

# Особенности моделирования задач пороупругопластичности для геомеханических моделей месторождения

Всегда «слабые» входные данные, поэтому



- Ясная формулировка специфических целей моделирования
- Обоснованное усложнение модели от 1D до 3D для разных масштабов, итерационно
- Анализ чувствительности решения на каждой итерации

Каротаж

Керн

Геологич.  
Гидродинам.  
Сейсмич.

Модель

ОБРАБОТКА И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ДАННЫХ:



Геолог



Петрофизик



Гидродинамик



Сейсмик



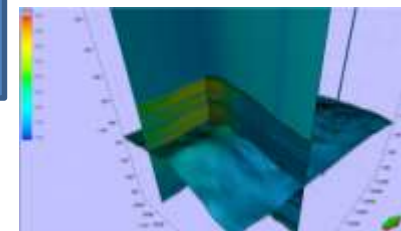
Геомеханик

1D модель  
свойств



3D модель  
свойств

Расчет НДС,  
Оценка Устойчивости  
Скважин



Влияние НДС на  
разработку

Плотность раствора,  
Траектория,  
Режимы бурения

Дизайн ГРП

В связанной постановке для давления и смещений\*

$$\begin{aligned} -G\Delta u - \frac{G}{1-2\nu}\nabla(\nabla \cdot u) + \alpha\nabla p &= F, & \text{in } \Omega \times (0, T), \\ \frac{\partial}{\partial t}(Se p + \alpha\nabla \cdot u) - \nabla \cdot \left(\frac{k}{\mu}\nabla p\right) &= Q, & \text{in } \Omega \times (0, T). \end{aligned}$$

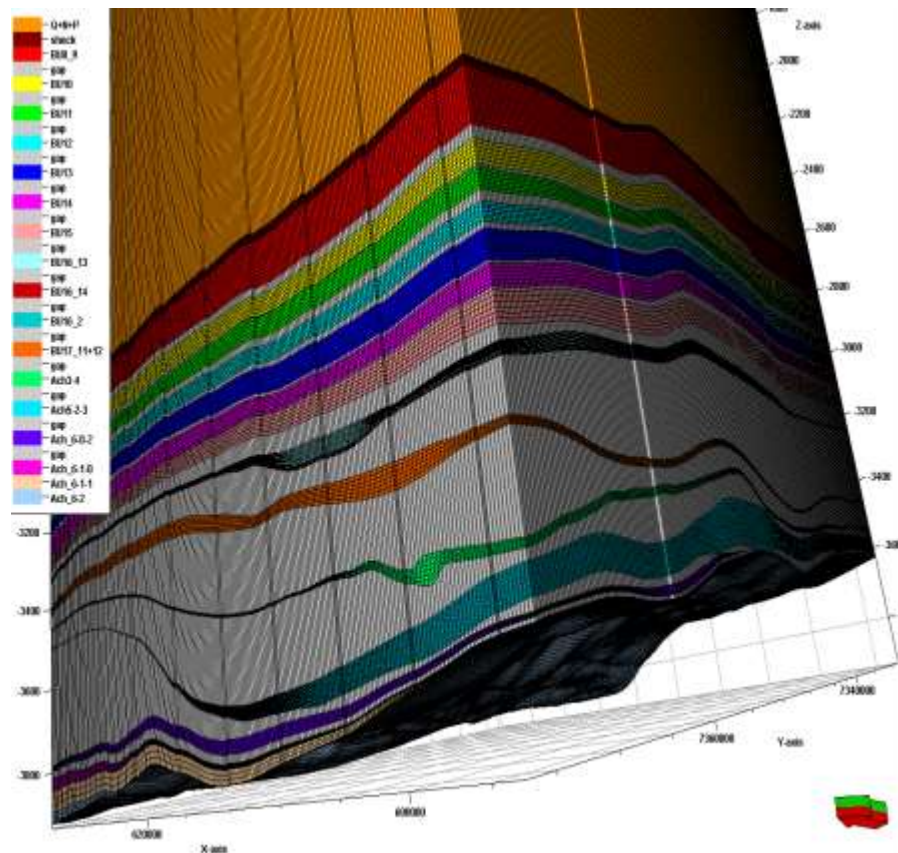
## Учет параметров:

- Вязкость, Проницаемость, Модуль Юнга, Коэффициент Пуассона и т.д.

