

Возможности
импульсного
воздействия на
призобойную зону

ИДГ РАН

ИХФ РАН

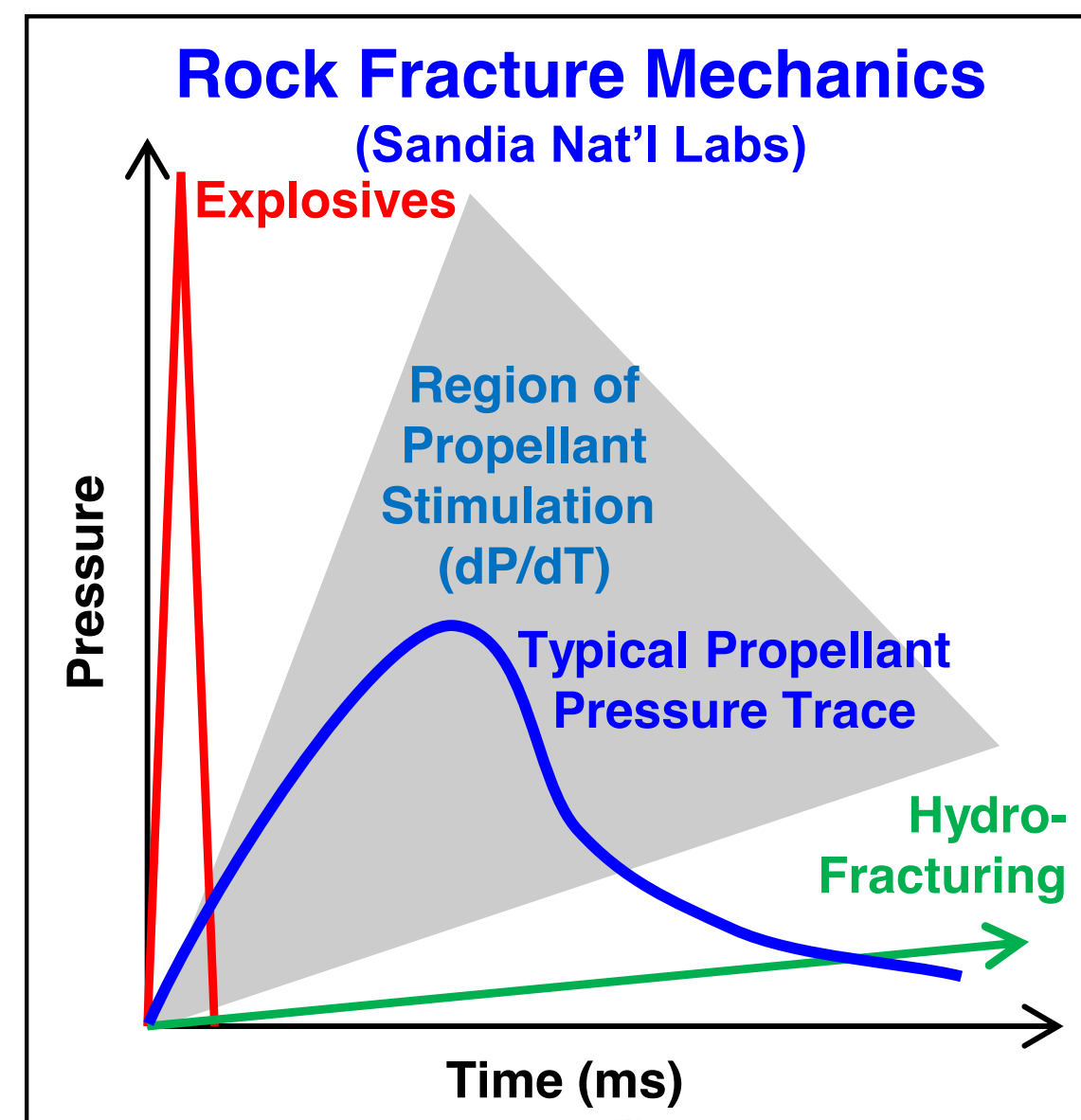
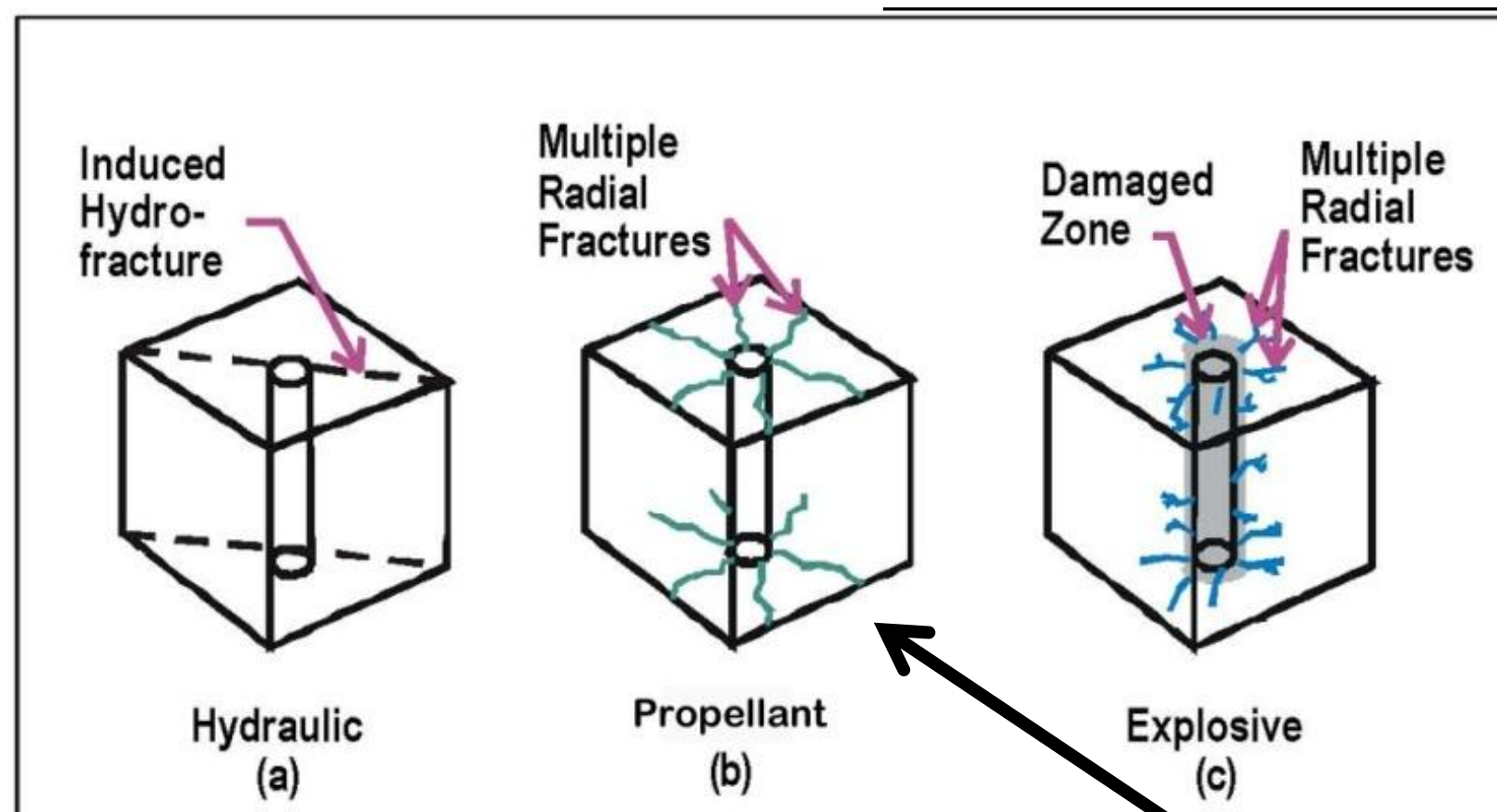
С. Б. Турунтаев



