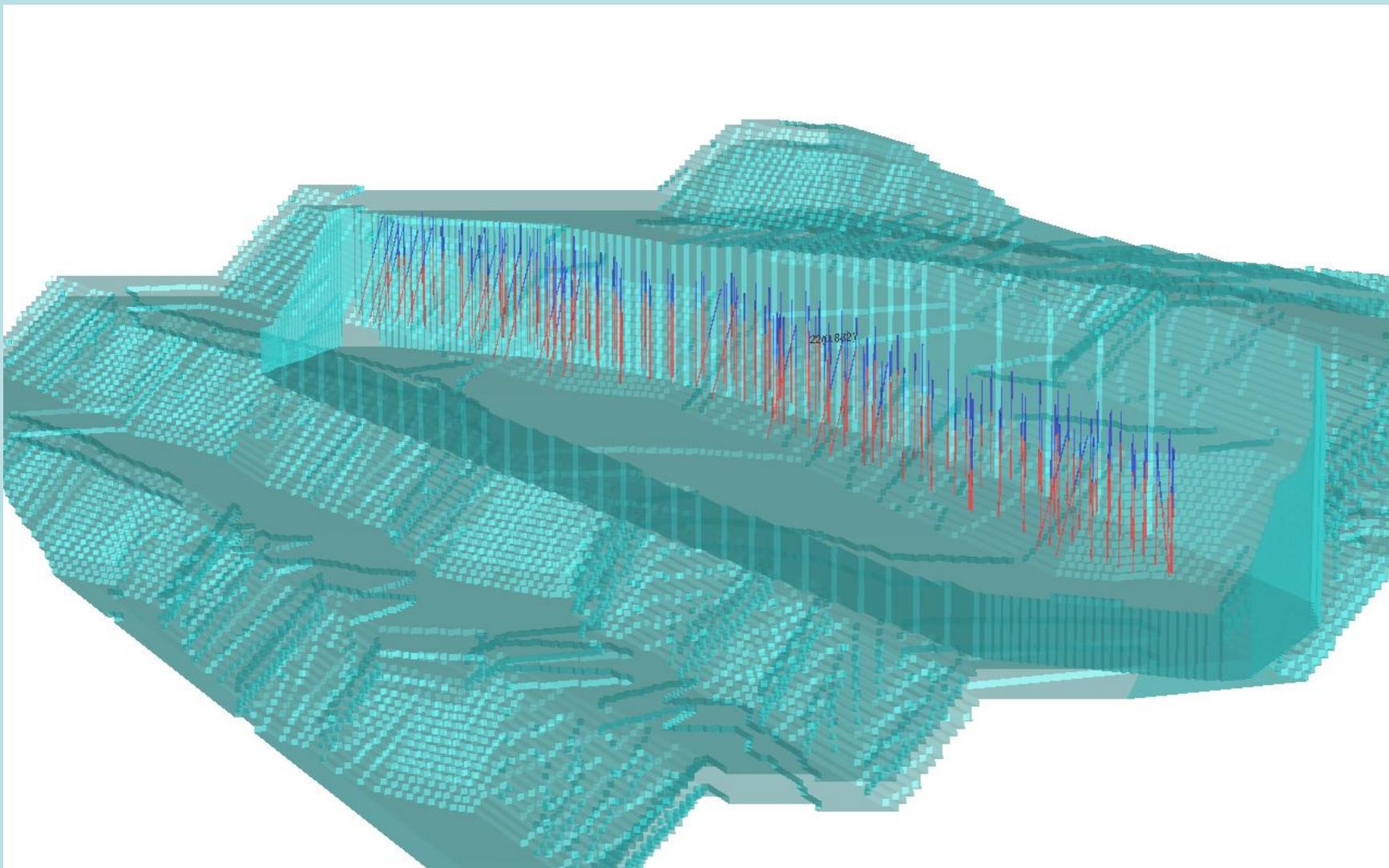


ФГУП В И О Г Е М

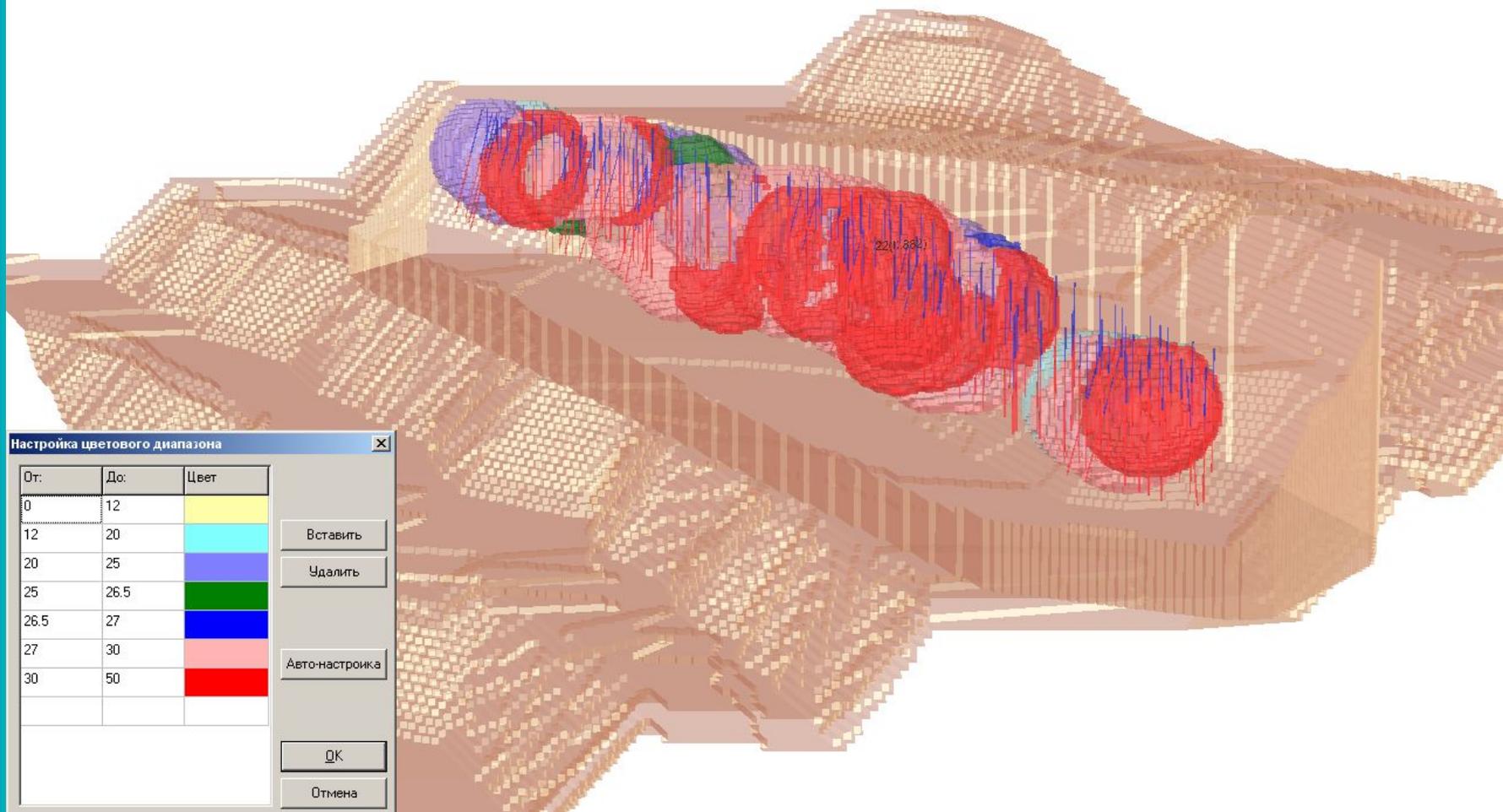
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ, АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ И
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
КОМПОНЕНТОВ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИХ КАЧЕСТВО
РУД, В РАЗВАЛЕ РАЗРУШЕННОЙ ВЗРЫВОМ
ГОРНОЙ МАССЫ НА КАРЬЕРАХ

Блочная модель буровзрывного блока





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 ρ – 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:

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

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

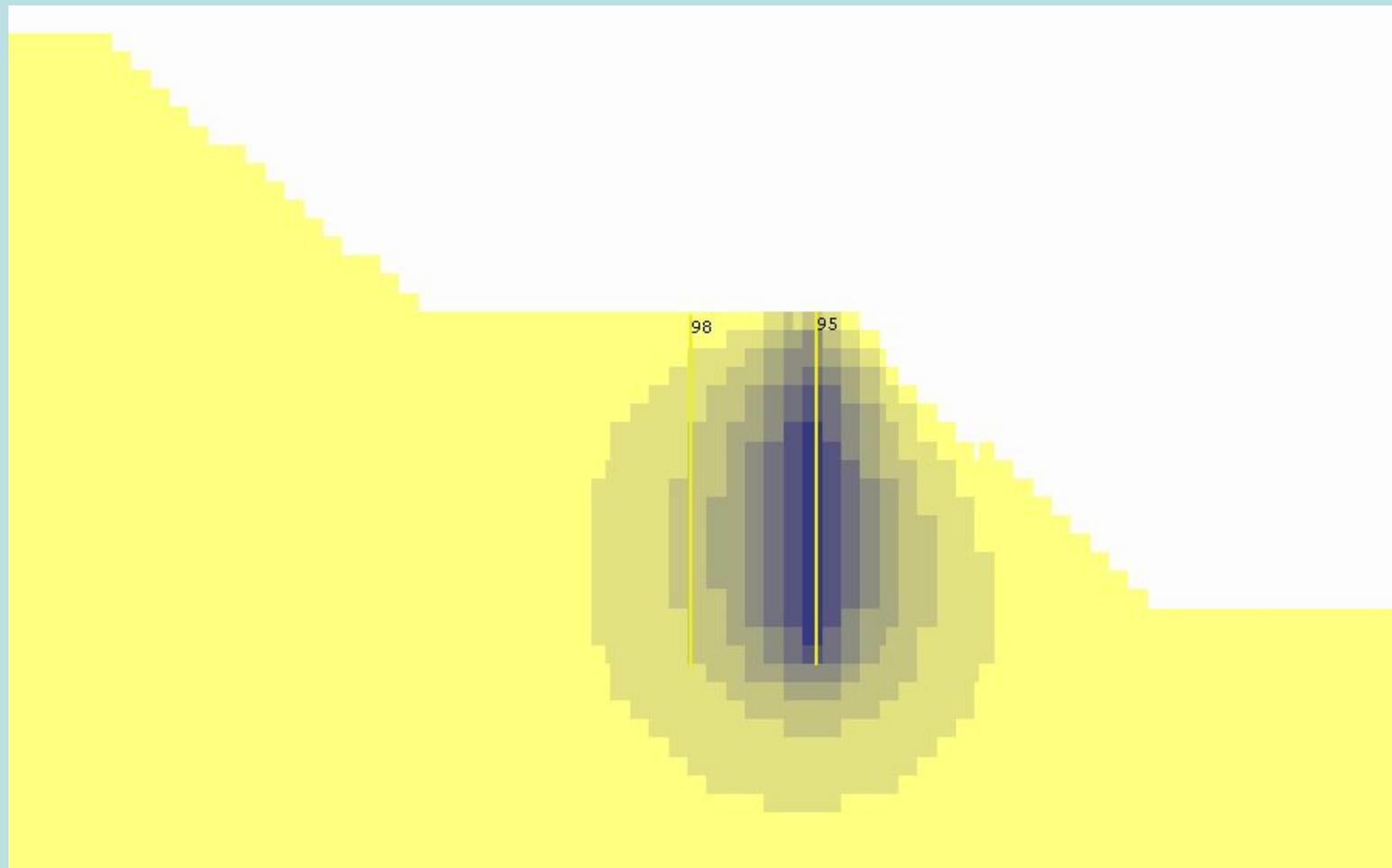
ρ_{BB} – плотность заряда; D – скорость детонации; ρ_c – плотность среды; V, V_0 – конечный и начальный объемы продуктов взрыва; D_c – скорость детонационной волны в среде, L – длина заряда, τ_B – время до вылета забойки, $t(z)$ – момент времени, при котором нижний срез забойки проходит расстояние z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