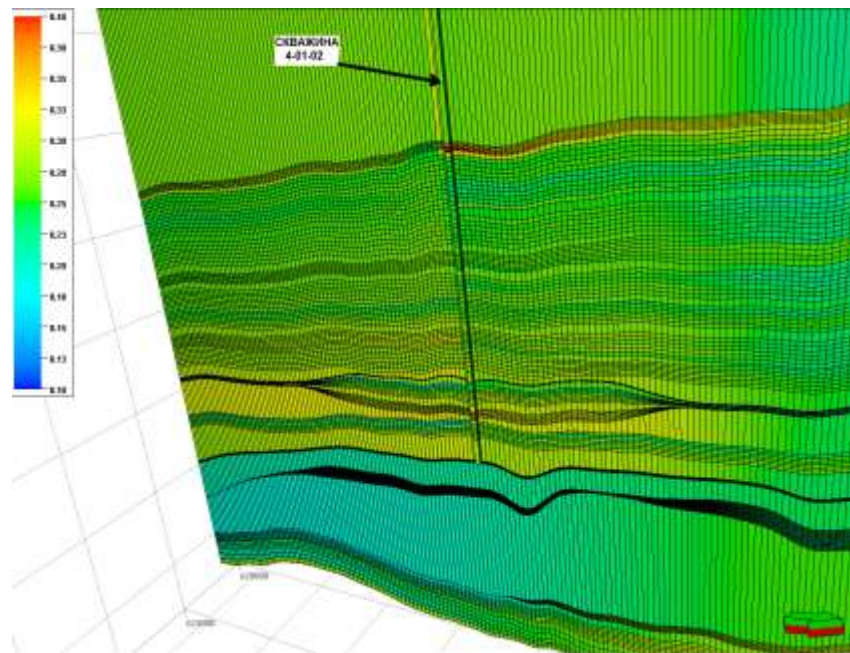
\*Biot, M. A. General theory of three dimensional consolidation. *Journal of Applied Physics* 12 (1941), 155-164

\* Showalter, R. Diffusion in poro-elastic media. *Jour. Math. Anal. Appl.* 251 (2000), 310-340

\* Wang, H. F. *Theory of Linear Poroelasticity with applications to Geomechanics and Hydrogeology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, 2000



Стратиграфическая разбивка

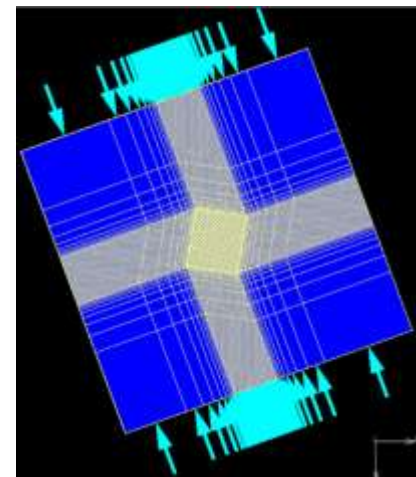
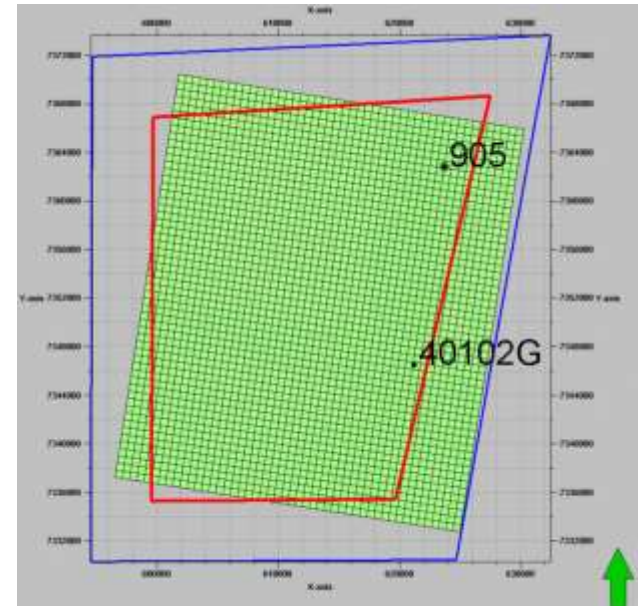
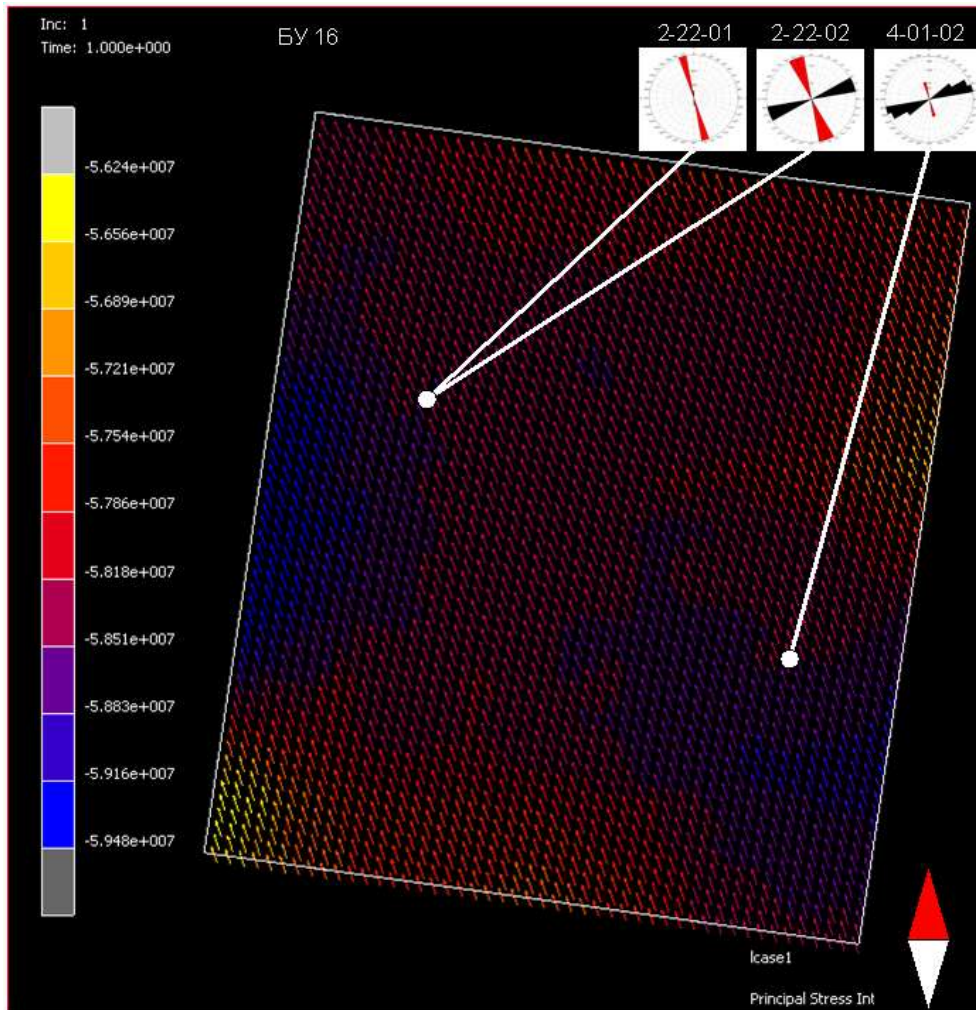