Содержание

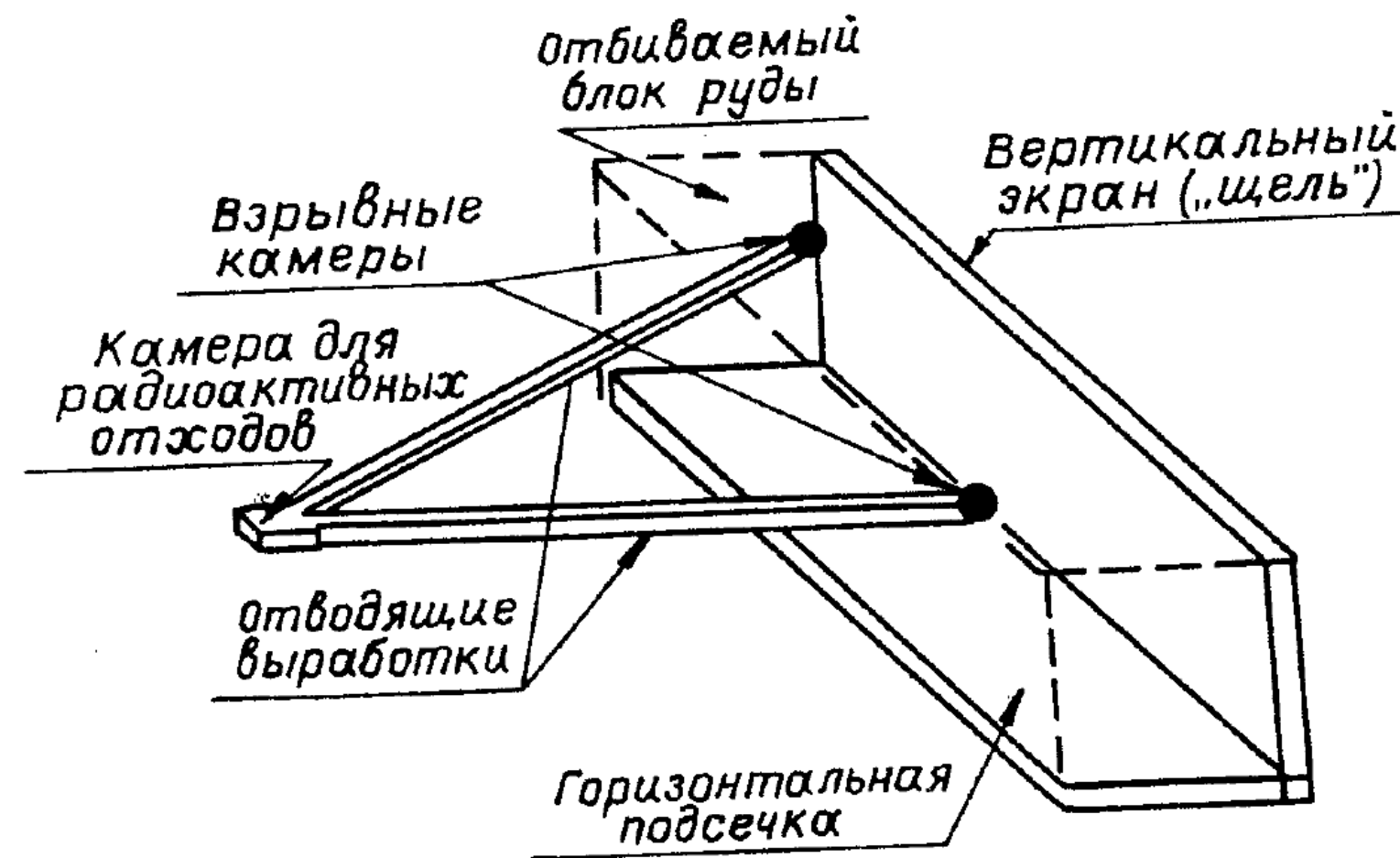
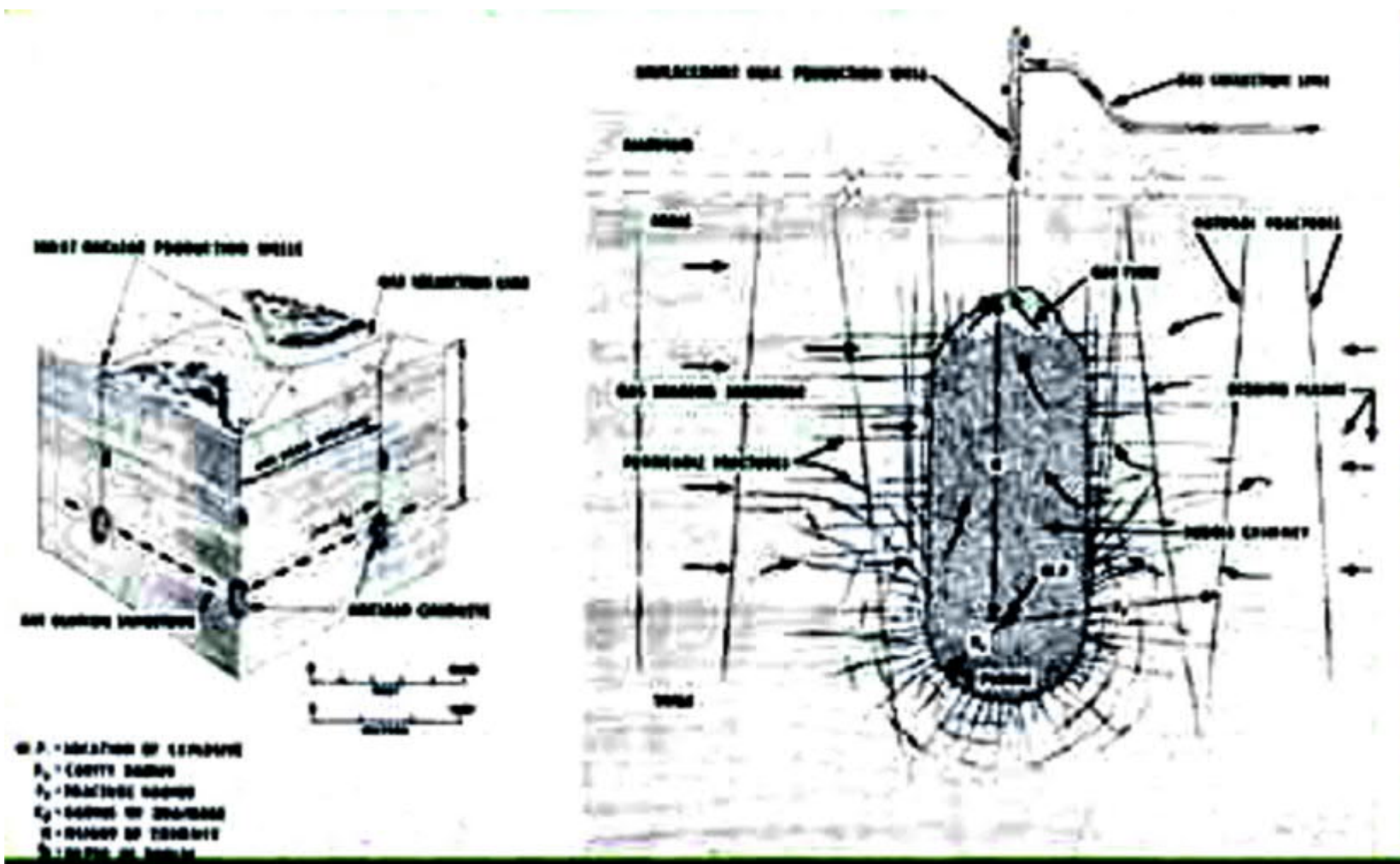
- Немного истории
- Возможности разрушения породы взрывом
- Разрушение импульсным воздействием (быстрое горение)
- Создание инициатора
- Заключение