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

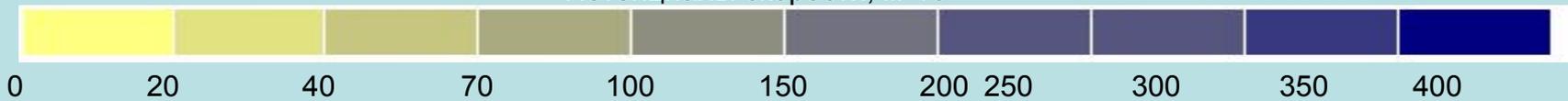
где σ_{kp} – предельное напряжение на сжатие, растяжение или сдвиг; ρ – плотность среды; E – модуль упругости среды; a – радиус области, которая должна сохраниться целой, D – критерий дробимости, который равен:

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

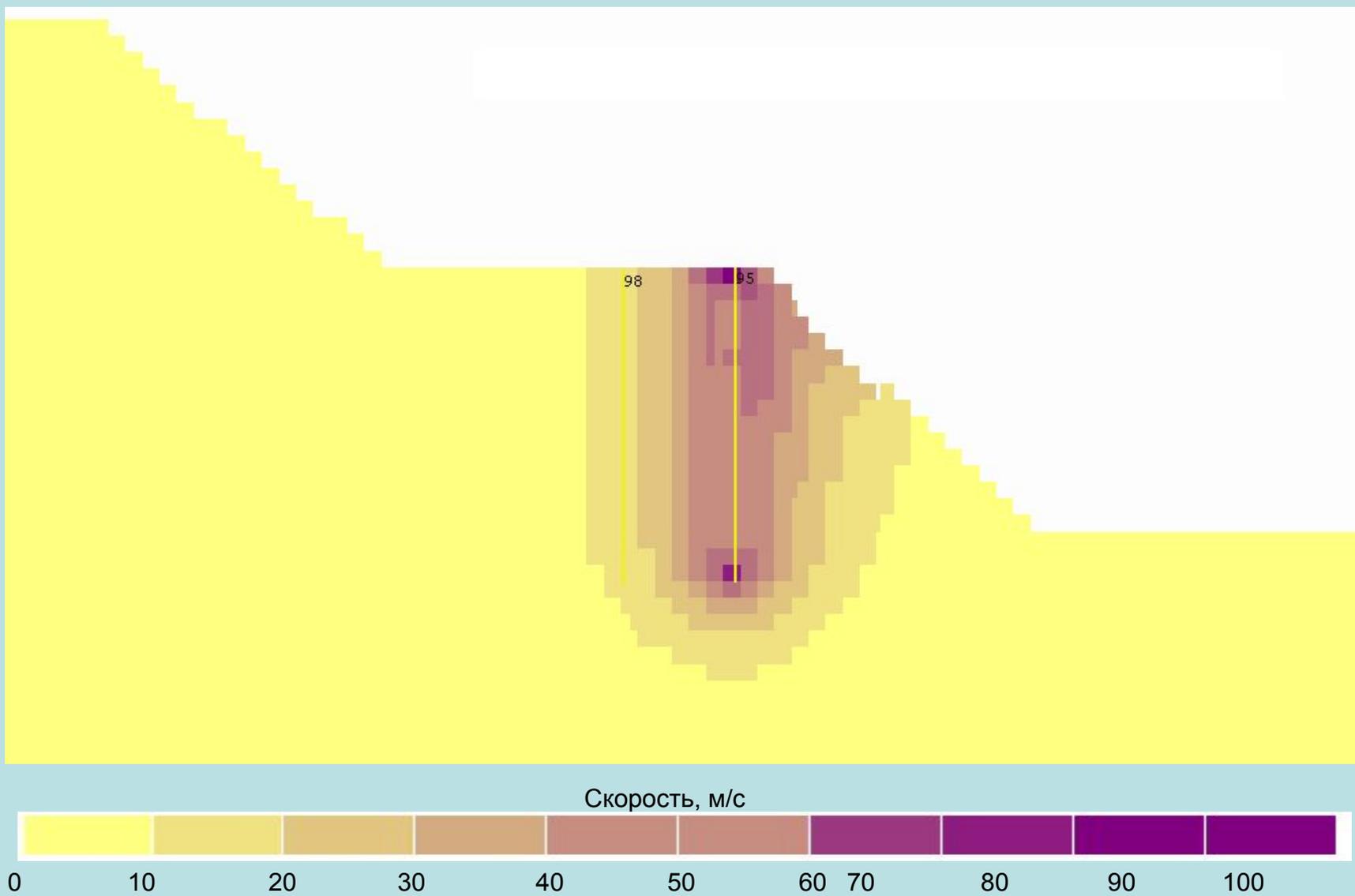
Распределение потенциалов скоростей



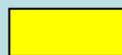
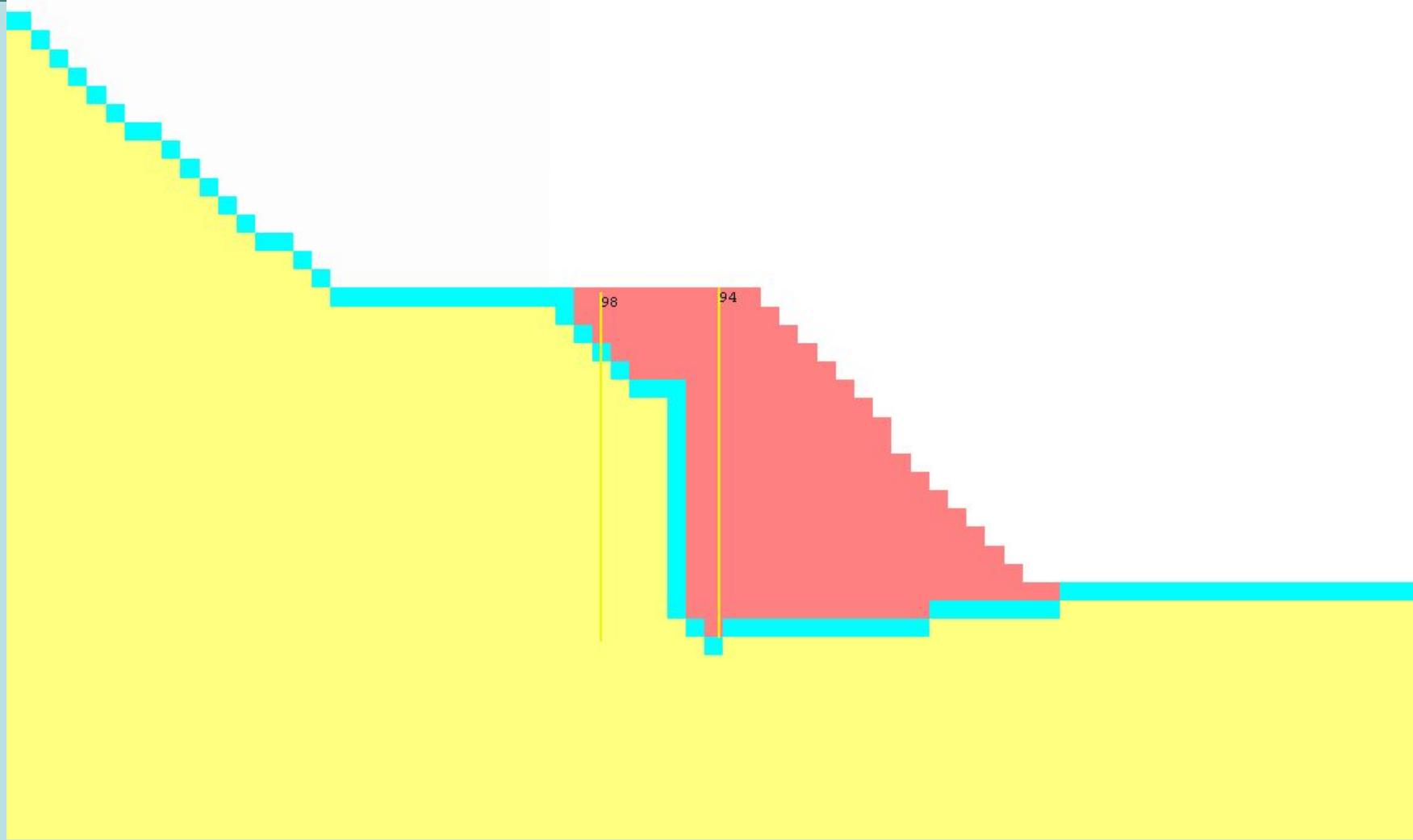
Потенциалы скорости, м²/с