Распределение коэффициента Пуассона

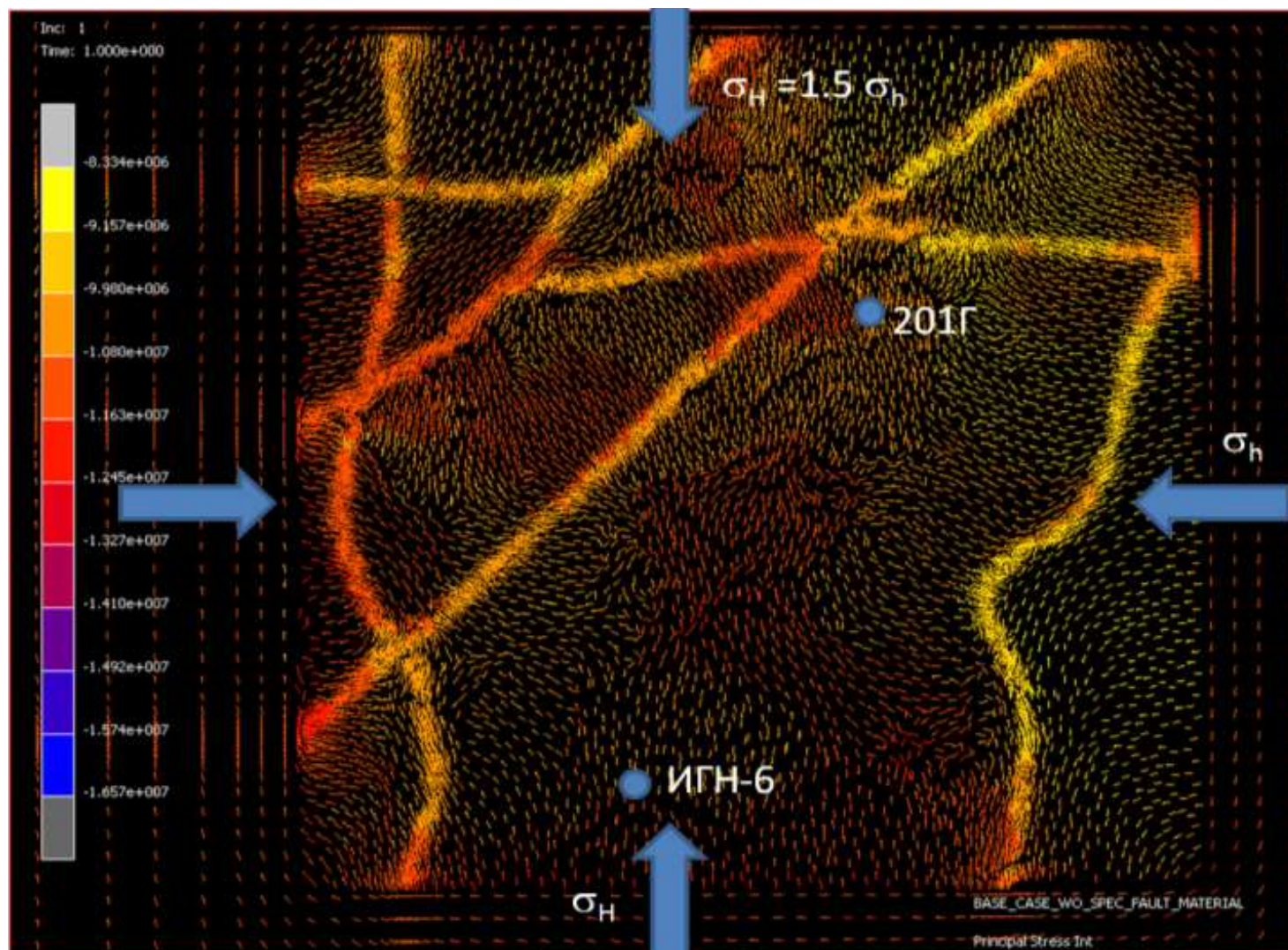


# НДС месторождения

