

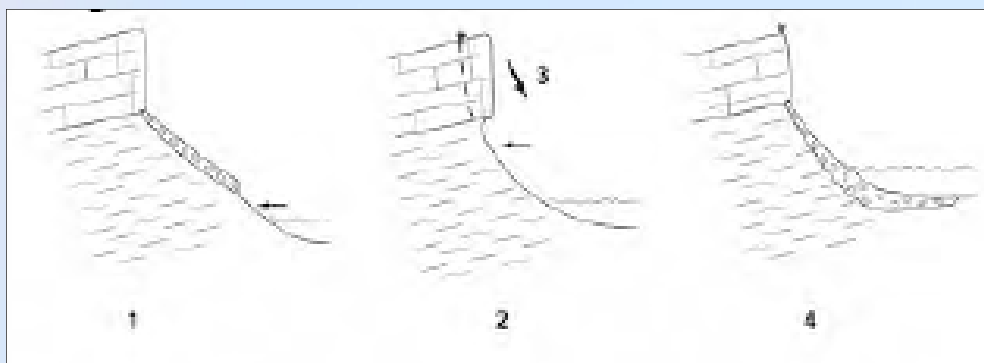
Нижегородский государственный технический
университет им. Р.Е.Алексеева

Движение оползневого потока по склону переменной крутизны

Авербух Е.Л.
Хвостова О.Е.
Куркин А.А.

Литодинамика-2009.

Мыс Каналы



Система Навье - Стокса



$$\frac{D\vec{u}}{Dt} + \frac{1}{\rho} \nabla P = \mu \nabla^2 \vec{u} + g \quad (1)$$

$$\frac{D\rho}{Dt} = 0 \quad (2)$$

$\vec{u}(u, v, w)$ - вектор скоростей, t - время, ρ - плотность, P - давление, μ - коэффициент вязкости, g - ускорение свободного падения

Гидродинамический метод сглаженных частиц Smoothed Particle Hydrodynamics - SPH

1977 г. – Lucy, Gingold and Monaghan .

$$\phi(\vec{x}) = \sum_{j=1}^M m_j \frac{\phi_j}{\rho_j} \delta(\vec{r} - \vec{r}_j) \quad (3)$$

ϕ - неизвестная функция, m, ρ, r – масса, плотность и положение i -частицы ,
 δ – функция Дирака, M - число взаимодействующих частиц в радиусе r_e .

Плотность

$$\rho(\vec{r}_i) = \sum_{j=1}^M m_j \delta(\vec{r}_j - \vec{r}_i) \quad (4)$$

$$\delta(\vec{r}) = \frac{315}{64\pi r_e^9} (r_e^2 - |\vec{r}|^2)^3$$

Вязкость

$$F_i^{vis} = \mu \sum_{j=1}^M m_j \frac{u_j - u_i}{\rho_j} \nabla \delta_{vis}(\vec{r}_j - \vec{r}_i) \quad (5)$$

$$\nabla \delta_{vis}(\vec{r}) = \frac{45}{\pi r_e^6} (r_e - |\vec{r}|)$$

Давление

$$F_i^{press} = - \sum_{j=1}^M m_j \frac{P_i + P_j}{2\rho_j} \nabla \delta_{press}(\vec{r}_j - \vec{r}_i) \quad (6)$$

$$\nabla \delta_{press}(\vec{r}) = \frac{45}{\pi r_e^6} (r_e - |\vec{r}|)^3 \frac{\vec{r}}{|\vec{r}|}$$

