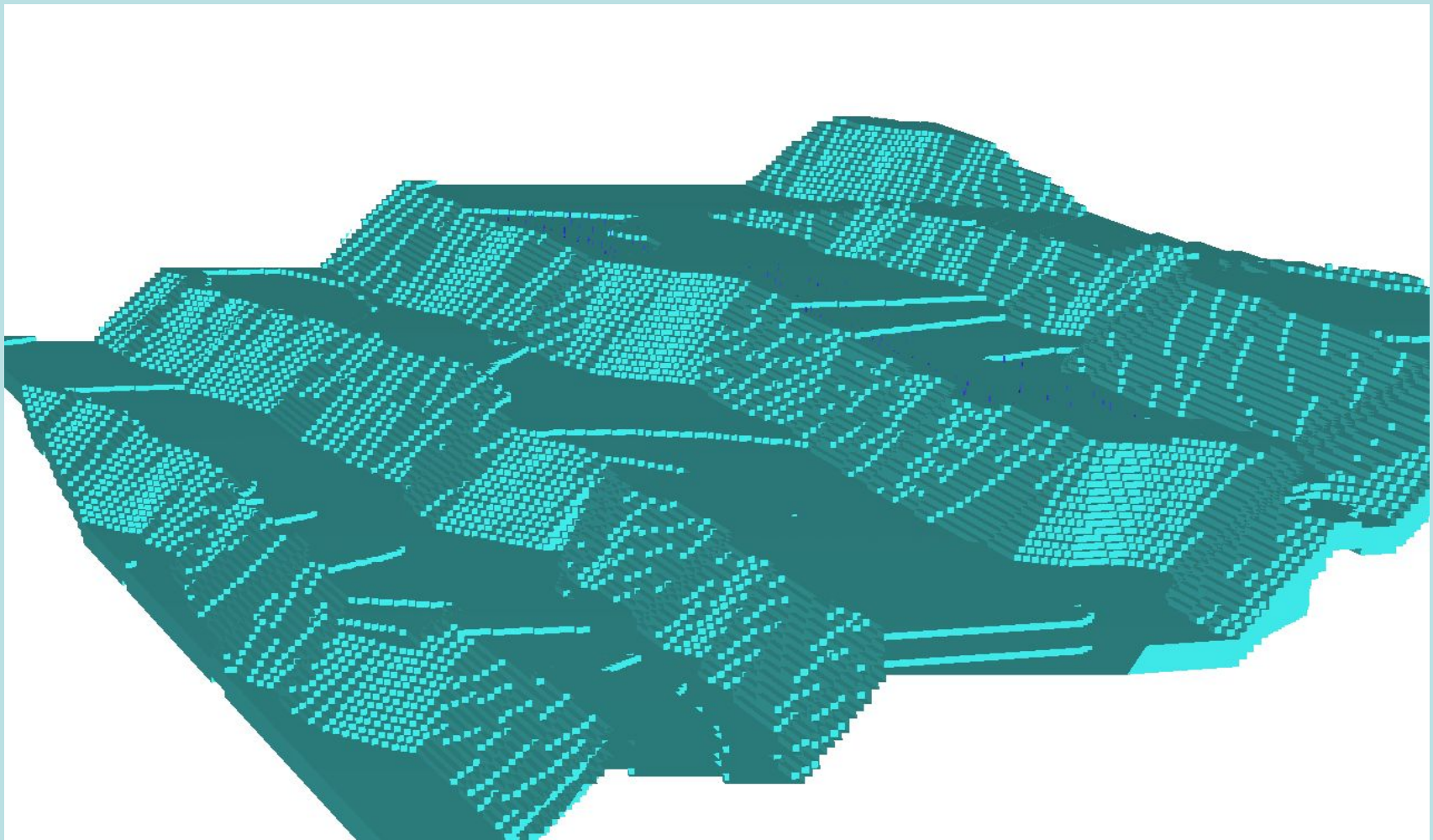


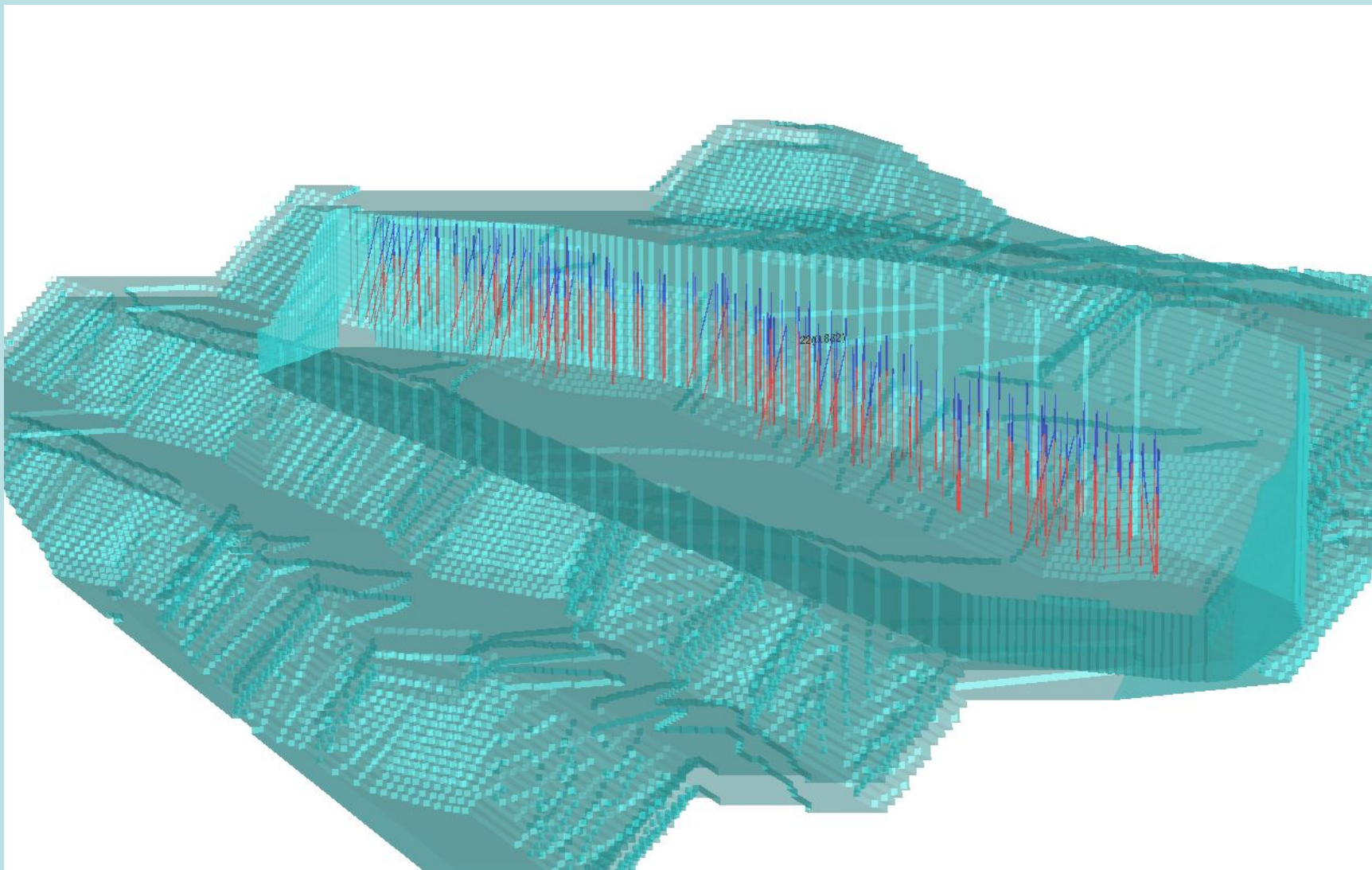
# ФГУП В И О Г Е М

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ, АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И  
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ  
КОМПОНЕНТОВ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ КАЧЕСТВО  
РУД, В РАЗВАЛЕ РАЗРУШЕННОЙ ВЗРЫВОМ  
ГОРНОЙ МАССЫ НА КАРЬЕРАХ