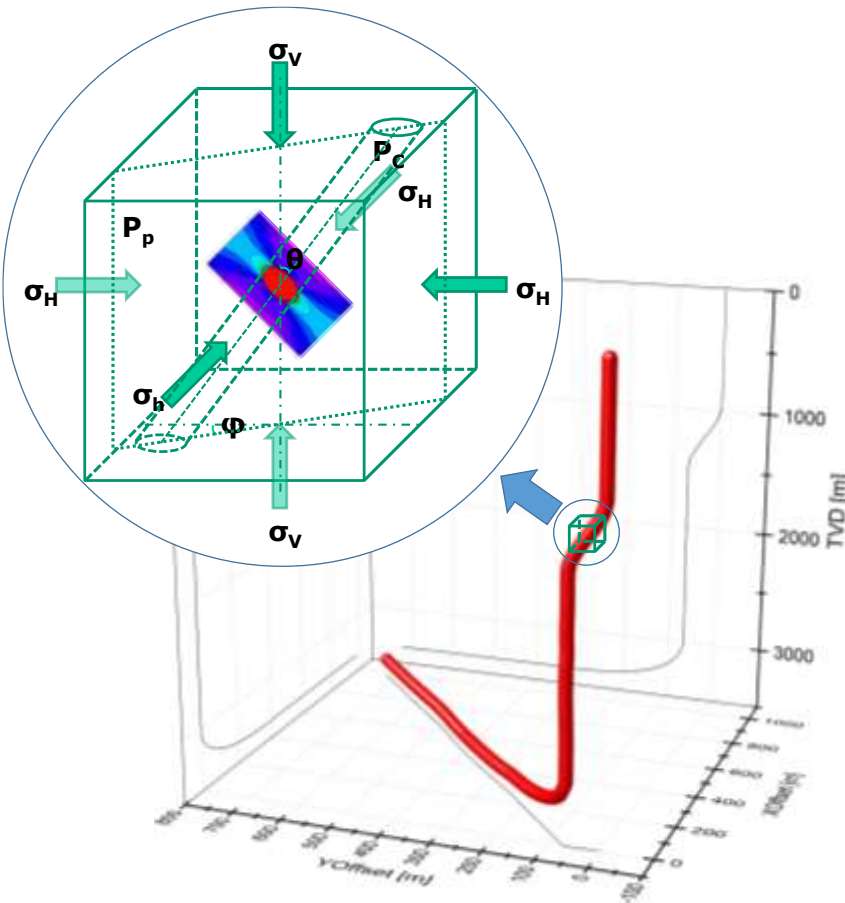
НОВОСИБИРСК  
НИПИ НЕФТЬ



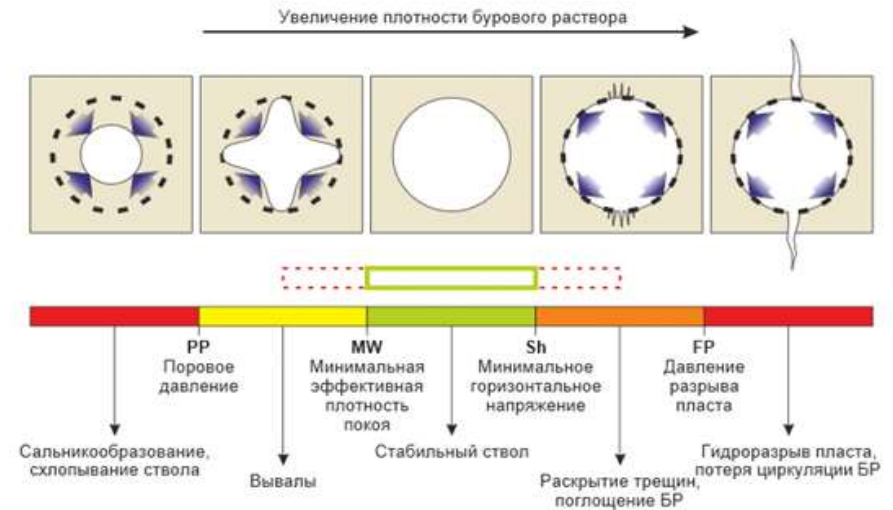