Возможности разрушения разными методами воздействия



Использование ВВ для разрушения породы на большой глубине

Опыт использования крупномасштабных ВВ

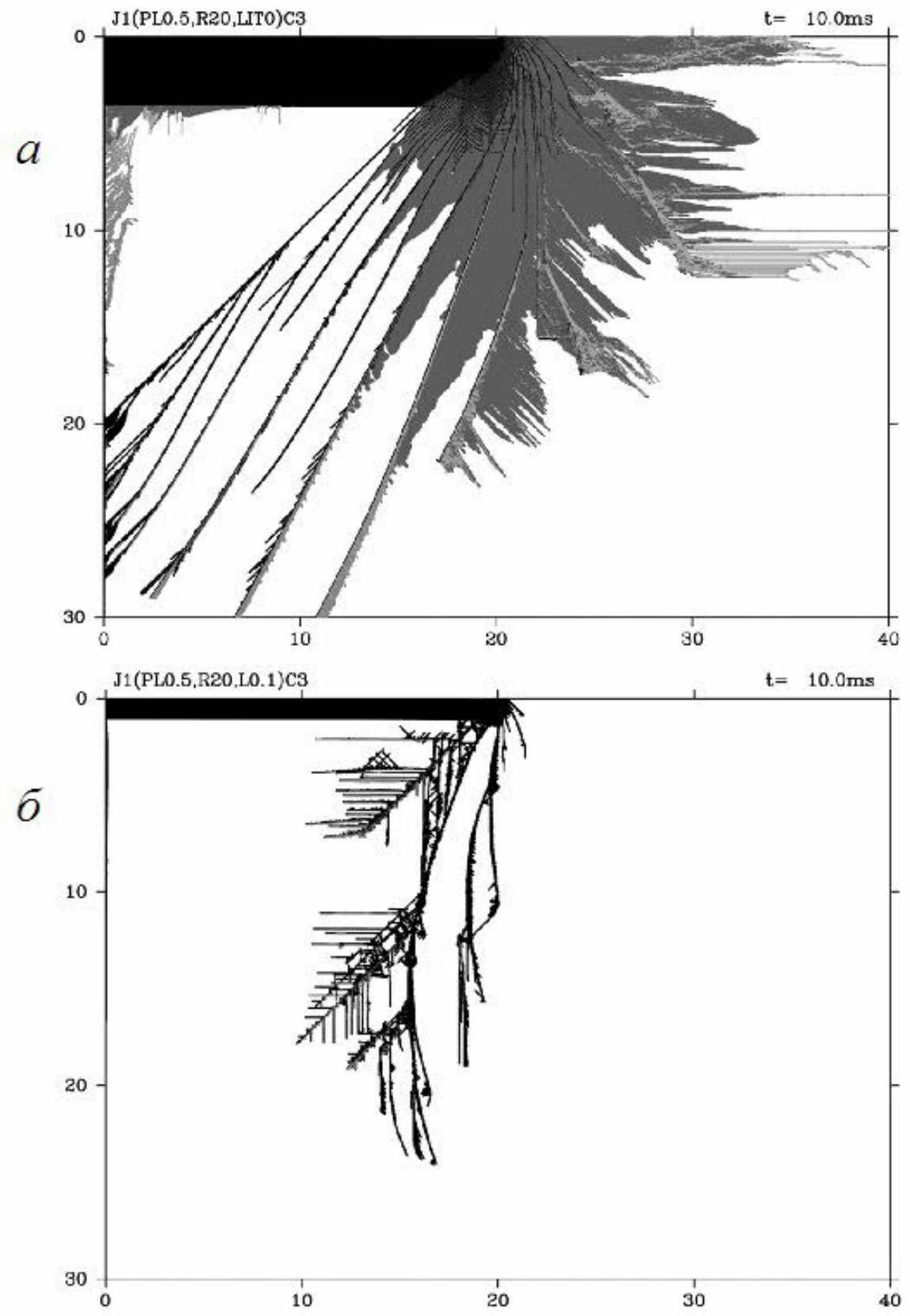


США: эксперименты по стимулированию поступления
GASBUGGY; RULISON; RIO BLANCO

Грачи -1,2,3– эксперименты по стимулированию поступления нефти в СССР

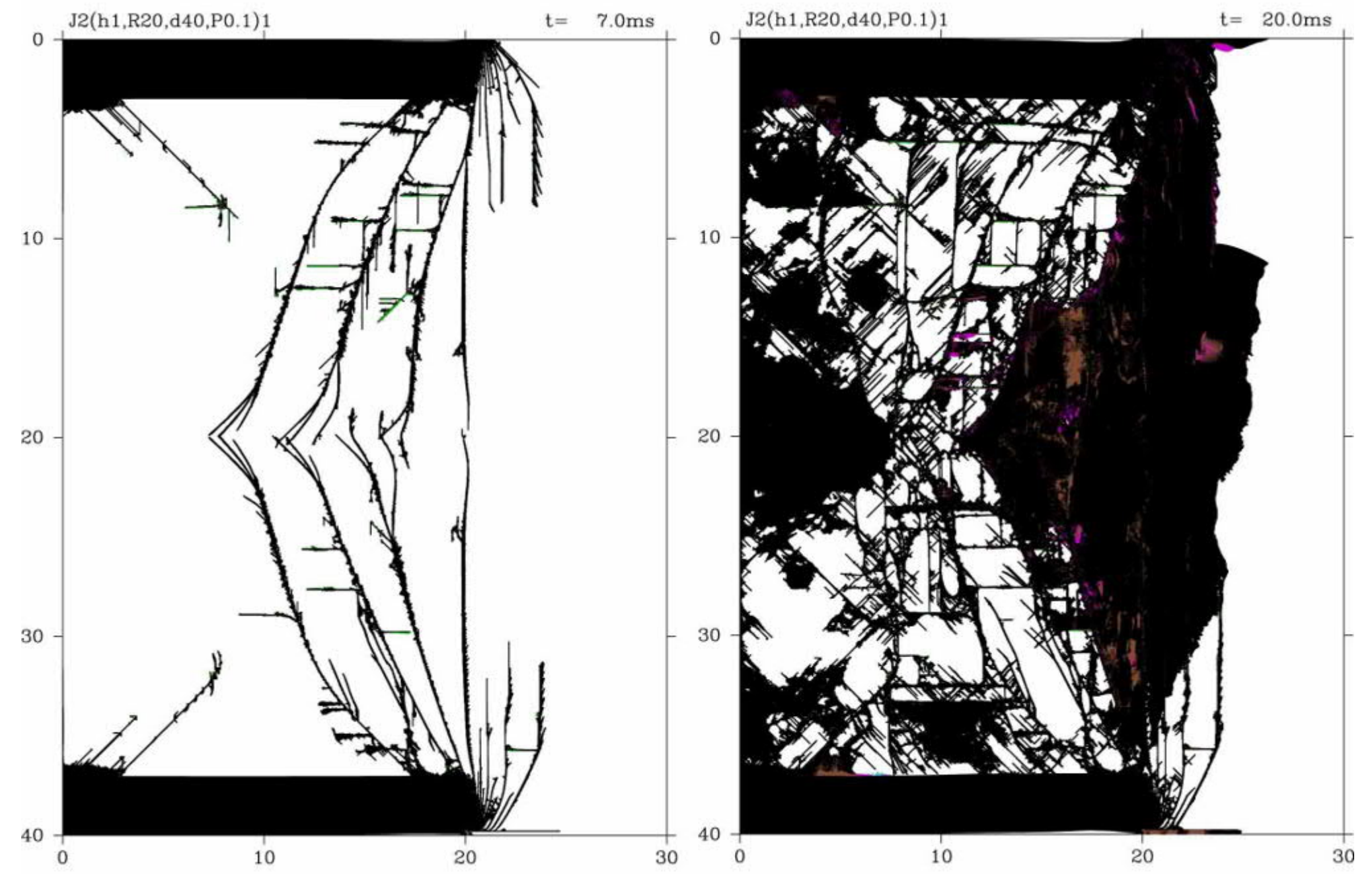
Днепр -1 ; Днепр – 2 – разрушение породы на месторождении твердых полезных ископаемых

Расчеты зон разрушения при взрывах в трещинах



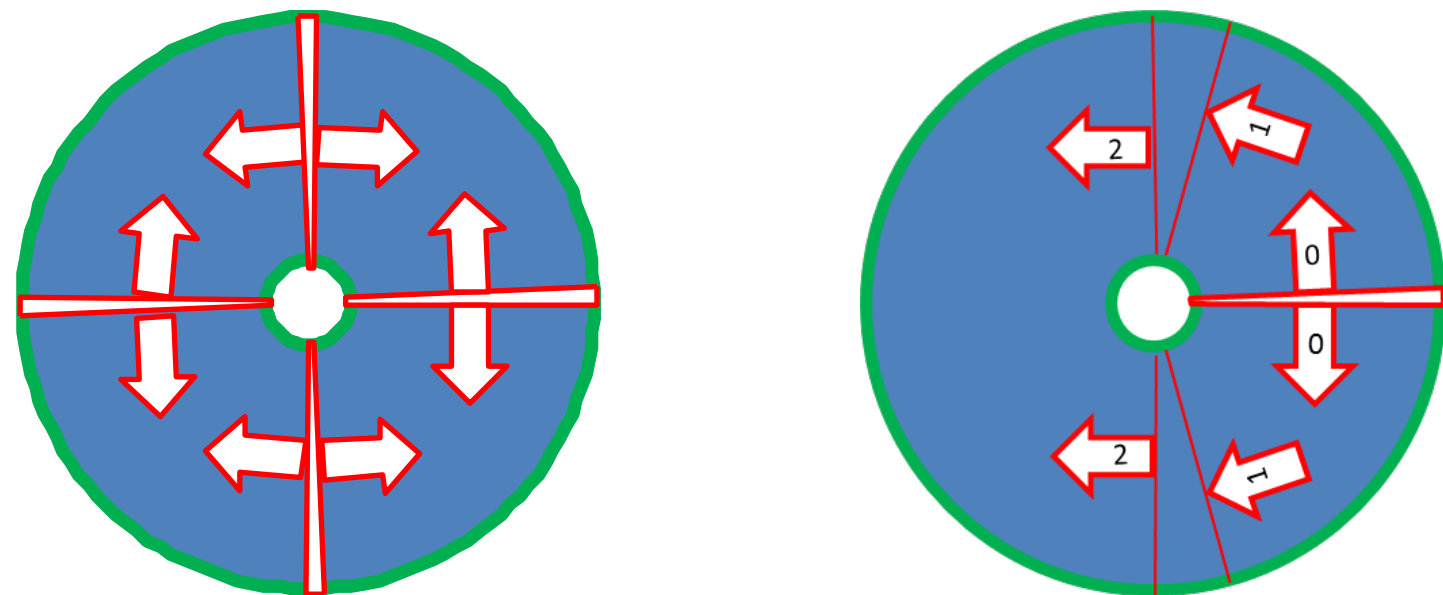
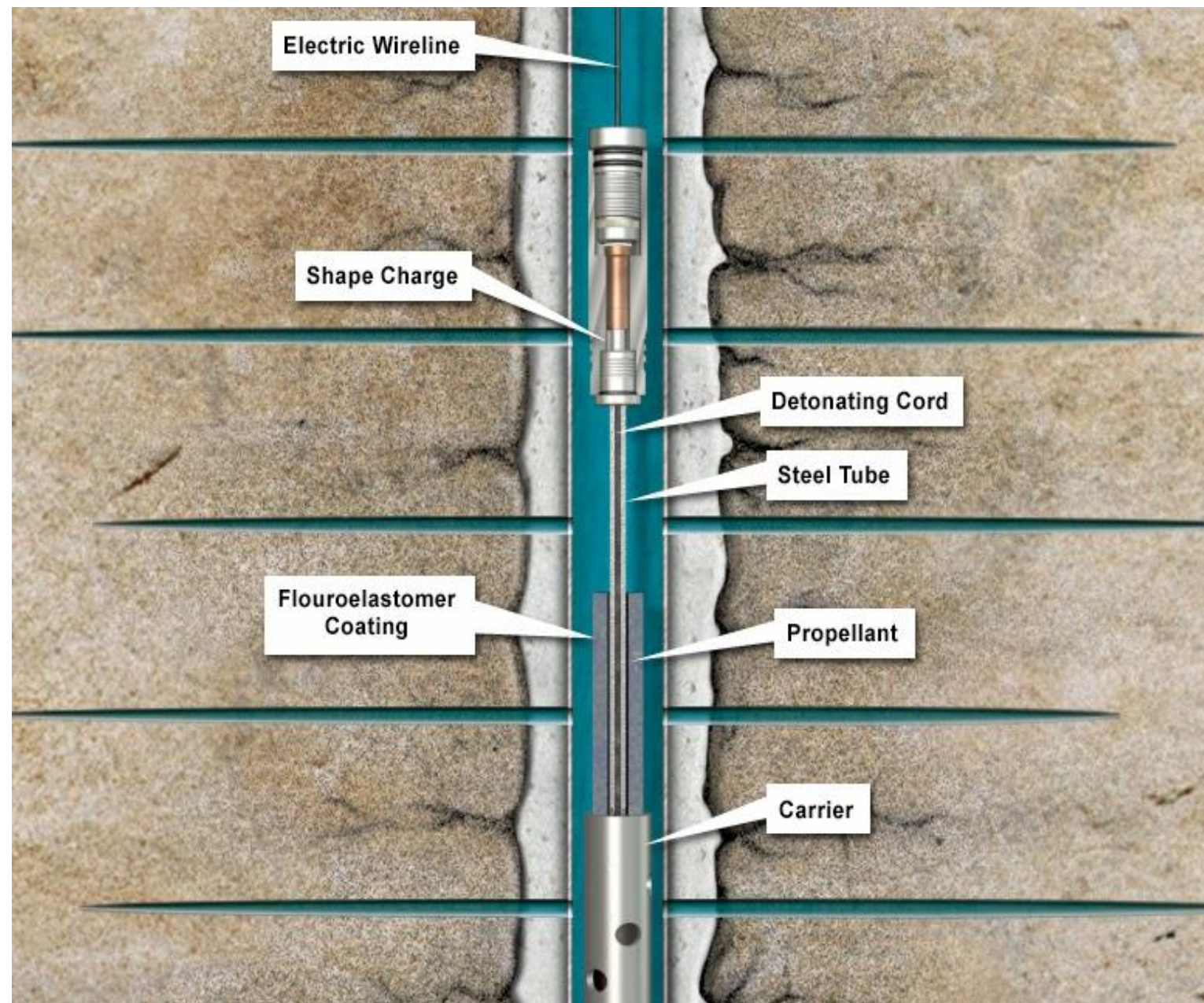
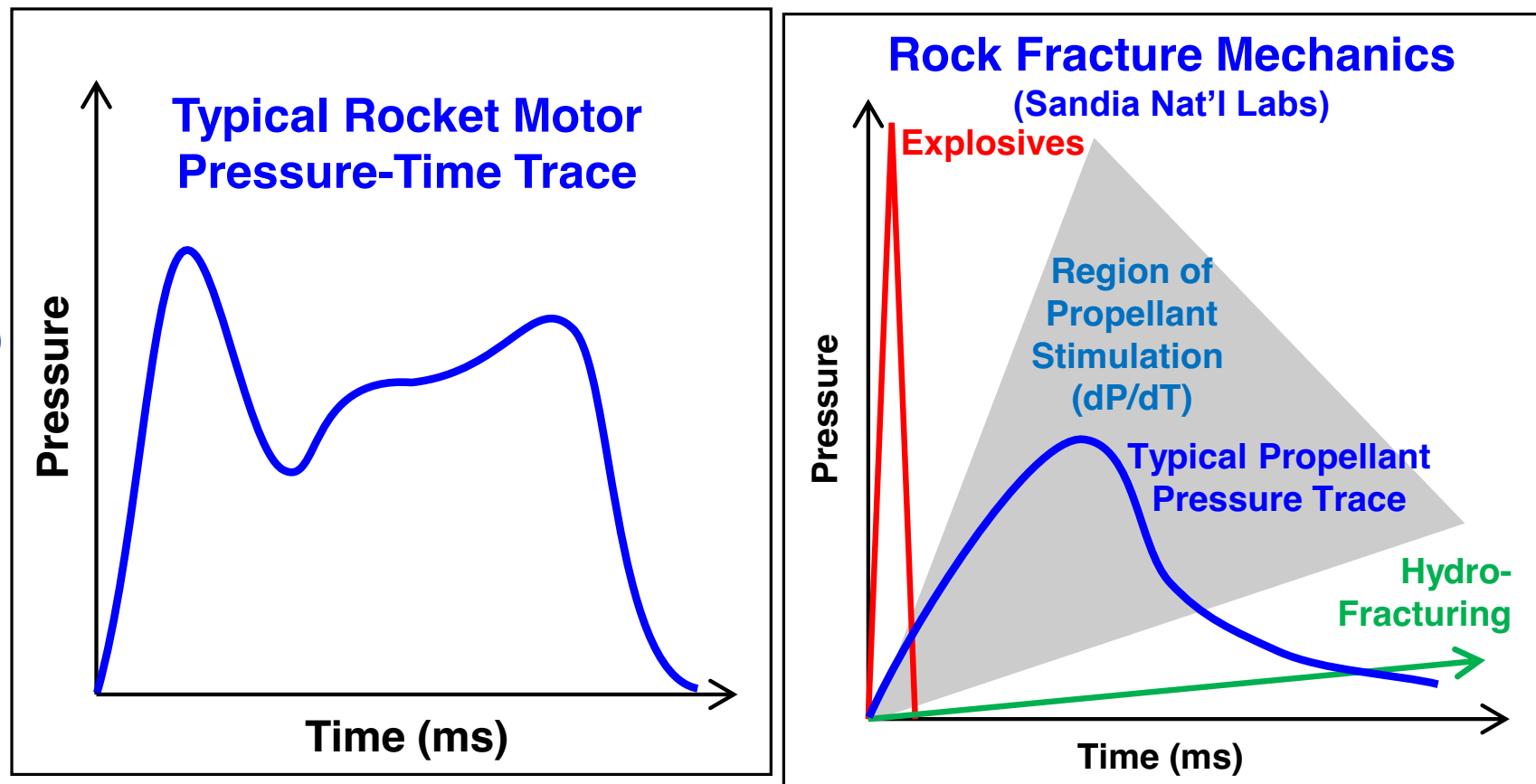
Влияние горного давления