# Блочная модель буровзрывного блока

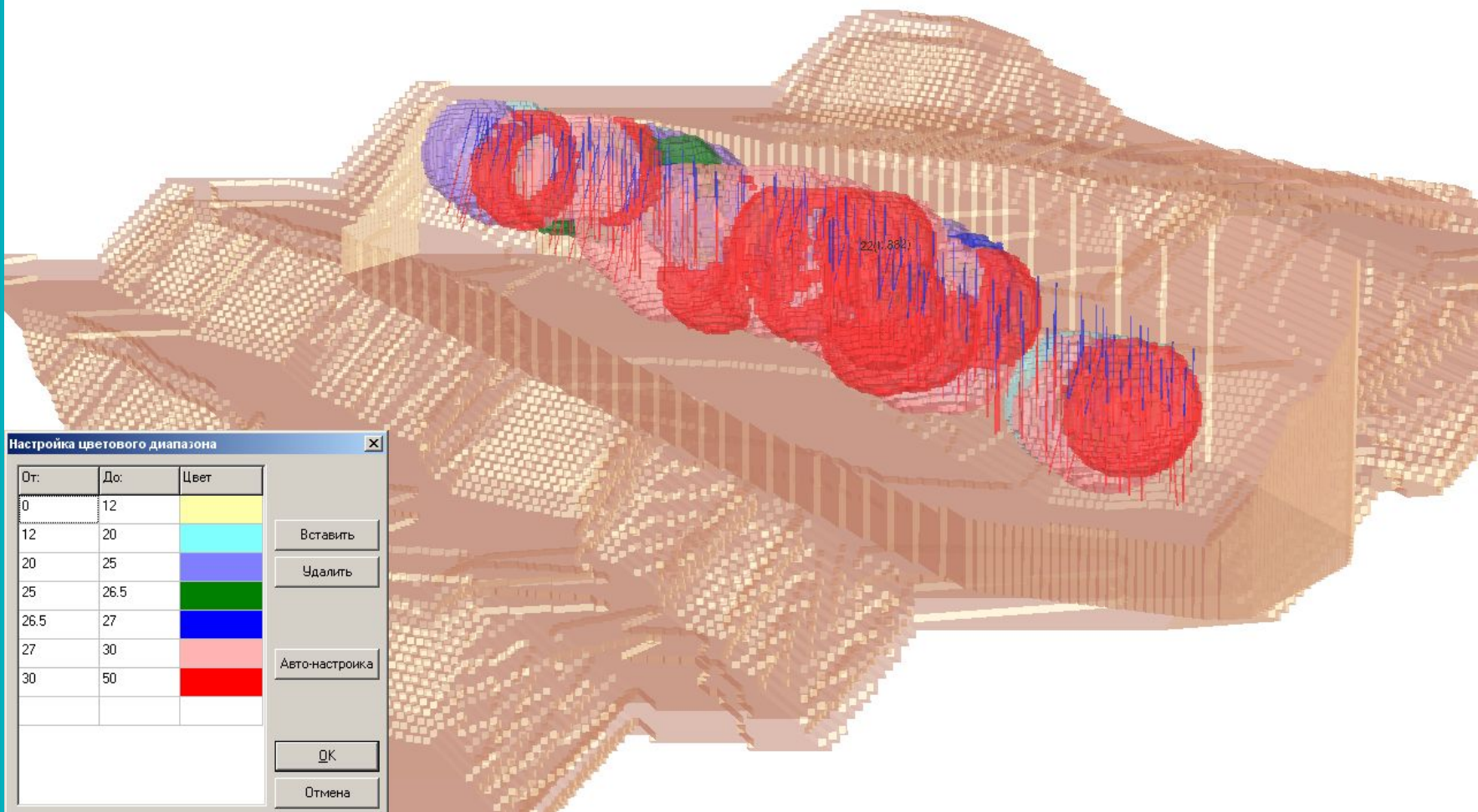


## Пространственное расположение БВР скважин





# Распределение полезного компонента в целике



# Определение области разрушения при взрыве одного ряда скважин

Закон сохранения импульса  $\rho \frac{d}{dt} V = -grad(p) + F$   
 где  $\rho$  – плотность среды;  $\mathbf{V}$  – вектор скорости частиц среды;  $p$  – давление;  $\mathbf{F}$  – вектор массовых сил.

