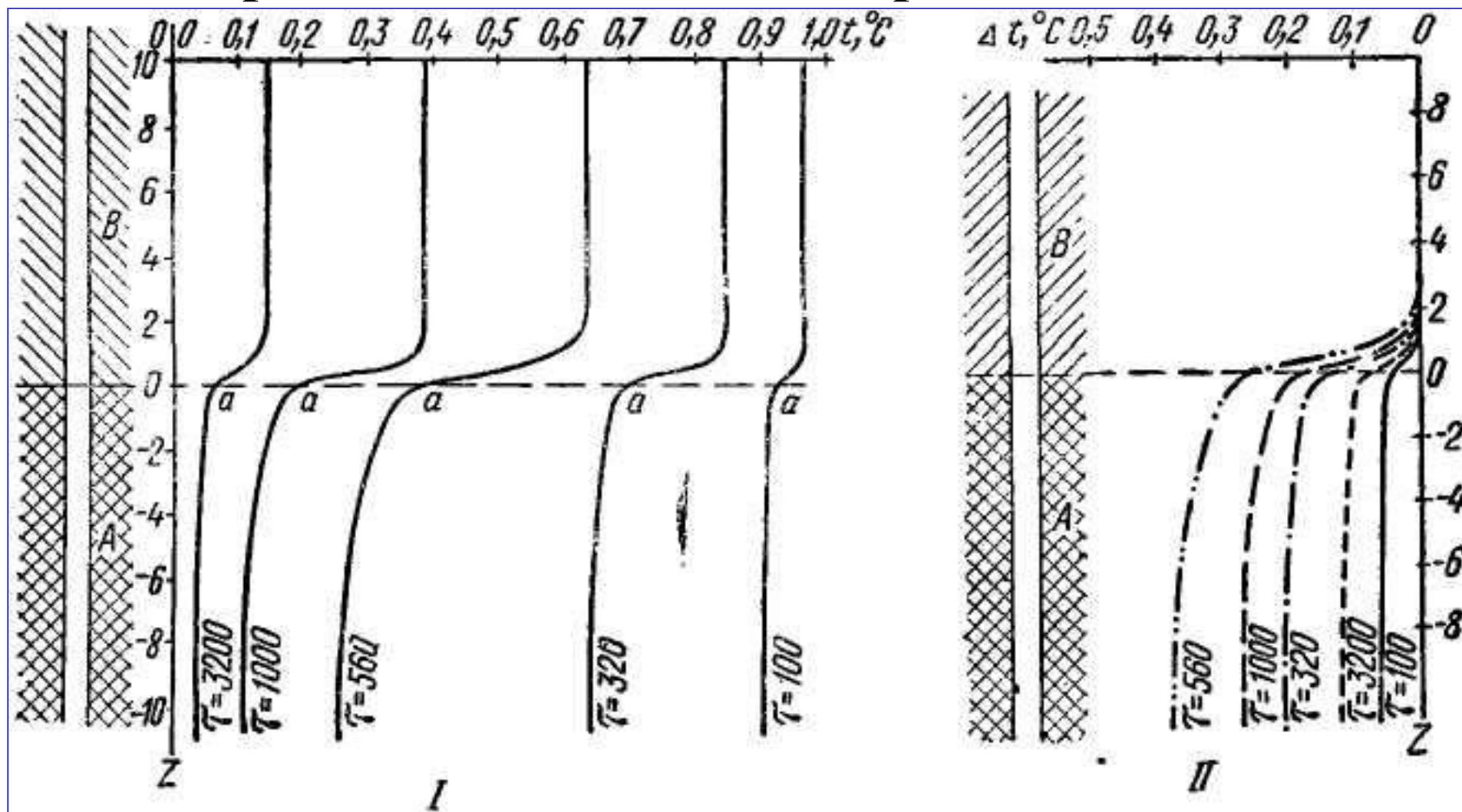
Кривые изменения во времени разности между температурой глинистого раствора по оси скважины и температурой окружающей среды для различных значений.

1 – 5 (шифр кривых)



1 – каменный уголь ; 2 – порода с тепловыми характеристиками глинистого раствора; 3 – песчаник  
4 – доломит ; 5 – каменная соль

## Искусственное тепловое поле в скважине. Близ границы раздела пород, отличающихся по термическим свойствам.



Кривые изменения температур  $t$  (I) и приращения температур  $\Delta t$  (II) в скважине, пересекающей границу двух сред с различными тепловыми свойствами, по истечению различных промежутков времени  $\tau$  (в секундах, при  $r_0 = 1$  см). A – среда повышенной теплопроводности  $\lambda = 3.6$  ; B – пониженной теплопроводности  $\lambda = 0.36$  .