а - $\sigma = 0$ б - $\sigma = 100 \text{ MPa}$



Два синхронных взрыва в соседних трещинах
слева $t=7\text{ms}$; справа $t=20\text{ms}$

Быстрое горение



Твердое ракетное топливо

Скорость горения при 340 atm

$$R_b = 12.7-51 \text{ mm/sec}$$

Температура горения

$$1650-3300^\circ\text{C}$$

Расчеты проведены с использованием двумерной осесимметричной явной частично-трехслойной произвольной эйлерово-лагранжевой методики с учетом переноса энергии излучением в одногрупповом параболическом диффузионном приближении.

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = \operatorname{div}(\rho \mathbf{u}) - \operatorname{div}(v_t \operatorname{grad} \rho),$$

$$\frac{\partial(\rho \mathbf{u})}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \mathbf{u} \otimes \mathbf{u}) = -\operatorname{grad} p^* + 2 \operatorname{div}(\mu \mathbf{D}) + \operatorname{div}(v_t \operatorname{grad} \rho \mathbf{u}),$$

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon + \mathbf{W})}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \varepsilon \mathbf{u} + \mathbf{W} \mathbf{u}) = -\mathbf{W}^* \operatorname{div} \mathbf{u} + 2\mu \mathbf{D}^2 + \mu_t (\nabla \mathbf{u})^2 + \operatorname{div}(v_t \operatorname{grad} \varepsilon \rho),$$

$$\mathbf{W} = -\frac{1}{3\kappa} \operatorname{grad} U,$$

$$\frac{1}{c} \frac{\partial U}{\partial t} = \operatorname{div} \mathbf{W} = \kappa(U_p - U),$$

$$p^* = p - \left(\xi + \frac{2}{3} \mu\right) \operatorname{div} \mathbf{u} \quad p = p(\rho, T), \quad \varepsilon = \varepsilon(\rho, T) \quad \kappa = \kappa(\rho, T)$$

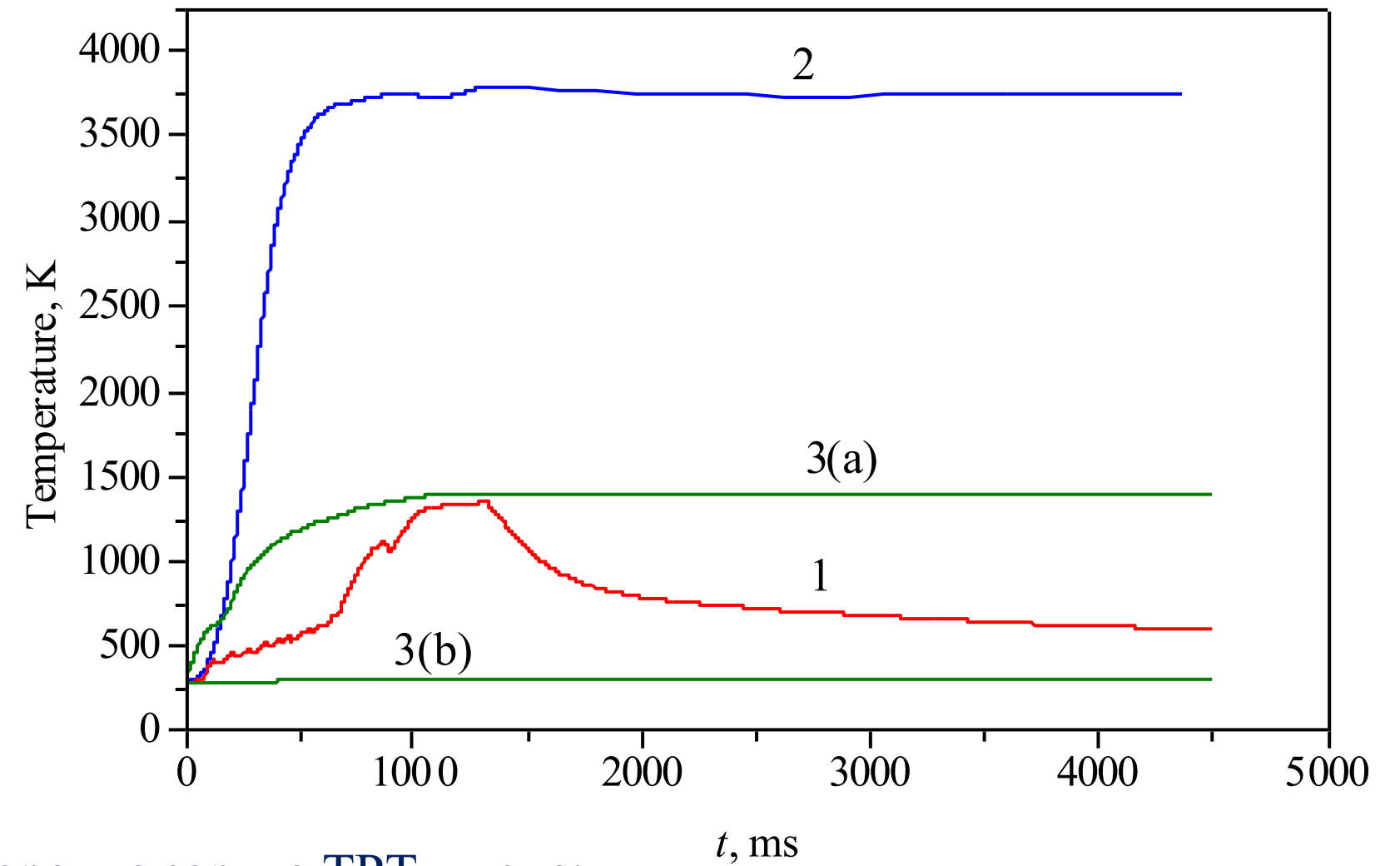
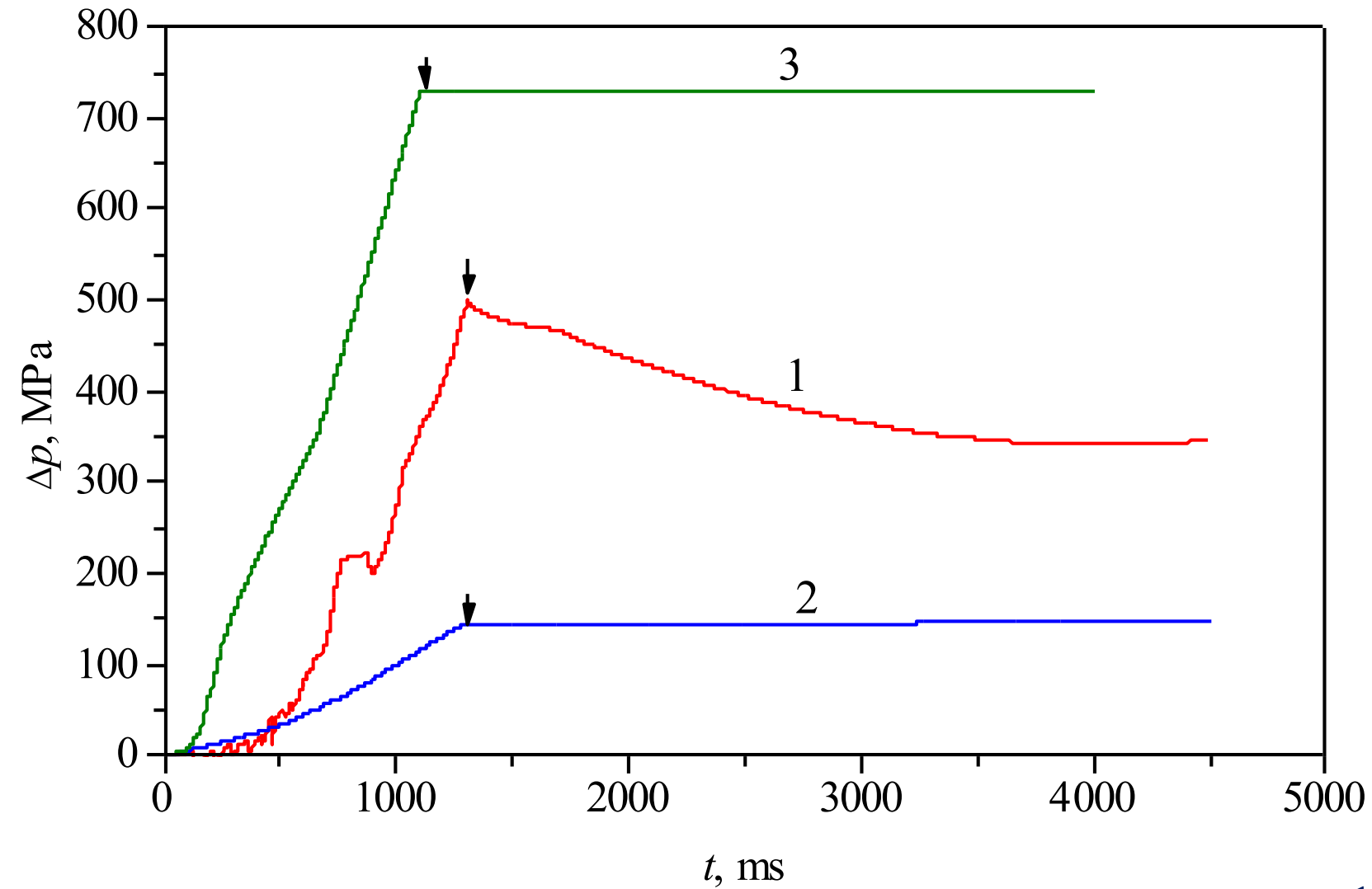
$\mathbf{u} = \{u_r, u_z\}$ – вектор скорости движения вещества, p – давление, ε – удельная внутренняя энергия, \mathbf{D} – тензор скоростей деформации, c – скорость света, U – плотность энергии излучения, U_p – плотность энергии равновесного излучения, κ – коэффициент поглощения излучения, \mathbf{W} – поток излучения, отнесённый к скорости света, ρ , T – плотность и температура вещества, ξ , μ – коэффициенты вязкости, μ_t – коэффициент турбулентной вязкости.