$$\mathbf{V}(x, y, z) = grad \varphi(x, y, z)$$

где  $\varphi(x, y, z) = -P(x, y, z) / \rho(x, y, z)$        $P = \int_0^t p dt$

Пользуясь уравнением сохранения массы ( $div \mathbf{V} = 0$ ), получаем уравнение Лапласа:

$$\varphi_{xx}(x, y, z) + \varphi_{yy}(x, y, z) + \varphi_{zz}(x, y, z) = 0$$

$$\varphi|_{S_n} = - \int_0^{\tau_B} 2p(t)(V/V_0)^{1,25} / ((1 + \rho_{BB} D / (\rho_c D_c)) dt) / \rho_c \quad p(t) = \frac{1}{8} \rho_{BB} D^{8/3} L^{-2/3} t^{2/3} \exp(1 - (Dt/L)^{2/3})$$

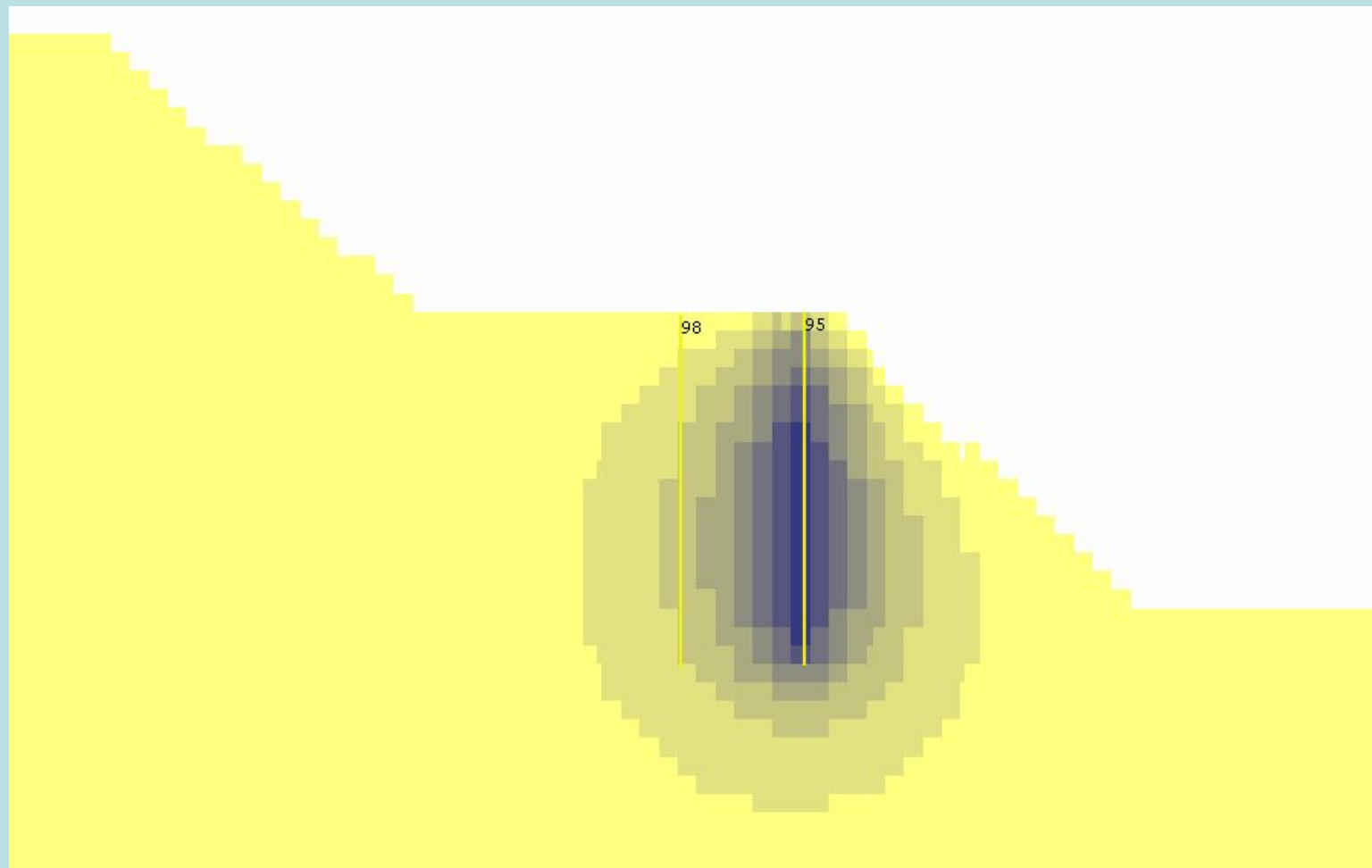
$\rho_{BB}$  – плотность заряда;  $D$  – скорость детонации;  $\rho_c$  – плотность среды;  $V, V_0$  – конечный и начальный объемы продуктов взрыва;  $D_c$  – скорость детонационной волны в среде,  $L$  – длина заряда,  $\tau_B$  – время до вылета забойки,  $t(z)$  – момент времени, при котором нижний срез забойки проходит расстояние  $z$  от своего первоначального положения.

$$V_{kp} = \sigma_{kp} / \sqrt{\rho E} \quad a \leq V_{kp} / \sqrt{D/3}$$

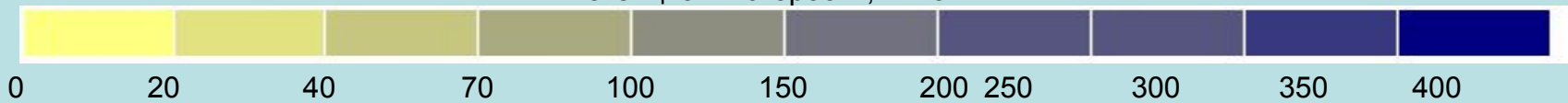
где  $\sigma_{kp}$  – предельное напряжение на сжатие, растяжение или сдвиг;  $\rho$  – плотность среды;  $E$  – модуль упругости среды;  $a$  – радиус области, которая должна сохраниться целой,  $D$  – критерий дробимости, который равен:

$$D = \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2} \right)^2 + \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2} \right)^2 + \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z^2} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y \partial z} \right)^2 + 2 \left( \frac{\partial^2 \varphi}{\partial z \partial x} \right)^2$$