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

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

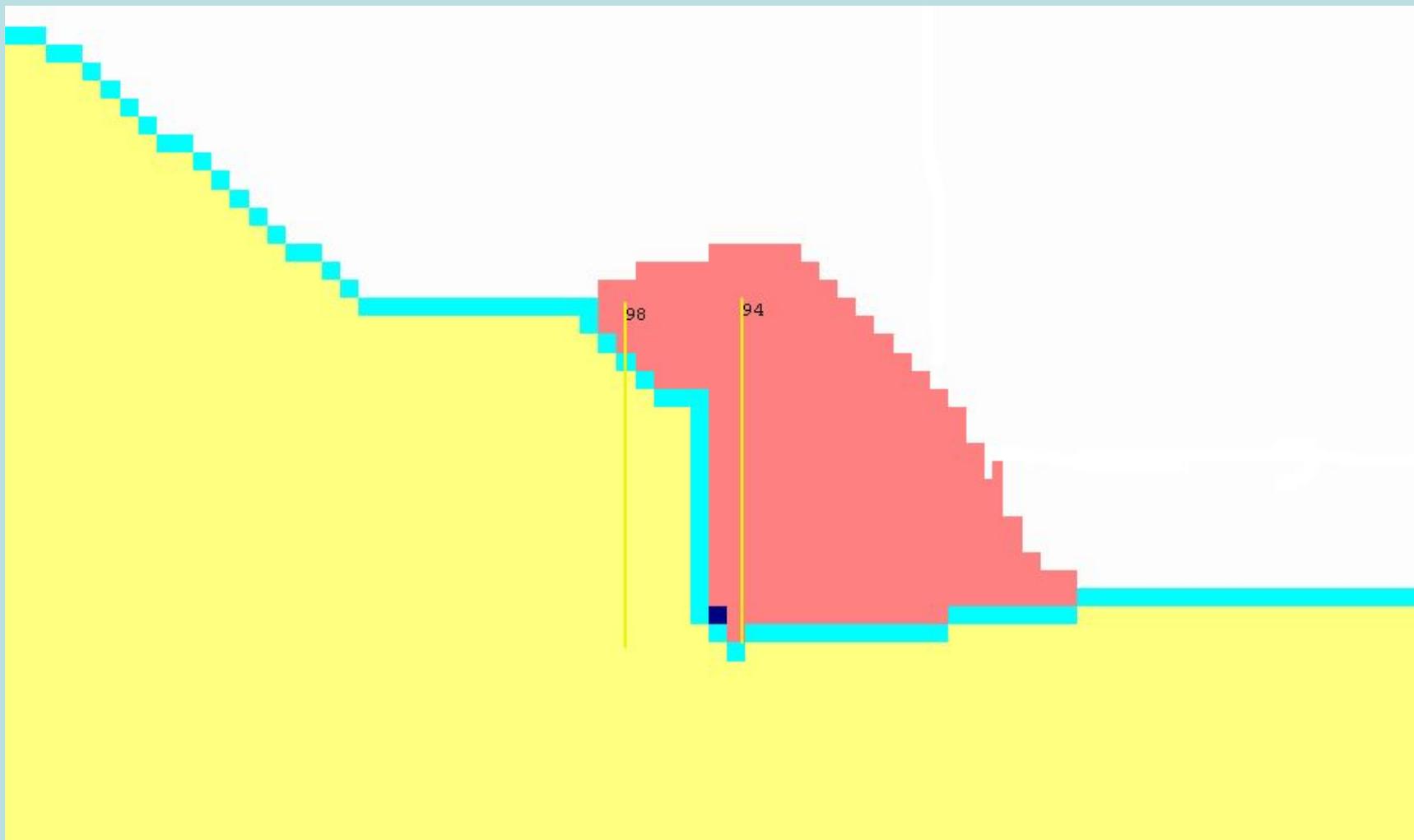
где A - новое значение параметра; $A_1 V_1$ - значение параметра и объема перед перераспределением объемов; $A_2 V_2$ - значение параметра и объема приходящие в ячейку при перераспределении объемов.

Перерасчет скоростей элементарных ячеек выполняется по формуле:

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

где ΔV_i - перемещаемый в направлении i -ой координаты объем; v_i - новое значение проекции скорости на i -ую ось; S_i - площадь поперечного сечения; τ_p - время дезинтеграции.