РАСЧЕТ ИМПУЛЬСА ДАВЛЕНИЯ

Заряд ТРТ между двумя бесконечно жесткими пакерами

Давление

Температура



1 – горение заряда ТРТ в воде;

2 – горение заряда ТРТ в воздухе;

3 – горение заряда ТРТ в воде.

(Расчет без учета затрат энергии на нагрев и испарение воды)

1 – горение заряда ТРТ в воде;

2 – горение заряда ТРТ в воздухе;

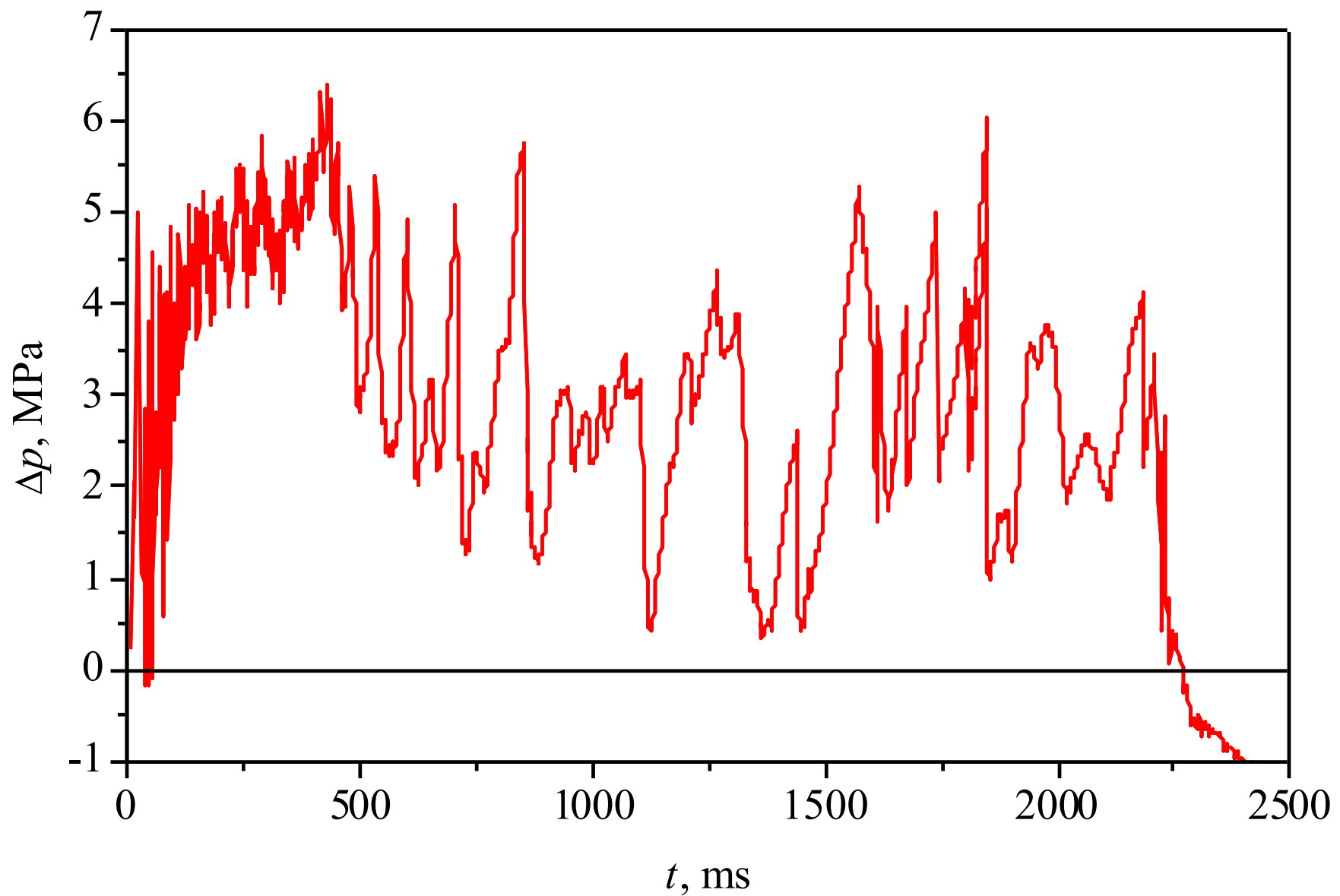
3 – горение заряда ТРТ в воде. Расчет без учета затрат энергии на нагрев и испарение воды.

3(a) – температура в продуктах горения;

3(b) – температура в воде.

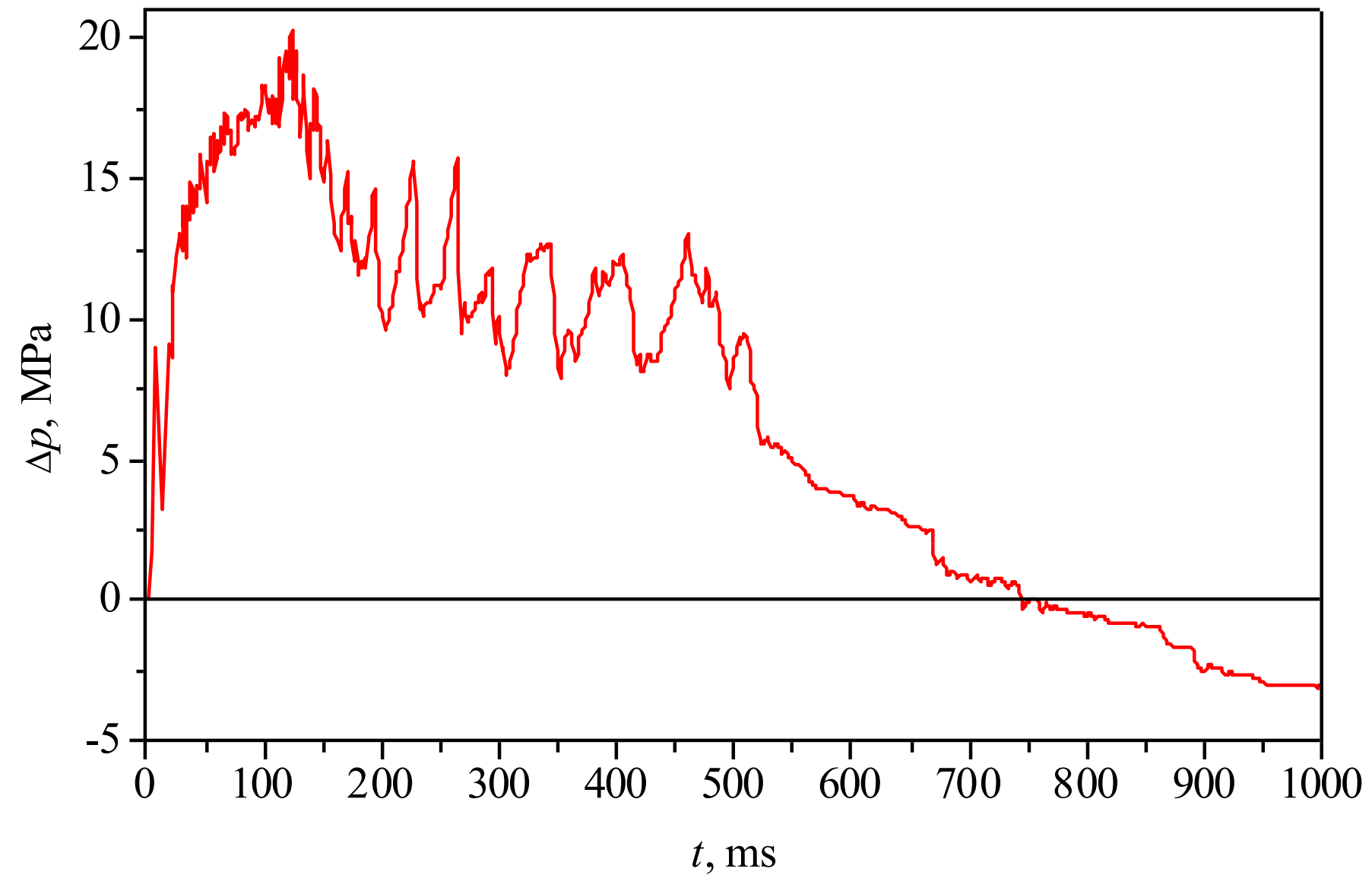
ГОРЕНИЕ ЗАРЯДА ТРТ В ЗАПОЛНЕННОЙ ВОДОЙ СКВАЖИНЕ БЕЗ ПАКЕРОВ