# Влияние разломов





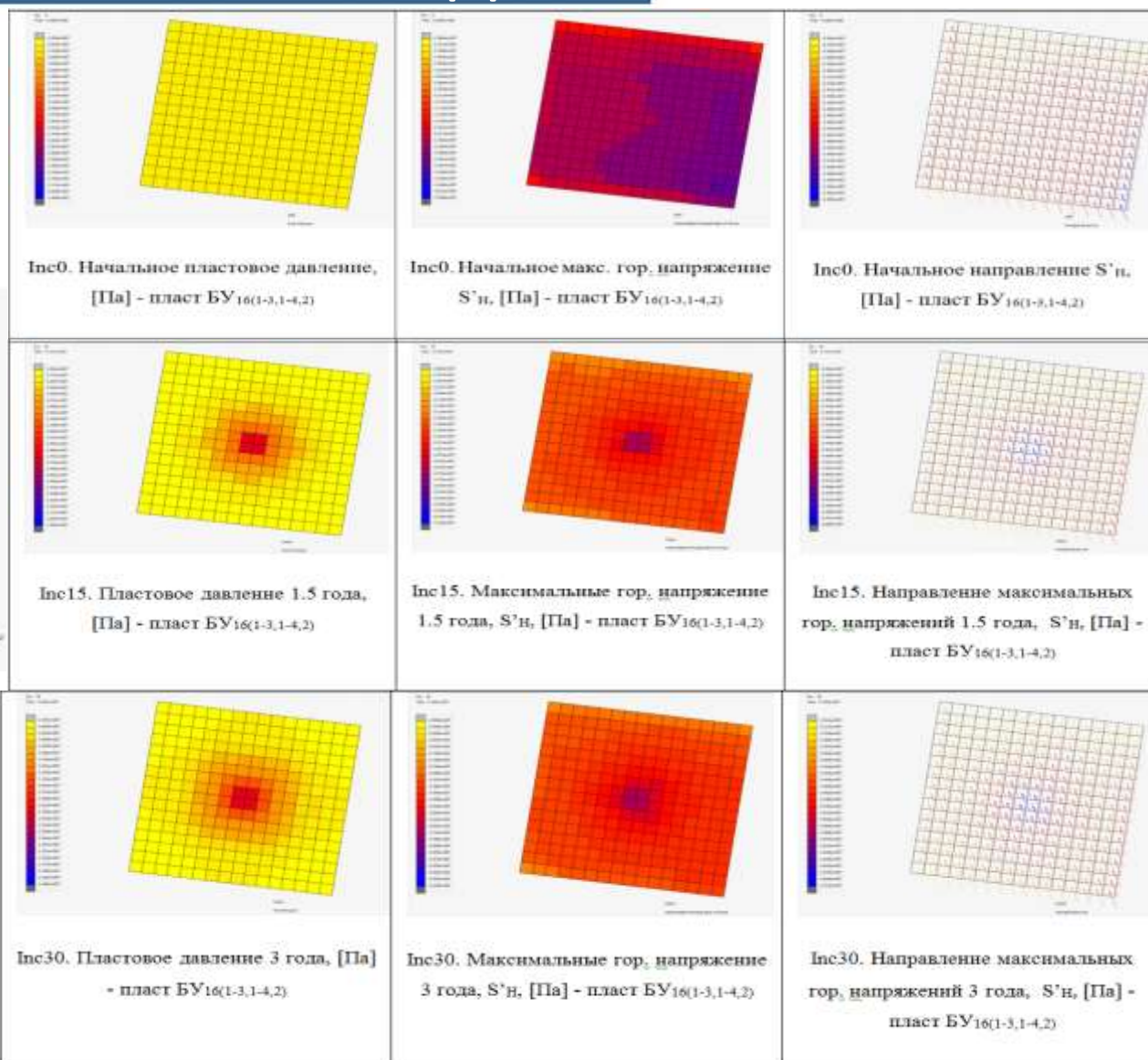
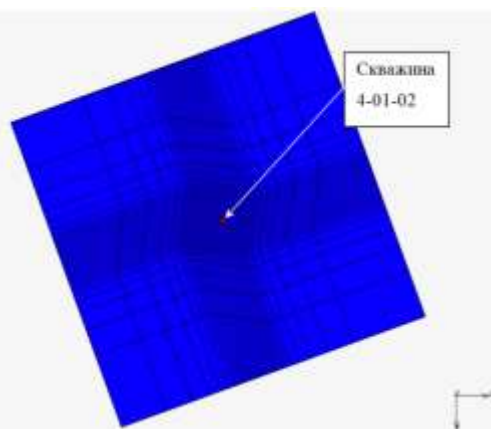