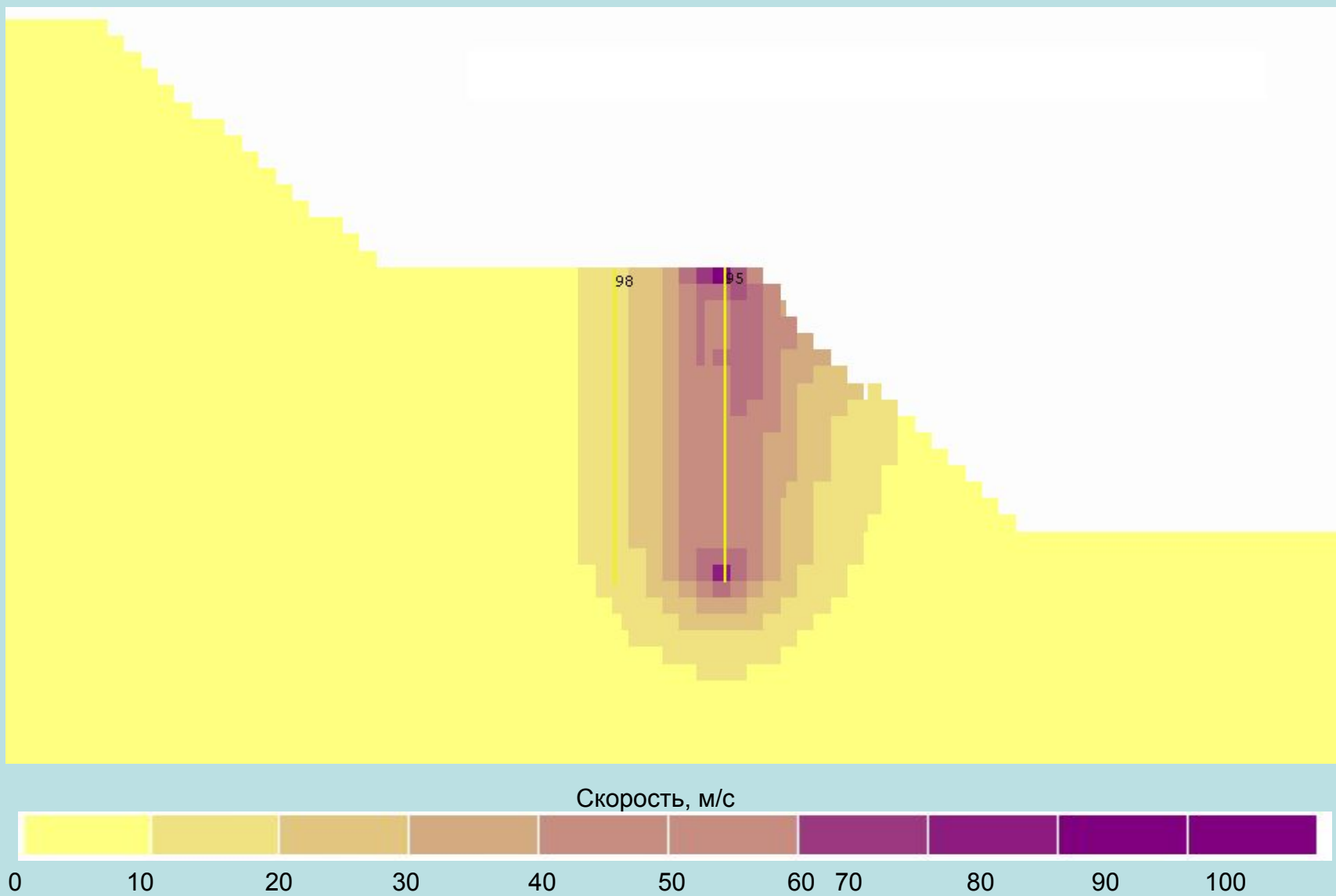
# Распределение потенциалов скоростей



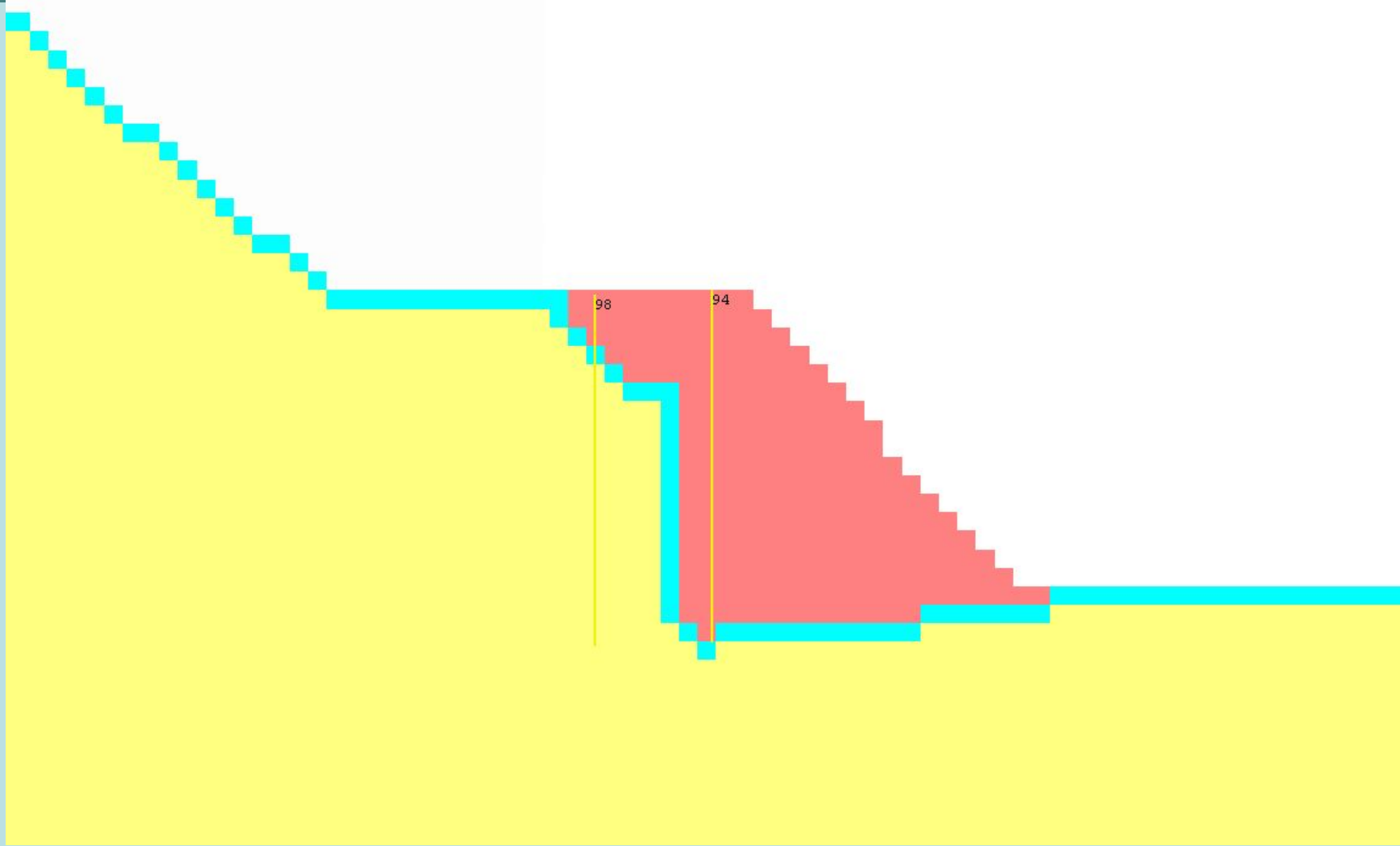
Потенциалы скорости, м<sup>2</sup>/с



# Распределение скоростей после первого этапа



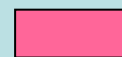
# Разрушенная область



- целик



- граница



- разрушенная область



# Этап дезинтеграции разрушенной части БВР блока

$$K_p = (V_2 - V_1) / V_1 = \tau_p (\partial v_x / \partial x + \partial v_y / \partial y + \partial v_z / \partial z)$$

где  $V_2, V_1$  - соответственно значения элементарных объемов до и после разрыхления;  $v, v_x, v_y, v_z$ , вектор скорости и его проекции