$$F_i^{press} = m_i \frac{(d - |\vec{r}_{iw}|) \vec{n}(\vec{r}_i)}{dt^2}$$

Алгоритм

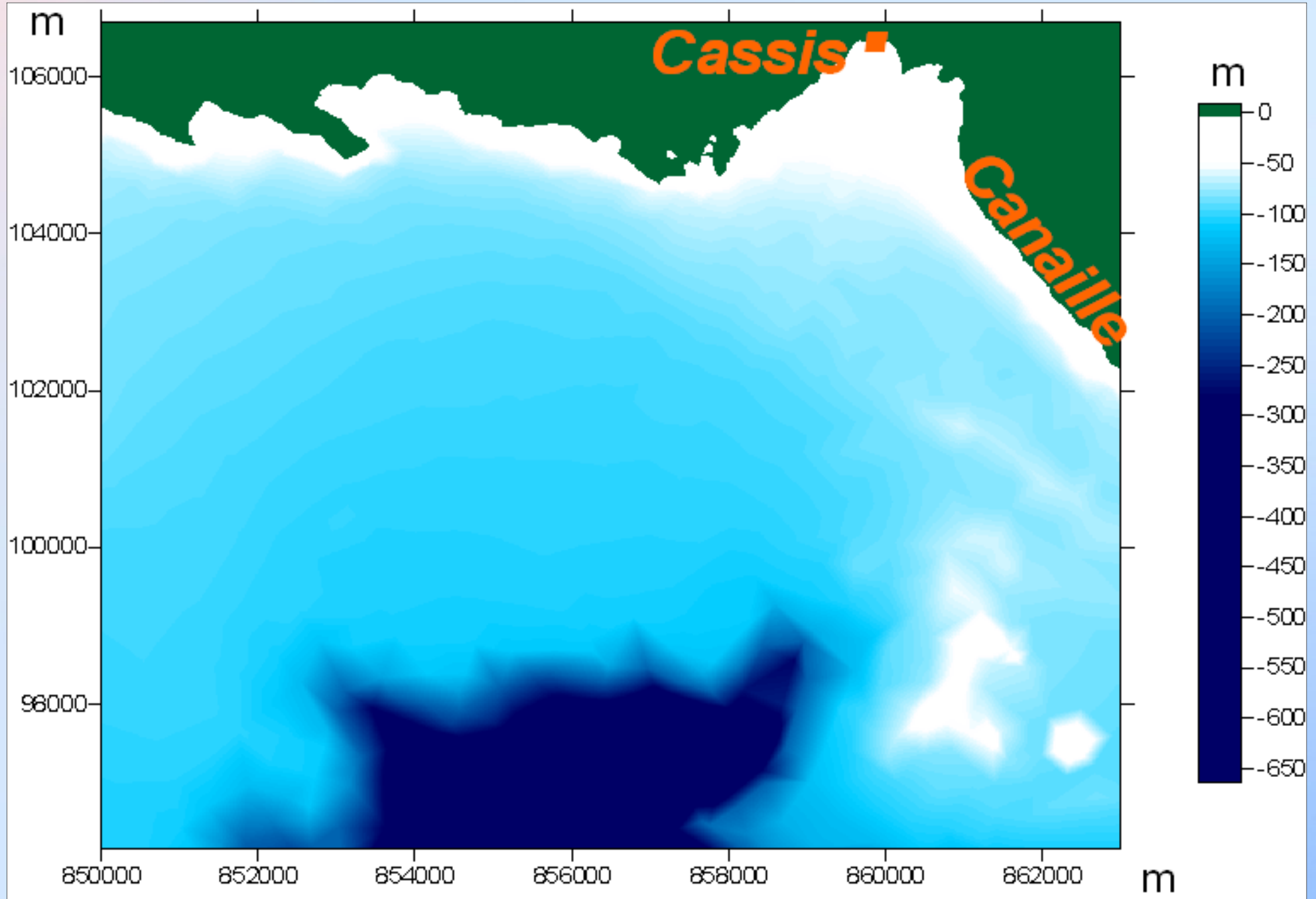
Определение радиуса взаимодействия