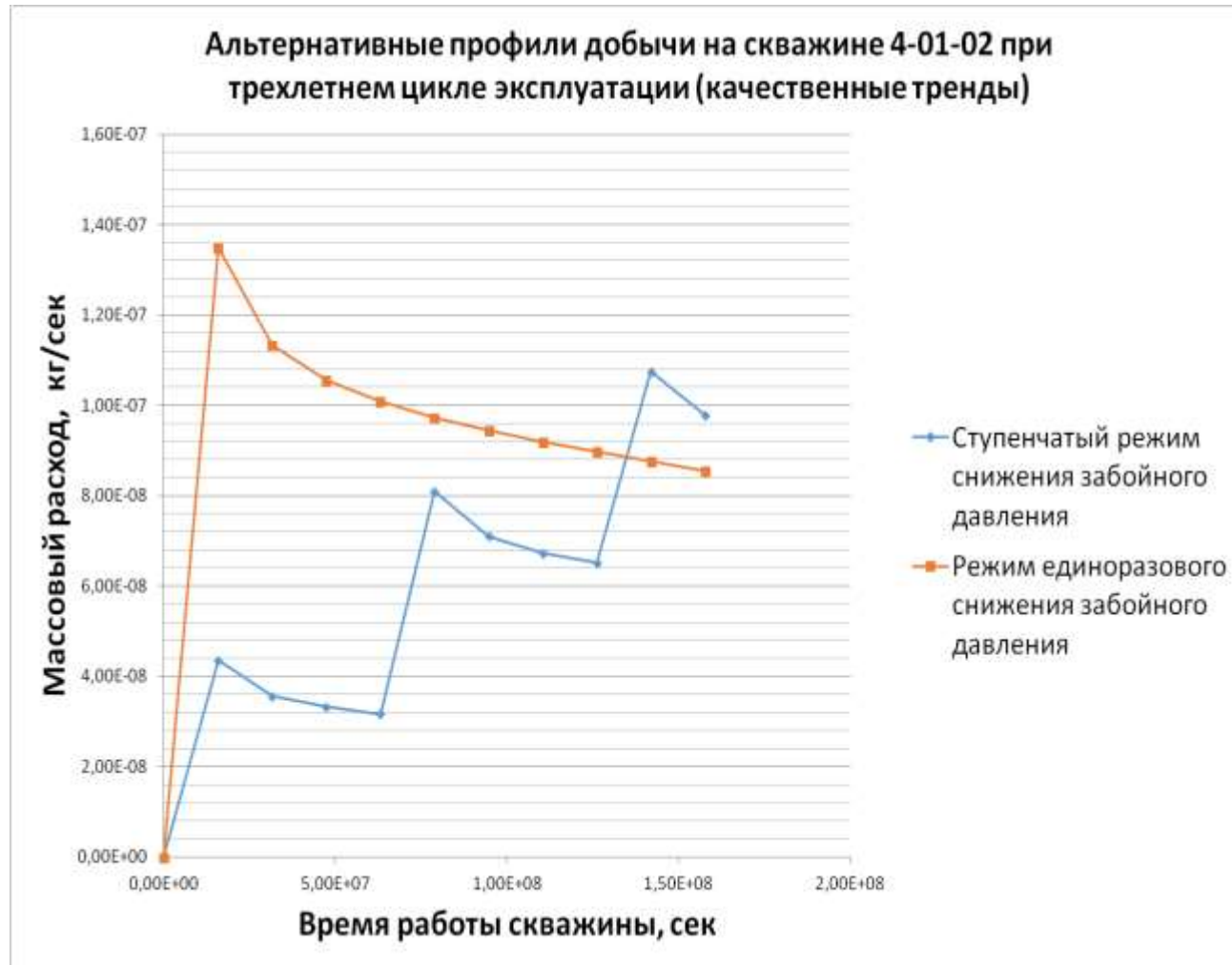
Расчет локальных напряжений в произвольной точке траектории