$$A = (A_1 V_1 + A_2 V_2) / (V_1 + V_2)$$

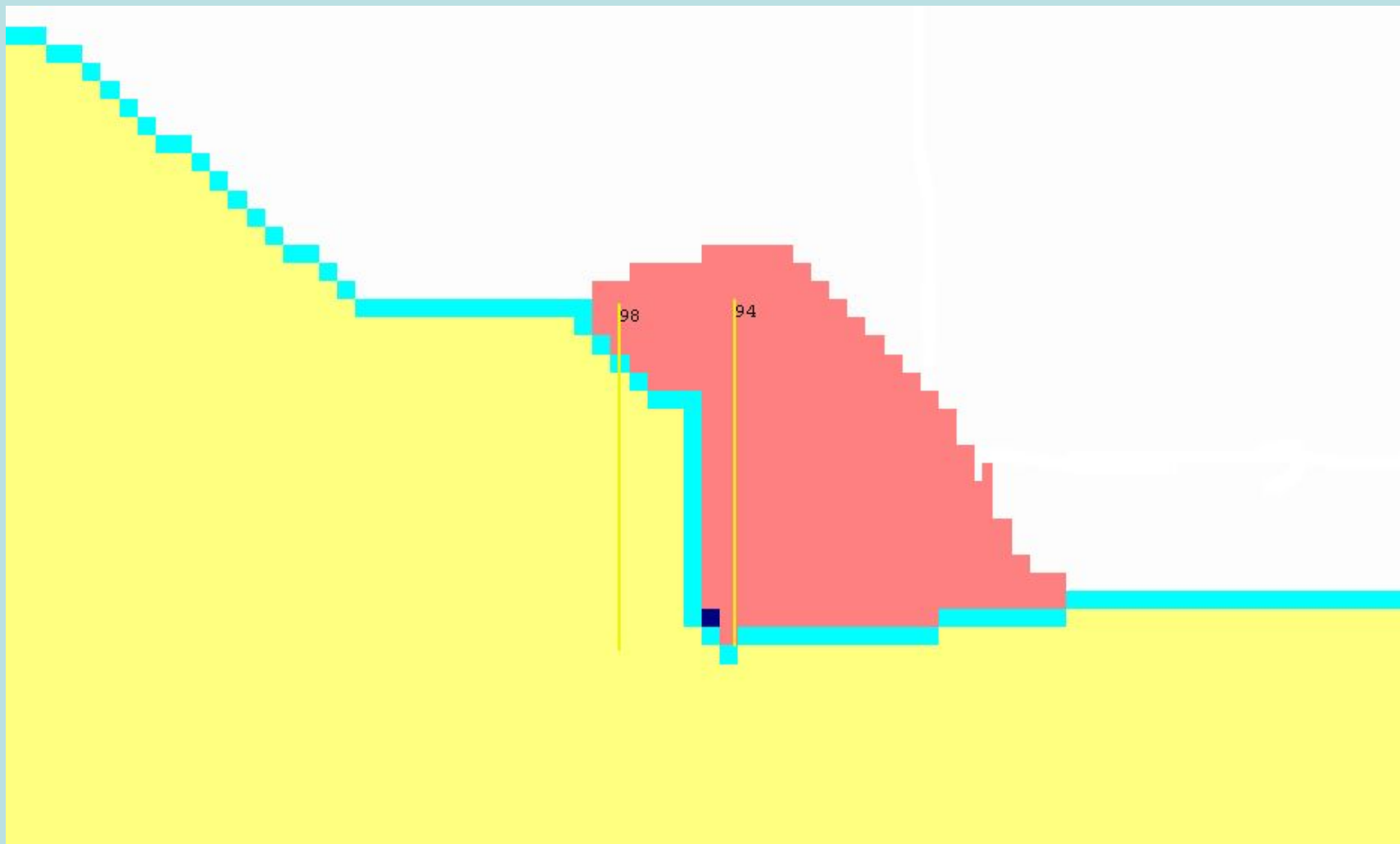
где  $A$  - новое значение параметра;  $A_1 V_1$  - значение параметра и объема перед перераспределением объемов;  $A_2 V_2$  - значение параметра и объема приходящие в ячейку при перераспределении объемов.

Перерасчет скоростей элементарных ячеек выполняется по формуле:

$$U_i = \Delta V_i / S_i \tau_p$$


где  $\Delta V_i$  - перемещаемый в направлении  $i$ -ой координаты объем;  $v_i$  - новое значение проекции скорости на  $i$ -ую ось;  $S_i$  - площадь поперечного сечения;  $\tau_p$  - время дезинтеграции.