Перераспределение объёмов на этапе дезинтеграции

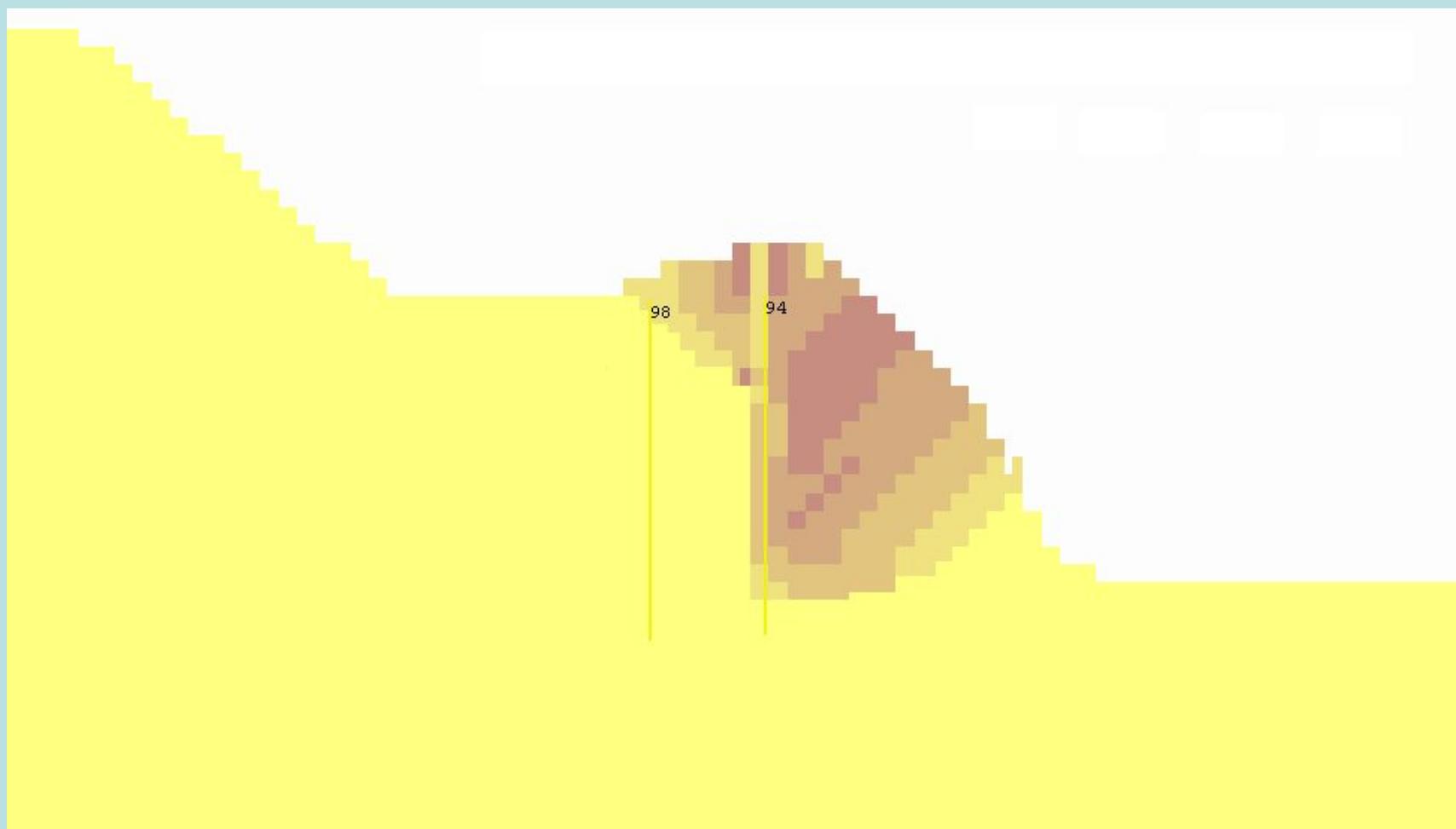


 - целик

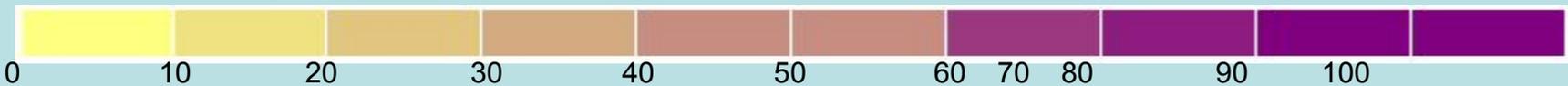
 - граница

 - 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.