Избыточное давление



Скорость горения меньше

Избыточное давление

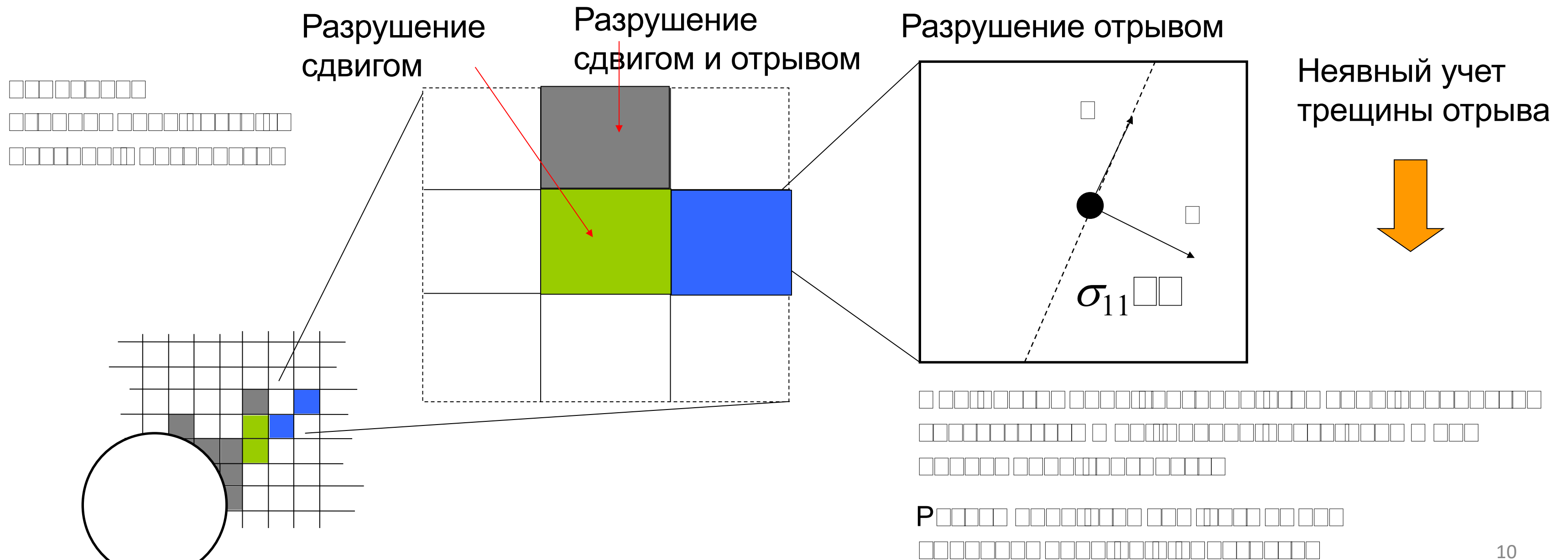


Скорость горения больше

Расчеты проведены с использованием двумерной вычислительной программы, разработанной на основе численного метода с использованием лагранжевых сеток

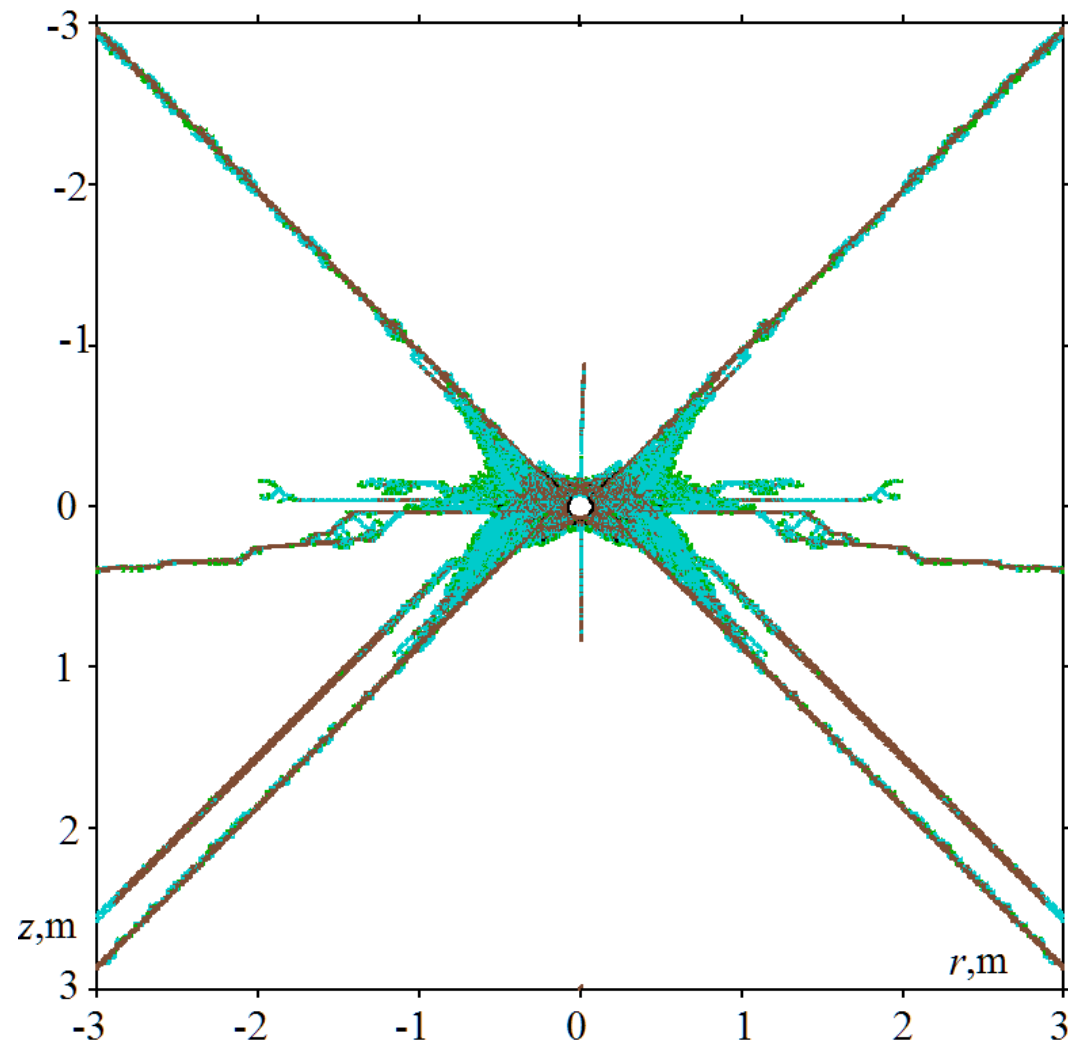
При достижении критерия разрушения в ячейке, она считается разрушенной и меняет свойства