# Перераспределение объёмов на этапе дезинтеграции

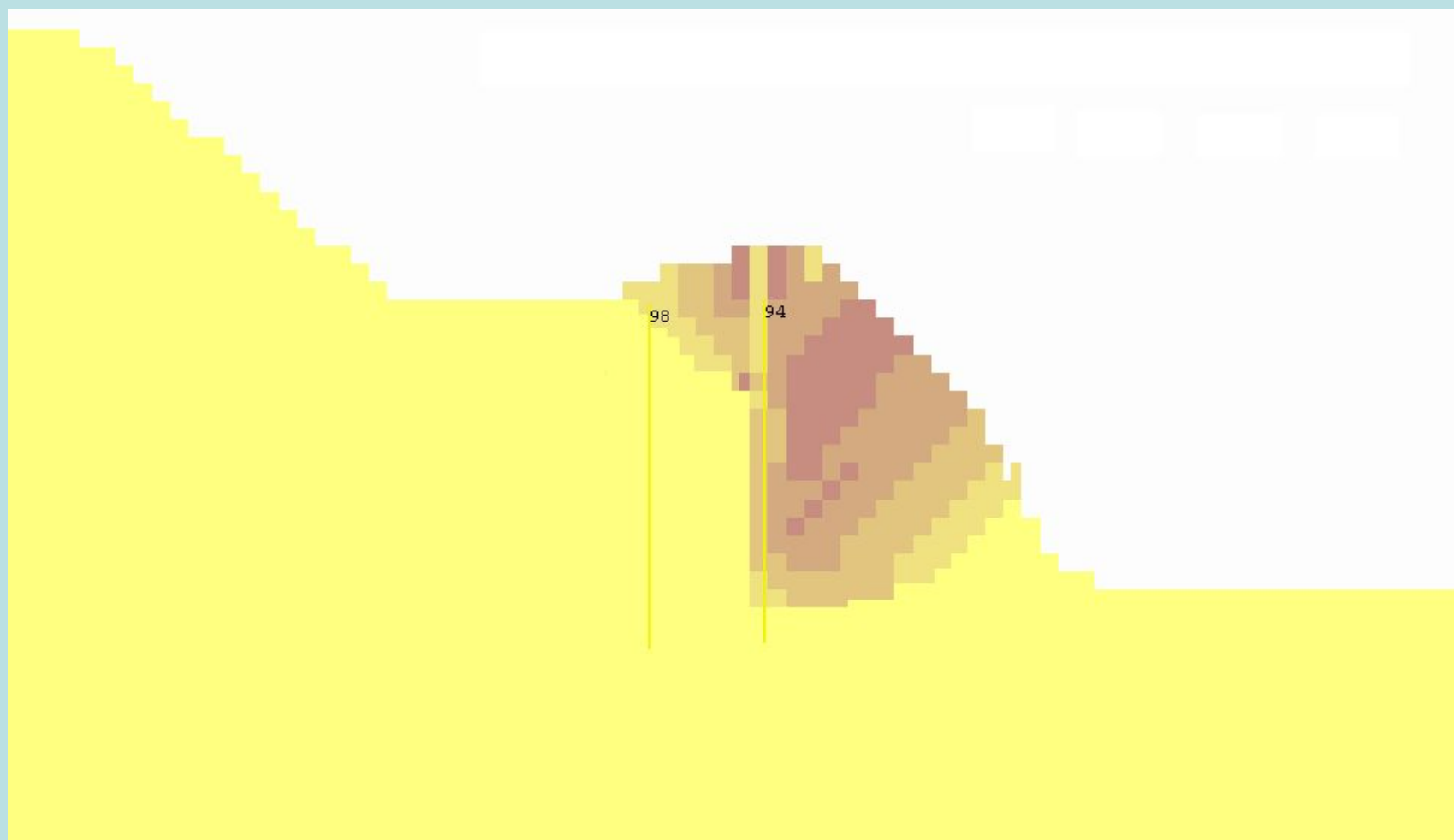


 - целик

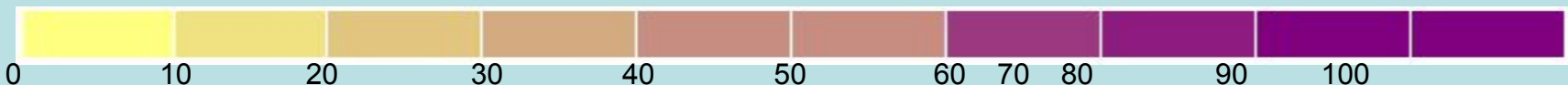
 - граница

 - разрушенная область

# Перераспределение скоростей на этапе дезинтеграции



Скорость, м/с



# Баллистика разрушенной части БВР блока

. Общие уравнения баллистического движения в векторной форме имеют вид [6]:

$$dv/dt = -bv|v| + g$$

, где  $\mathbf{v}$  – вектор скорости движения куска породы;  $\mathbf{g}$  – ускорение свободного падения;  $t$  – время;  $b$  – коэффициент сопротивления.

В проекциях на оси декартовой системы координат уравнения баллистики будут иметь вид:

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = -bV_x V \\ \frac{dV_y}{dt} = -bV_y V \\ \frac{dV_z}{dt} = -bV_z V - g \end{cases}$$

, где  $v_x = dx/dt$   $v_y = dy/dt$   $v_z = dz/dt$  – проекции вектора скорости на оси декартовой системы координат.