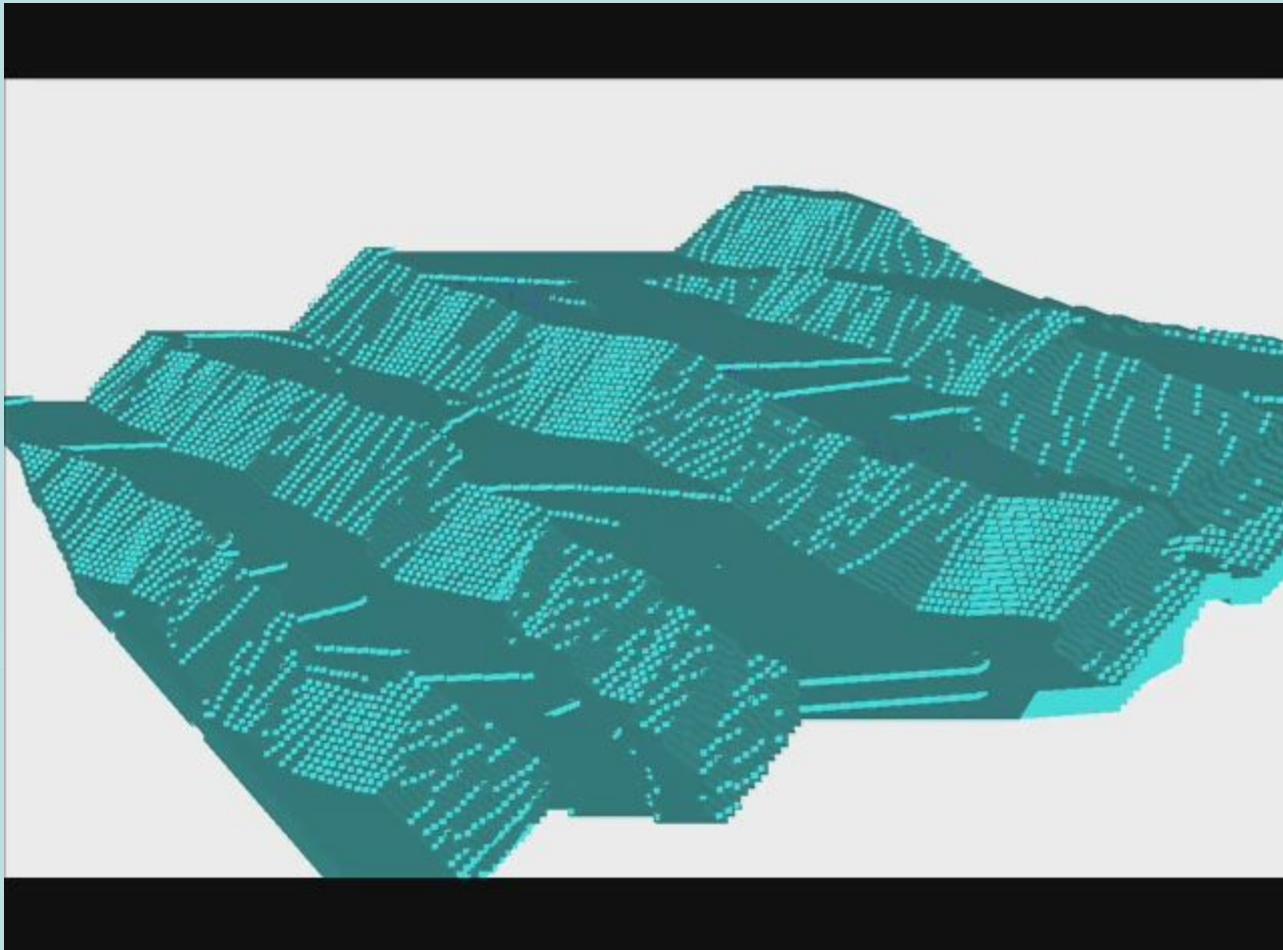
Начальные условия для решения системы уравнений баллистики примем в виде $x(0)=x_0$; $y(0)=y_0$; $z(0)=z_0$; $v_x(0)=v_{x0}$; $v_y(0)=v_{y0}$; $v_z(0)=v_{z0}$.

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

, где $f(\lambda, t)$ - плотность вероятности перехода разрыхляющейся среды из положения λ_0 в положение λ за время t ; $\lambda = \{x, y, z\}$; $\mu = \{v_x, v_y, v_z\}$; N – коэффициент диффузии.