Каждая ячейка может быть разрушена как сдвигом так и отрывом одновременно

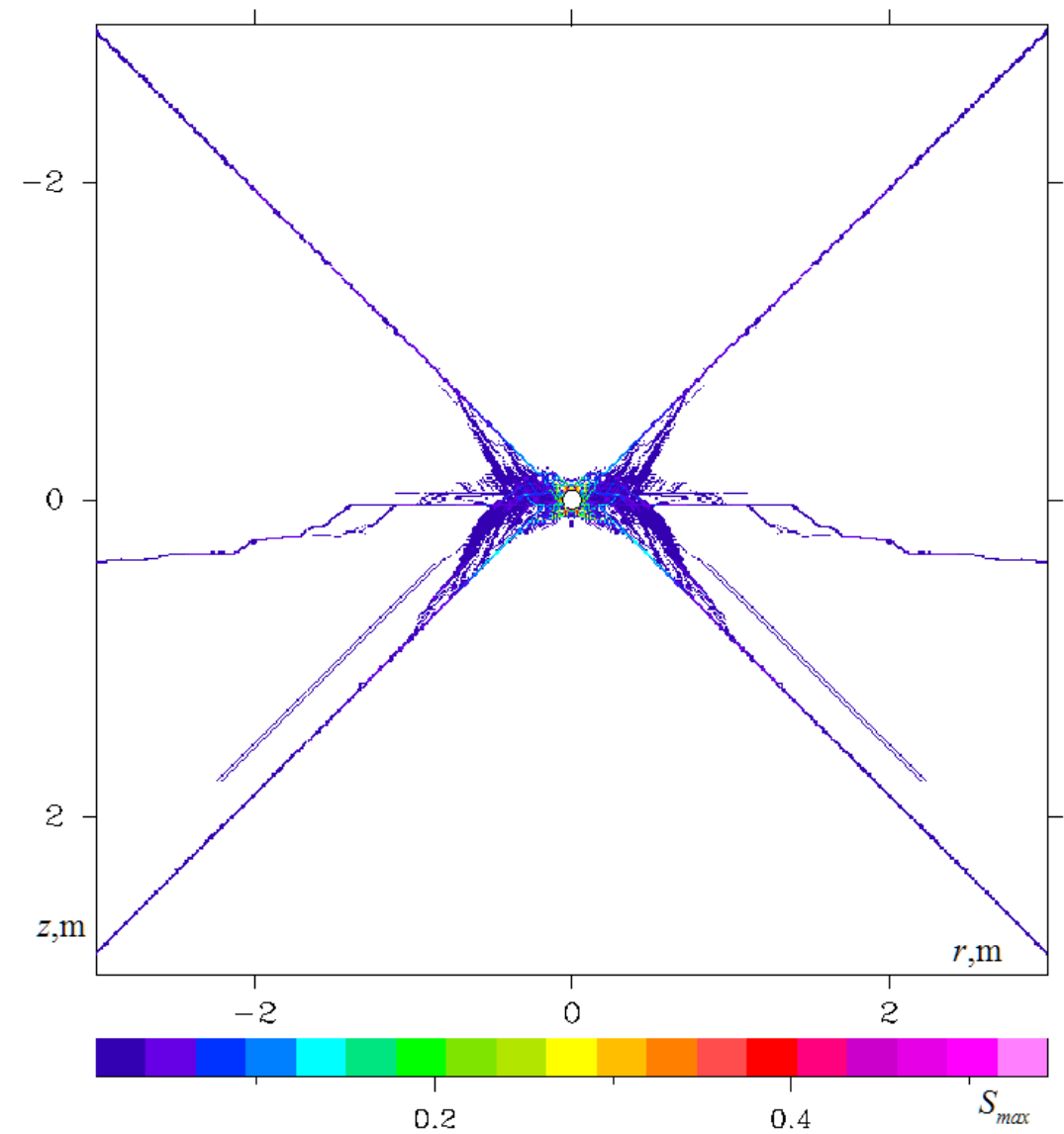


РЕЗУЛЬТАТЫ ТЕСТОВОГО РАСЧЕТА

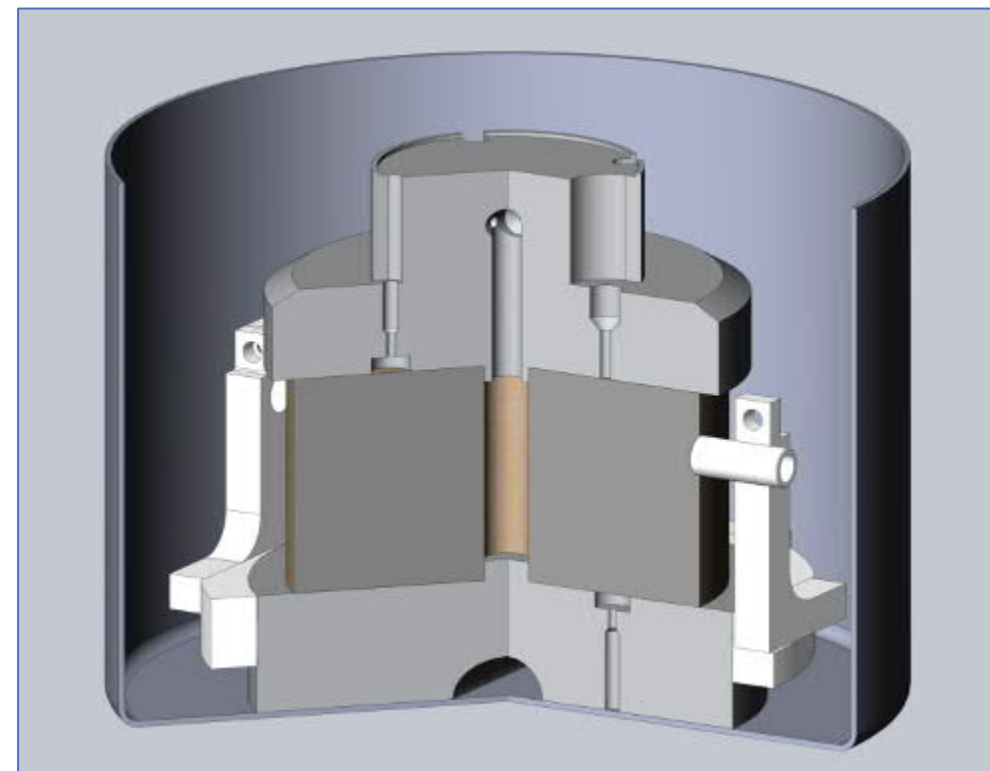
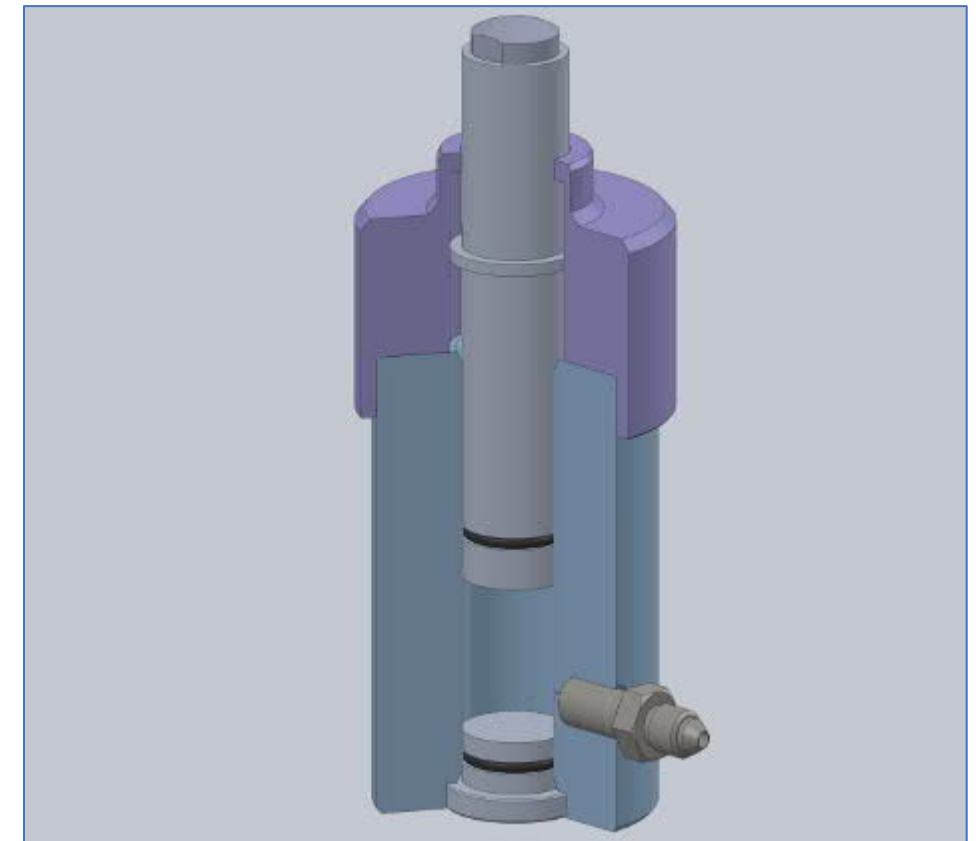
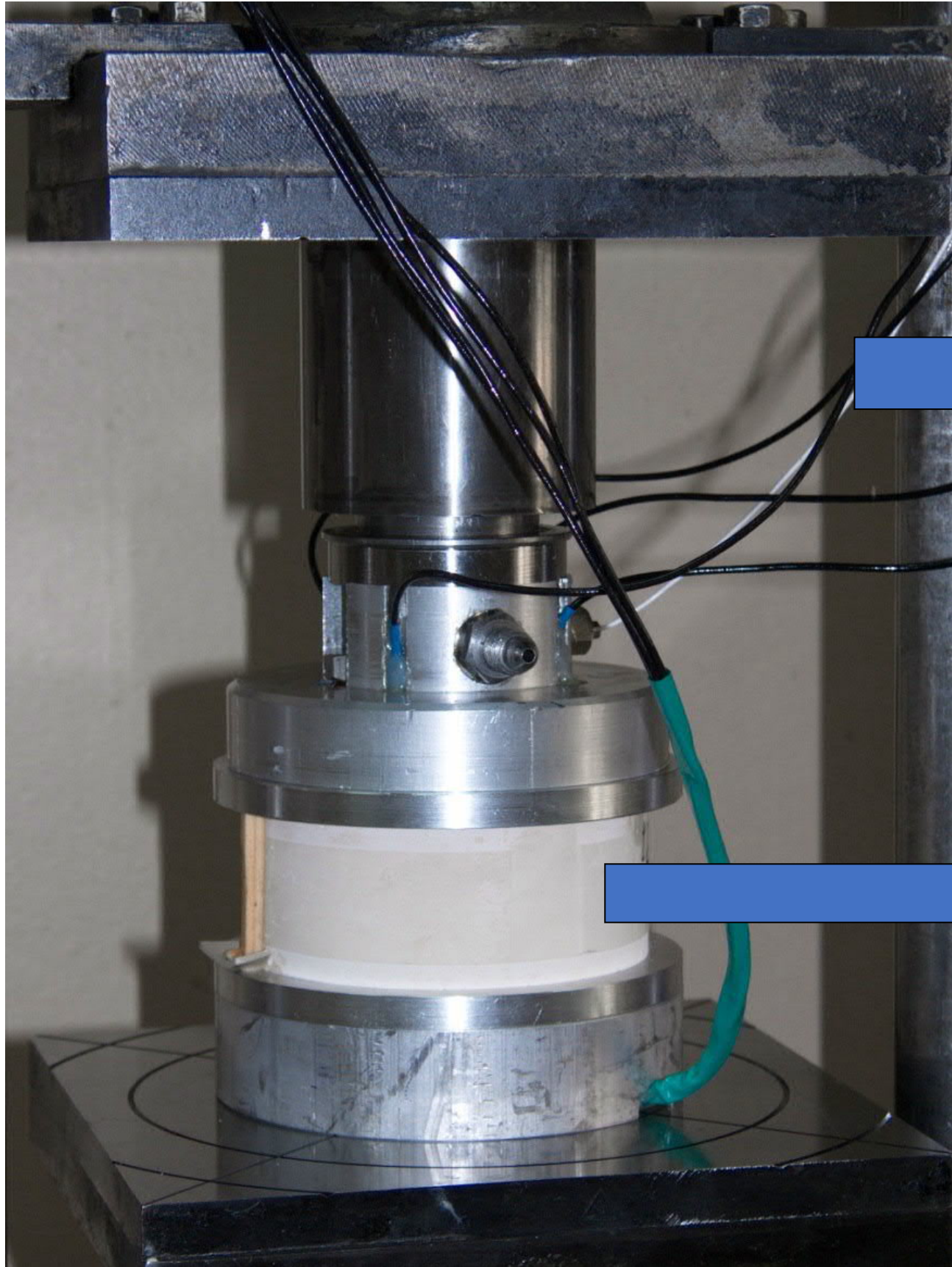
Фрагмент зоны разрушения пласта в окрестности скважины в момент времени $t=14$ мс (цвет ячеек означает способ разрушения в ячейках)