Вычисление плотности

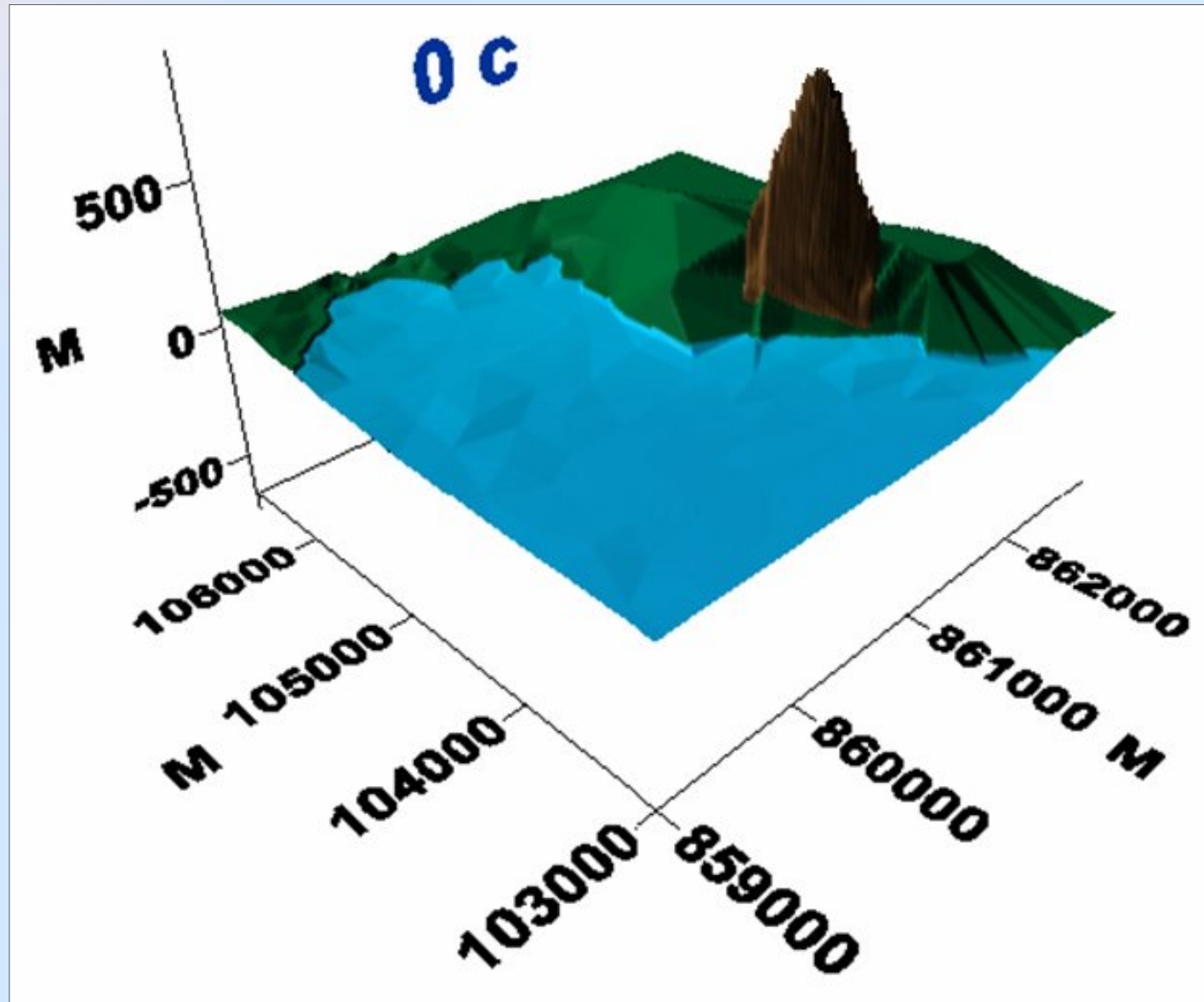
Расчет скоростей частиц

Перерасчет положения частиц по схеме Эйлера.

Мыс Канальи (саре Canaille)