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

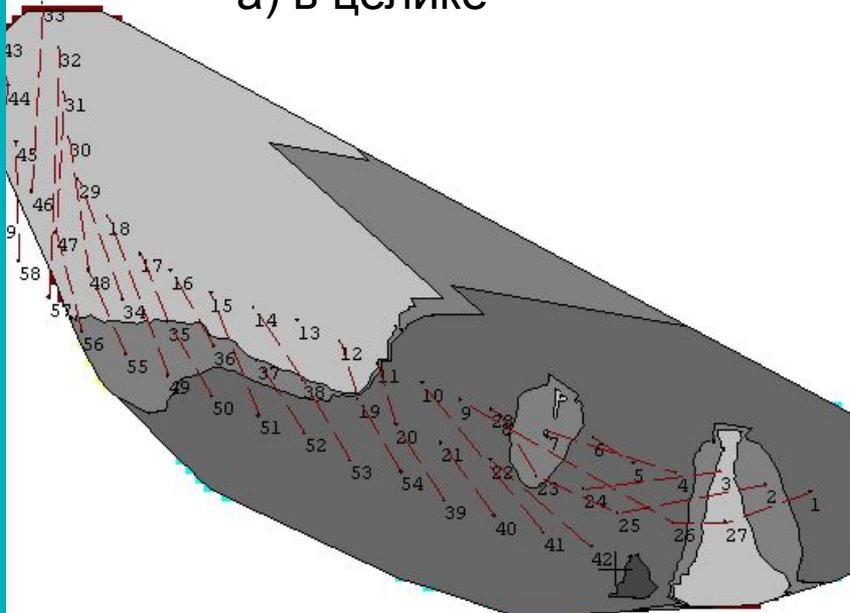
Моделирование развала



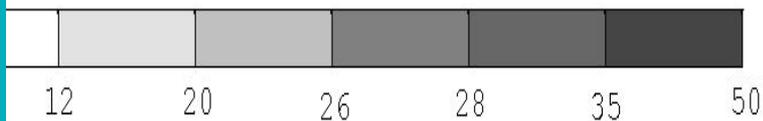
Результаты прогнозирования

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

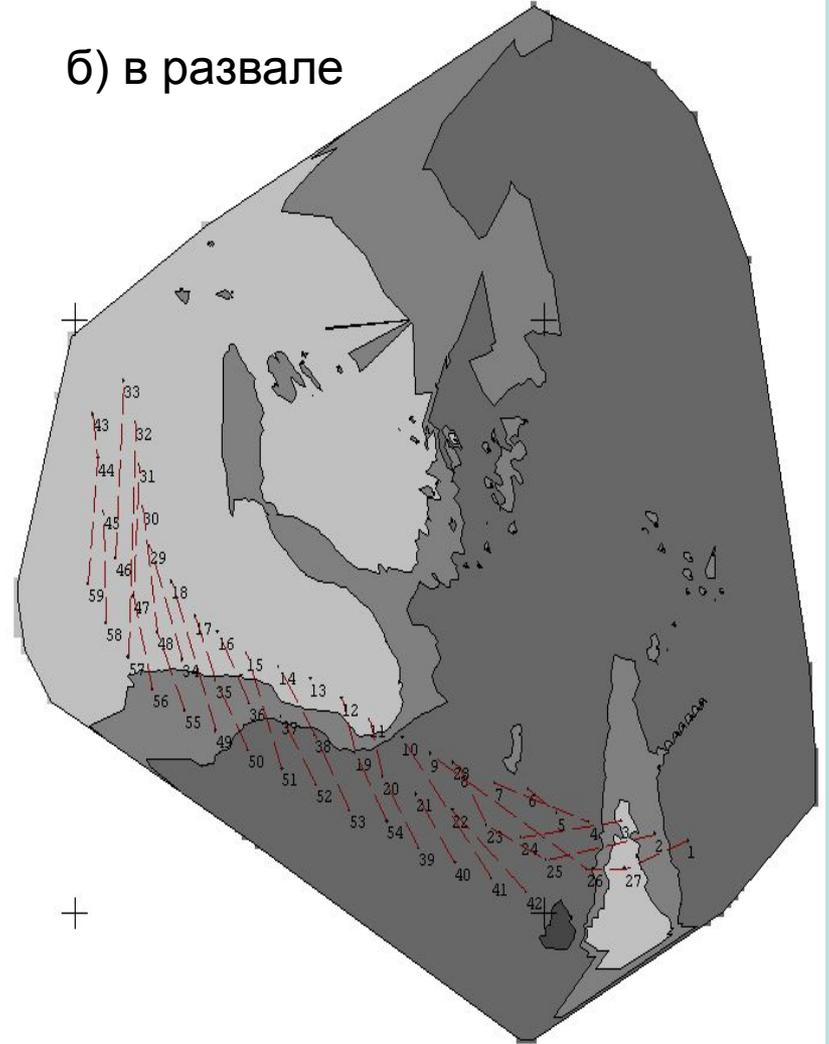
а) в целике



Распределение Fe мгн



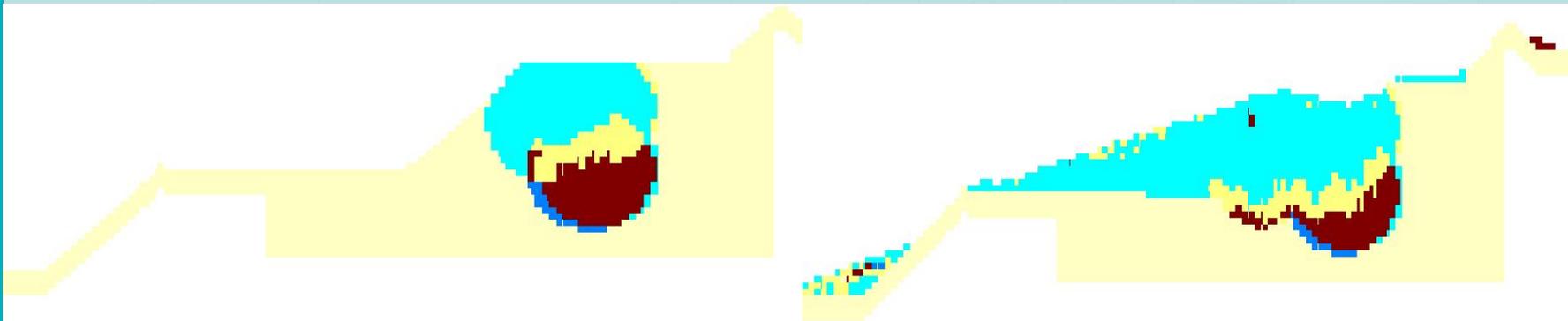
б) в развале



Результаты прогнозирования

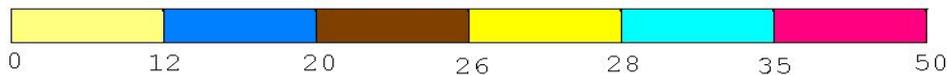


. Перераспределения полезного компонента (Fe мг.) в результате взрыва БВР блока № 91



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

Распределение Fe мг



Результаты моделирования

№ блока	Дата взрыва	Объём блока, м ³	Количество скважин	Характерные особенности	Время расчёта, мин	Мат.ожидание, 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