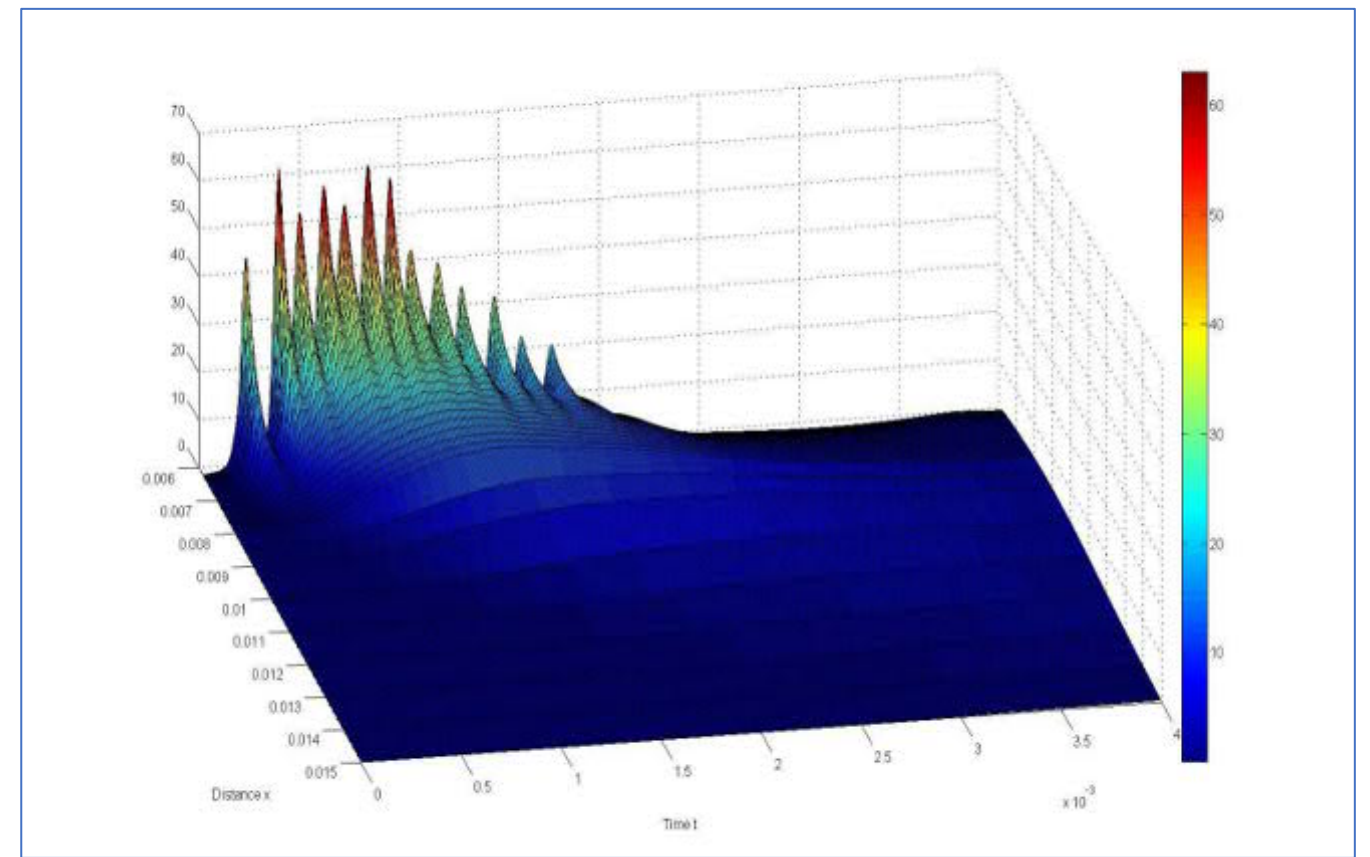
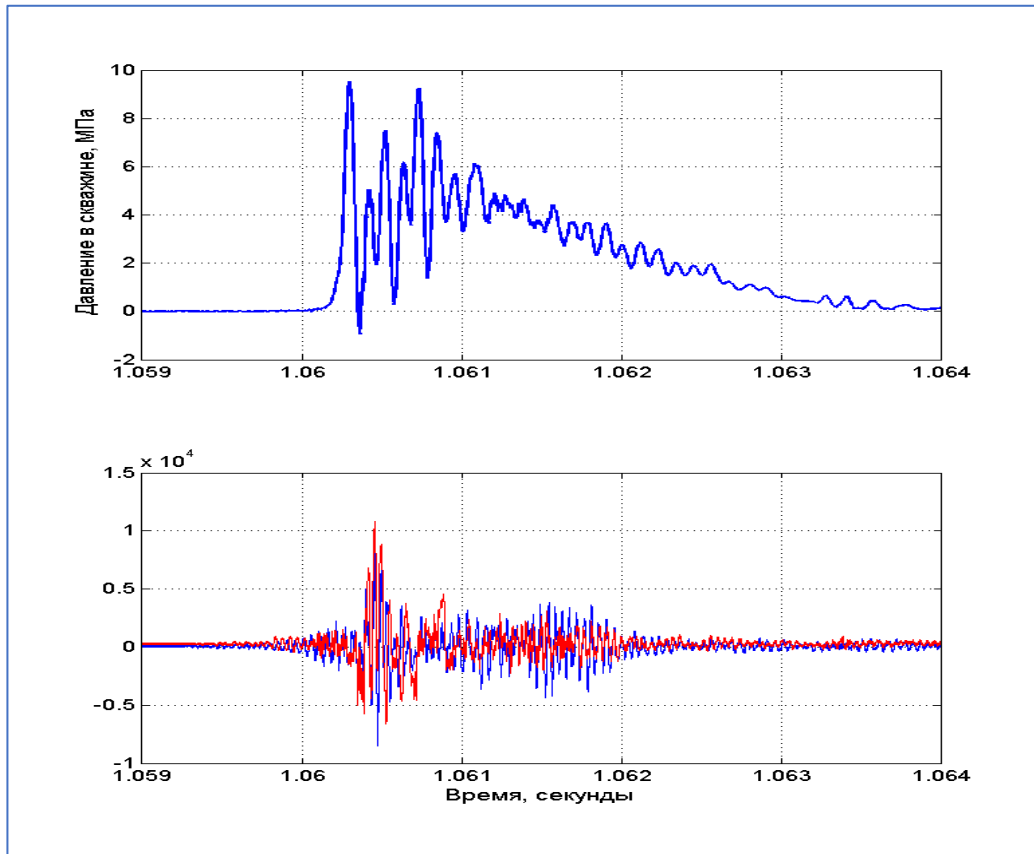


Пространственное распределение максимальных значений интенсивности деформации сдвига в окрестности скважины (в поврежденных ячейках)



Лабораторное моделирование импульсного ГРП





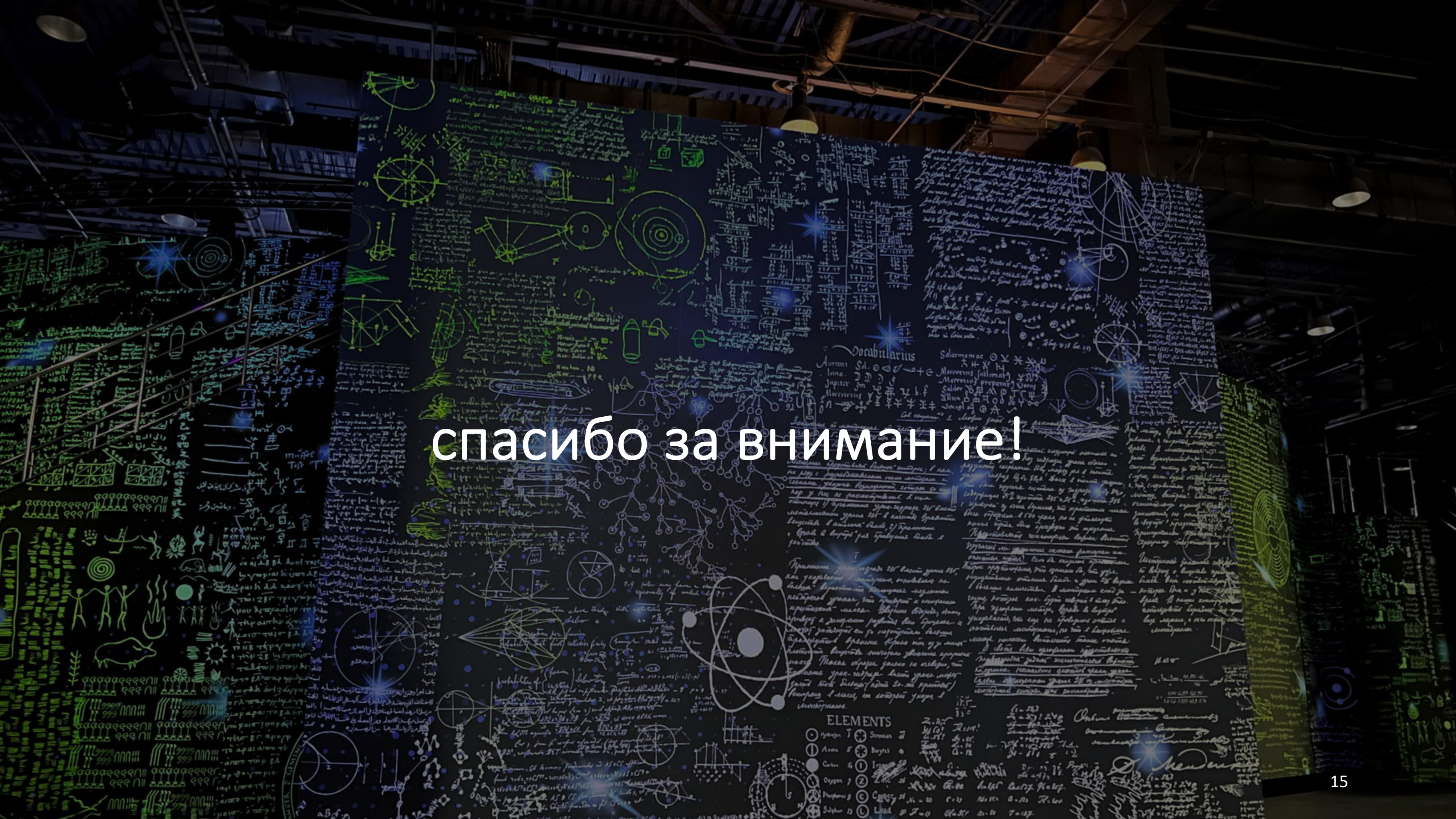
Трещина возникает при амплитуде импульса 6-10 МПа



Заключение

- Импульсное воздействие на призабойную зону пласта приводит к разрушению породы, пространственные размеры возникающих трещин зависят от амплитуд и длительности импульсов.
- Вопросы подбора ВВ или ТРТ требуют проведения численных и лабораторных экспериментов с дальнейшей верификацией в полевых условиях на полигонах.
- Вопросы инициирования ВВ или создания той или иной формы импульса при сгорании ТРТ решаемы.
- Принятие решения о применении импульсного воздействия необходимо принимать на основе предварительных расчетов.

спасибо за внимание!



Vocabularius

Aurum	☉	Mercurius	☿
Luna	☾	Mercurius	☿
Jupiter	♃	Salvator	☩
Mercurius	☿	Almus	☽
		Immolator	☼

ELEMENTS

1	Hydrogen	1	Hydrogen
2	Helium	2	Helium
3	Lithium	3	Lithium
4	Beryllium	4	Beryllium
5	Boron	5	Boron
6	Carbon	6	Carbon
7	Nitrogen	7	Nitrogen
8	Oxygen	8	Oxygen
9	Fluorine	9	Fluorine
10	Neon	10	Neon
11	Sodium	11	Sodium
12	Magnesium	12	Magnesium
13	Aluminum	13	Aluminum
14	Silicon	14	Silicon
15	Phosphorus	15	Phosphorus
16	Sulfur	16	Sulfur
17	Chlorine	17	Chlorine
18	Argon	18	Argon
19	Potassium	19	Potassium
20	Calcium	20	Calcium