Начальное распределение



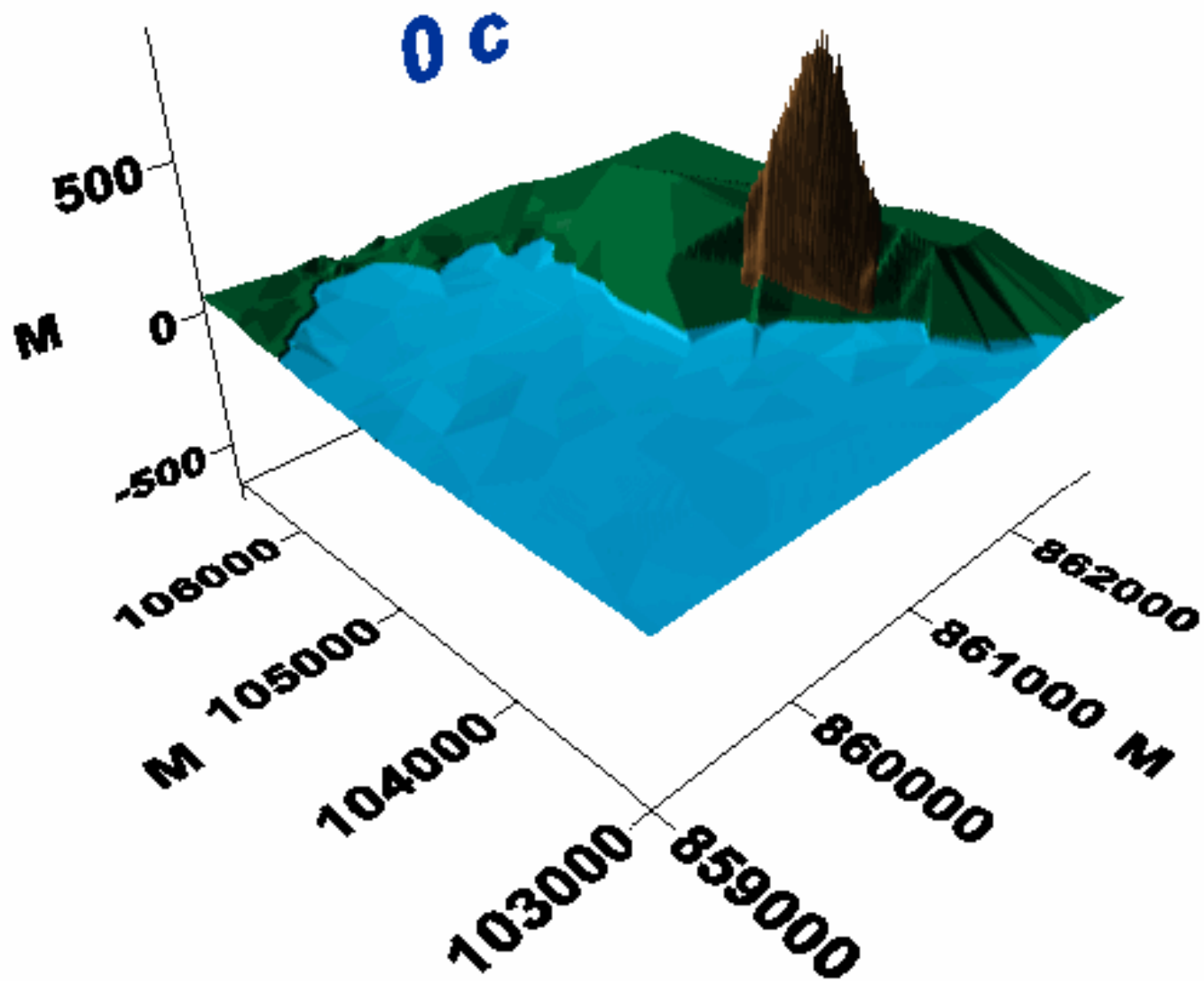
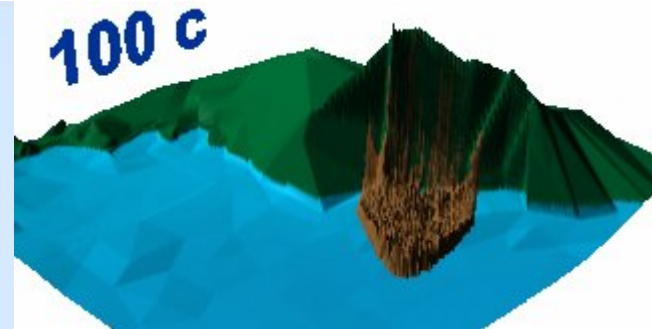
$$z = ke^{-(a(x-x_0))^2 - (b(y-y_0))^2}$$

$$V = 3\,900\,000 \text{ м}^3$$

z – высота оползающей части относительно склона,
 k , a , b и X_0 , Y_0 – коэффициенты