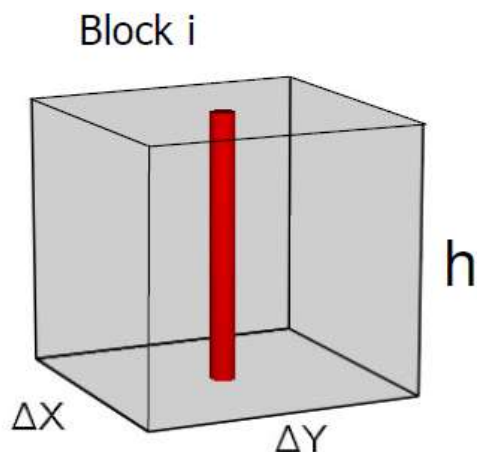




# Решение связанной задачи







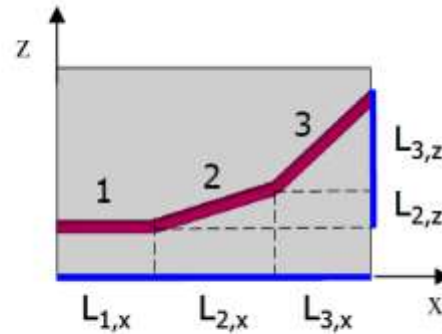
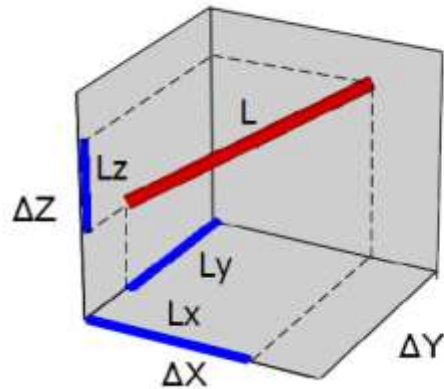
$$WI_i = \frac{q_i^w \mu}{(p_i - p_i^w)}$$

$$p(r) = p^w + \frac{q^w \mu}{2\pi k h} \ln\left(\frac{r}{r_w}\right)$$

$$q^w = \frac{2\pi k h (p_o - p^w)}{\mu \ln\left(\frac{r_o}{r_w}\right)}$$

$$r_o = 0.28 \frac{\left( \left( \frac{k_y}{k_x} \right)^{\frac{1}{2}} \Delta x^2 + \left( \frac{k_x}{k_y} \right)^{\frac{1}{2}} \Delta y^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{\left( \frac{k_y}{k_x} \right)^{\frac{1}{4}} + \left( \frac{k_x}{k_y} \right)^{\frac{1}{4}}}$$