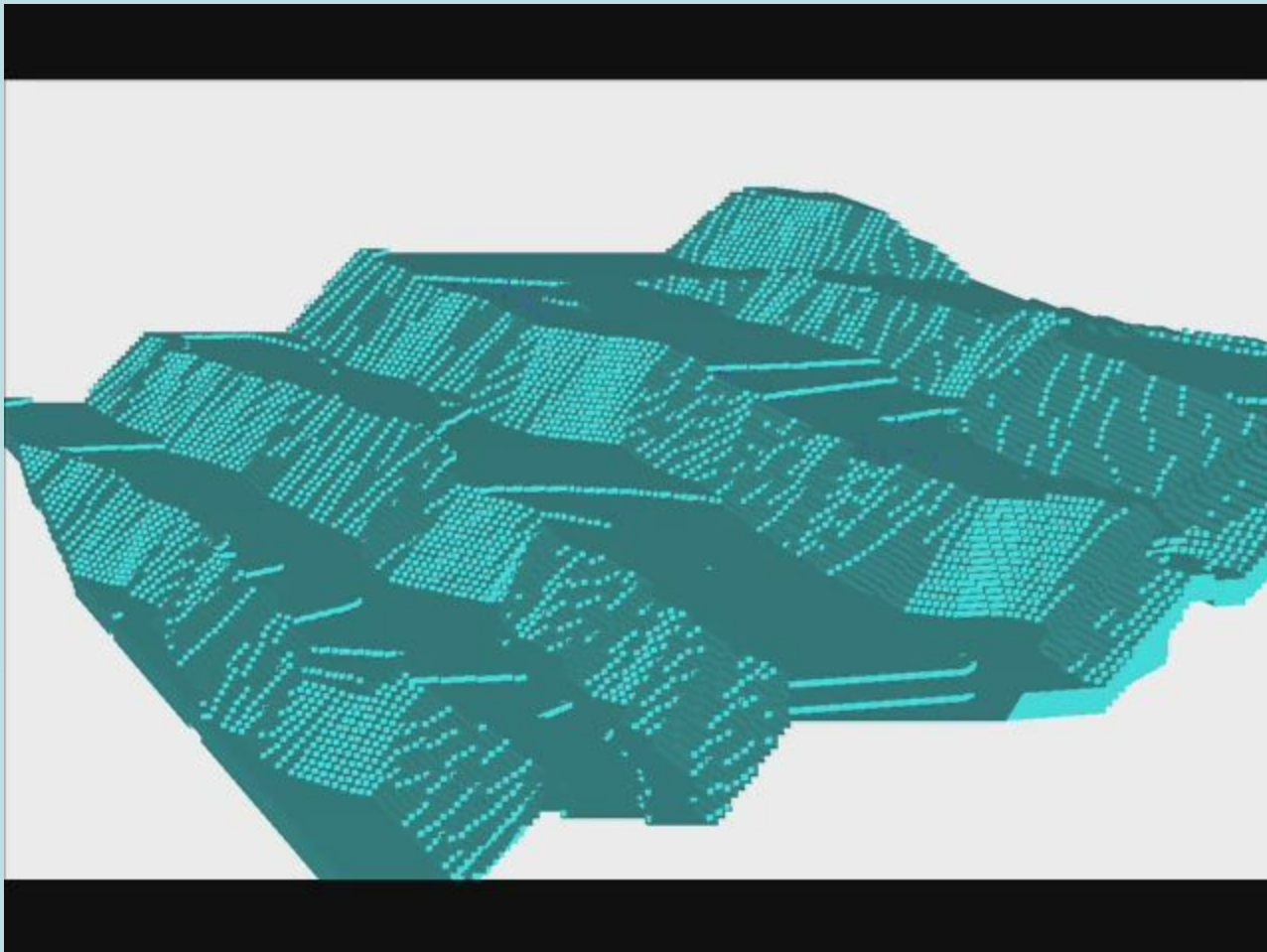
Начальные условия для решения системы уравнений баллистики примем в виде  $x(0)=x_0$ ;  $y(0)=y_0$ ;  $z(0)=z_0$ ;  $v_x(0)=v_{x0}$ ;  $v_y(0)=v_{y0}$ ;  $v_z(0)=v_{z0}$ .

$$f(\lambda, t) = \frac{1}{\sqrt{\pi N t}} \exp\left(-\frac{(\lambda - \lambda_0 - \mu t)^2}{N t}\right)$$

, где  $f(\lambda, t)$  - плотность вероятности перехода разрыхляющейся среды из положения  $\lambda_0$  в положение  $\lambda$  за время  $t$ ;  $\lambda = \{x, y, z\}$ ;  $\mu = \{v_x, v_y, v_z\}$ ;  $N$  – коэффициент диффузии.

$$P(\lambda, t) = \int_{\lambda - \Delta\lambda}^{\lambda + \Delta\lambda} f(\lambda, t) d\lambda \quad \text{где } \Delta\lambda \text{ – половина размера ячейки.}$$