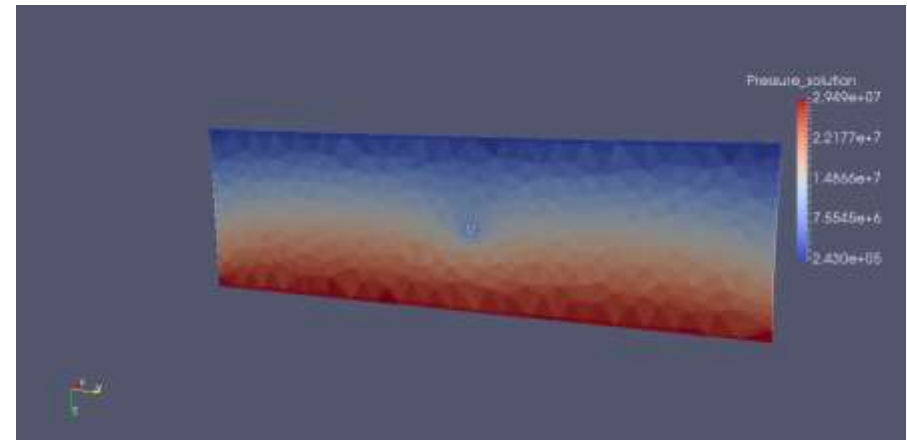
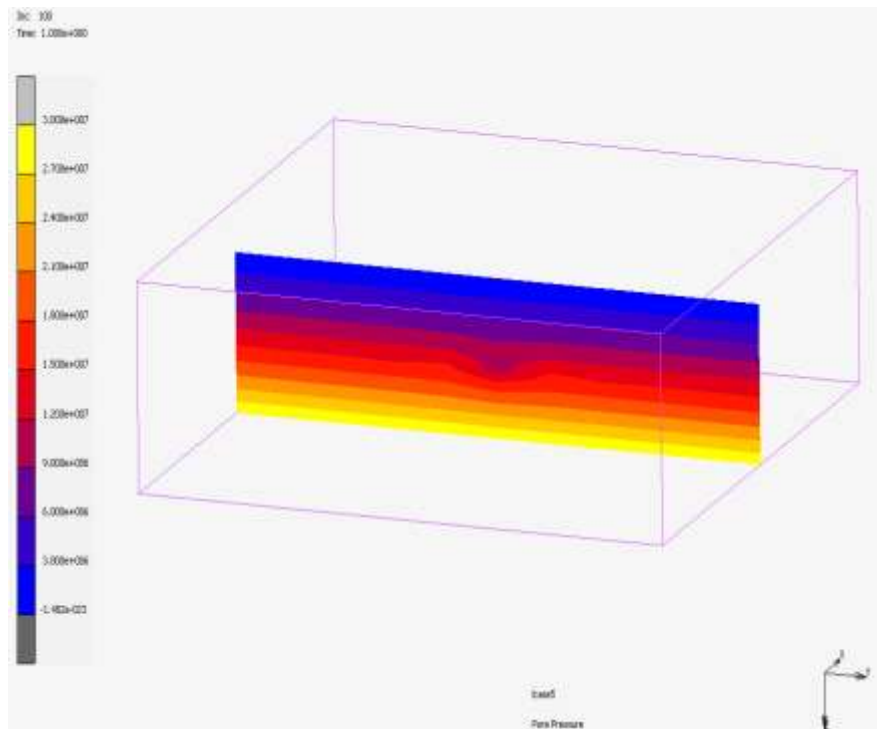
$$WI = \left( \frac{2\pi \sqrt{k_x k_y} \Delta z}{\ln\left(\frac{r_o}{r_w}\right) + s} \right)$$



$$\begin{aligned}
 WI_x &= \left( \frac{2\pi\sqrt{k_y k_z} L_x}{\ln\left(\frac{r_{o,x}}{r_w}\right) + s} \right)_i \\
 r_{o,x} &= 0.28 \frac{\left( \left( \frac{k_y}{k_z} \right)^{\frac{1}{2}} \Delta z^2 + \left( \frac{k_z}{k_y} \right)^{\frac{1}{2}} \Delta x^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{\left( \frac{k_y}{k_z} \right)^{\frac{1}{4}} + \left( \frac{k_z}{k_y} \right)^{\frac{1}{4}}} \\
 WI_y &= \left( \frac{2\pi\sqrt{k_x k_z} L_y}{\ln\left(\frac{r_{o,y}}{r_w}\right) + s} \right)_l \\
 r_{o,y} &= 0.28 \frac{\left( \left( \frac{k_x}{k_z} \right)^{\frac{1}{2}} \Delta x^2 + \left( \frac{k_z}{k_x} \right)^{\frac{1}{2}} \Delta z^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{\left( \frac{k_x}{k_z} \right)^{\frac{1}{4}} + \left( \frac{k_z}{k_x} \right)^{\frac{1}{4}}} \\
 WI_z &= \left( \frac{2\pi\sqrt{k_x k_y} L_z}{\ln\left(\frac{r_{o,z}}{r_w}\right) + s} \right)_i \\
 r_{o,z} &= 0.28 \frac{\left( \left( \frac{k_x}{k_y} \right)^{\frac{1}{2}} \Delta x^2 + \left( \frac{k_y}{k_x} \right)^{\frac{1}{2}} \Delta y^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{\left( \frac{k_x}{k_y} \right)^{\frac{1}{4}} + \left( \frac{k_y}{k_x} \right)^{\frac{1}{4}}}
 \end{aligned}$$

$$WI^{pj} = \sqrt{WI_x^2 + WI_y^2 + WI_z^2}$$





Необходимо:

- Быстрое перестроение сетки и пересчет
- Модели различных масштабов:  
месторождение <-> скважина
- Единые принципы расчета: FEM или FDM