# Моделирование развала

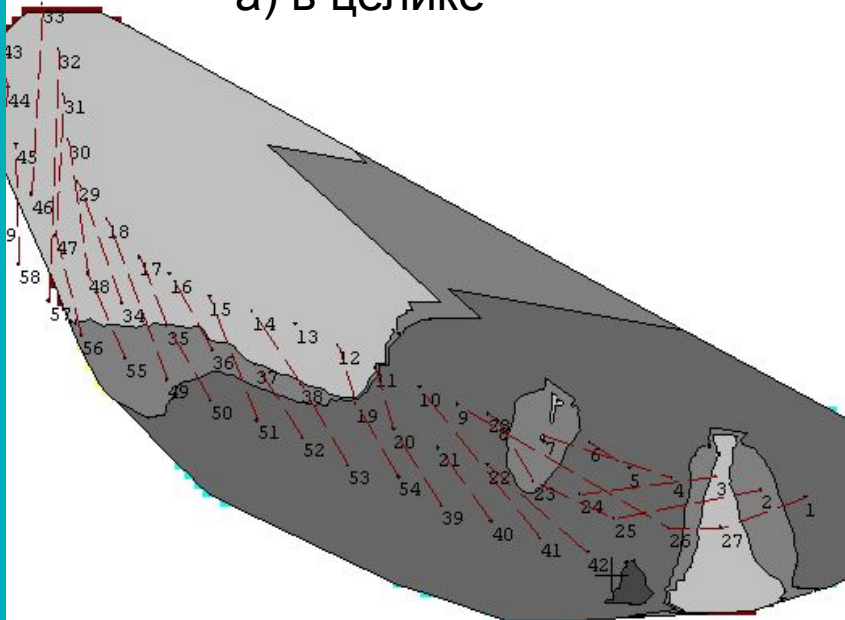




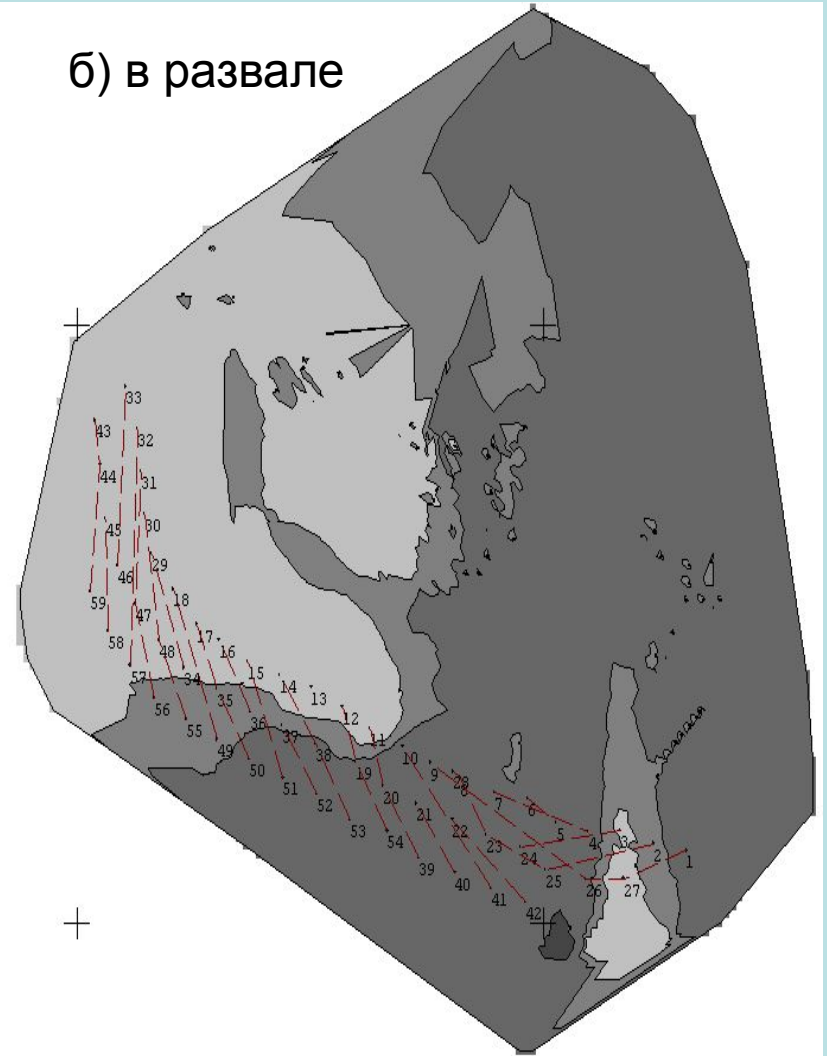
# Результаты прогнозирования

Картограмма распределения среднего процентного содержания полезного компонента (магнетитового железа) на высоту уступа

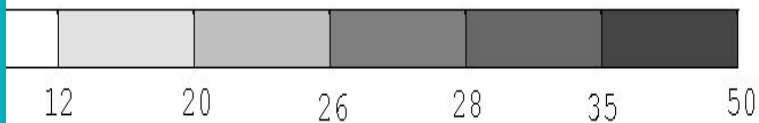
а) в целике



б) в развале



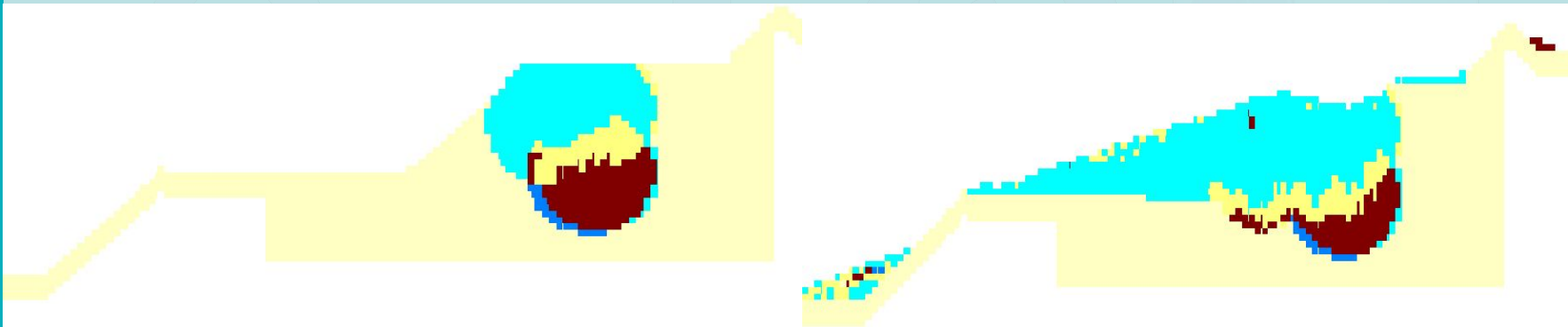
Распределение Fe мгн



# Результаты прогнозирования

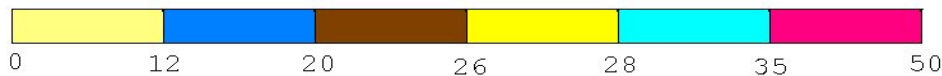


. Перераспределения полезного компонента (Fe мг.) в результате взрыва БВР блока № 91



Распределение содержания Fe мг в вертикальных сечениях блока №227 до и после взрыва.

Распределение Fe мг



## Результаты моделирования

№ блока	Дата взрыва	Объём блока, м <sup>3</sup>	Количество скважин	Характерные особенности	Время расчёта, мин	Мат.ожи дание, м	Доверит. интервал ,м
87	20.04.07	300 000	520	Дугообразная геометрия, большое количество скв.	135	0.32	0.42
78	20.04.07	75 000	155	Взрыв с одной открытой поверхностью	34	0.66	0.75
91	20.04.07	130 000	230	Инициация взрыва в середине блока	49	0.25	0.36
60	20.04.07	55 000	93	Нижний блок при каскадном взрывании	26	-0.15	0.46
36	20.04.07	180 000	330	Верхний блок при каскадном взрывании	78	-0.15	0.46
218	11.10.07	210 000	446	Нижний блок при каскадном взрывании	106	0.11	0.51
220	11.10.07	60 000	99	Взрыв с подпорной стенкой	28	-0.36	0.32
221	11.10.07	160 000	248	Верхний блок при каскадном взрывании	56	0.11	0.51
227	11.10.07	72 000	163	Взрыв с разлётом на несколько горизонтов	36	-0.42	0.45
230	11.10.07	60 000	81	Взрыв съезда	26	-0.48	0.35
119	05.06.08	120 000	186	Разбит на 2 взрывных участка	44	0.18	0.28
142	26.06.08	50 000	59	Дугообразное расположение	22	0.09	0.31