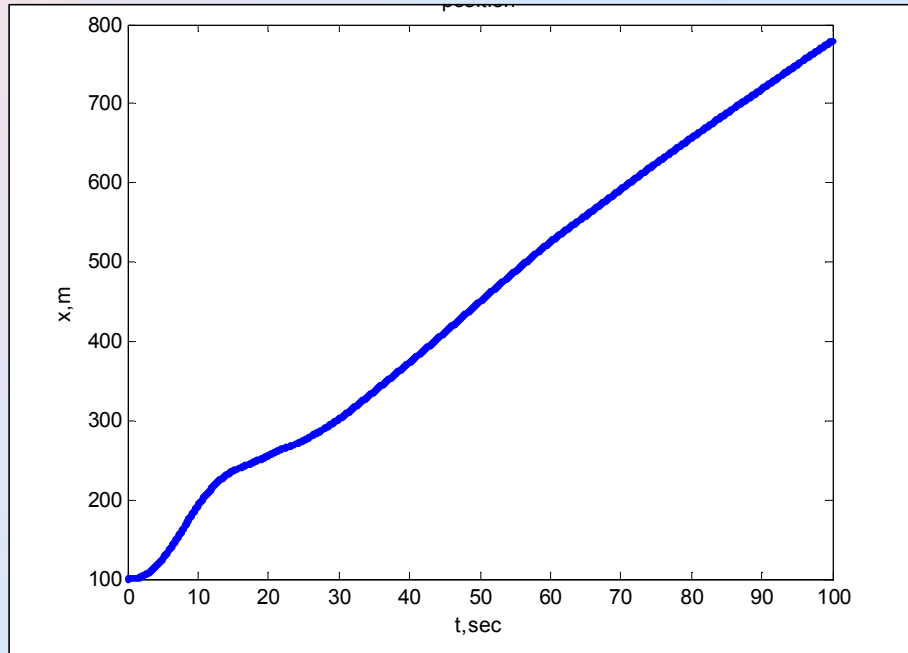


Результаты

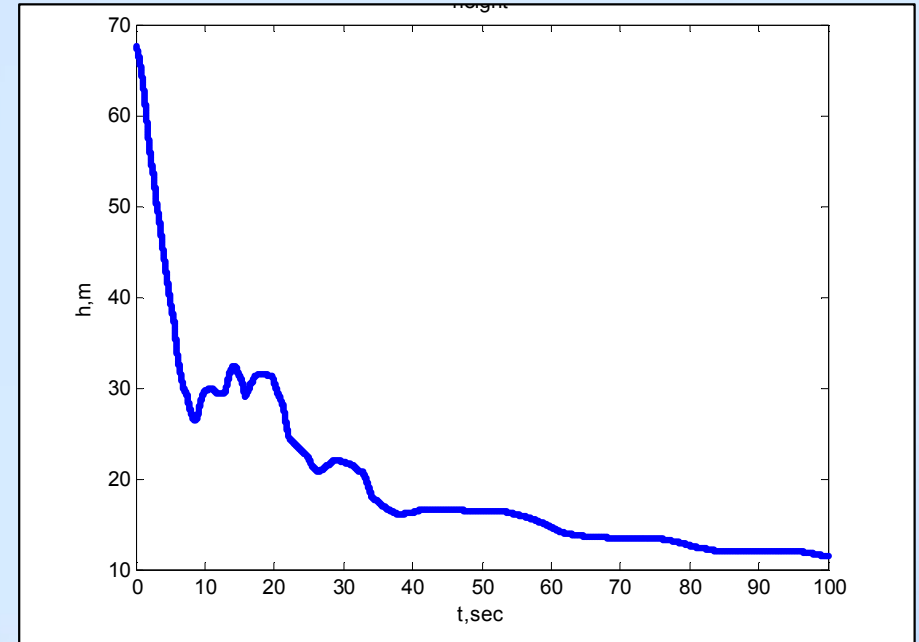


Выделенная частица

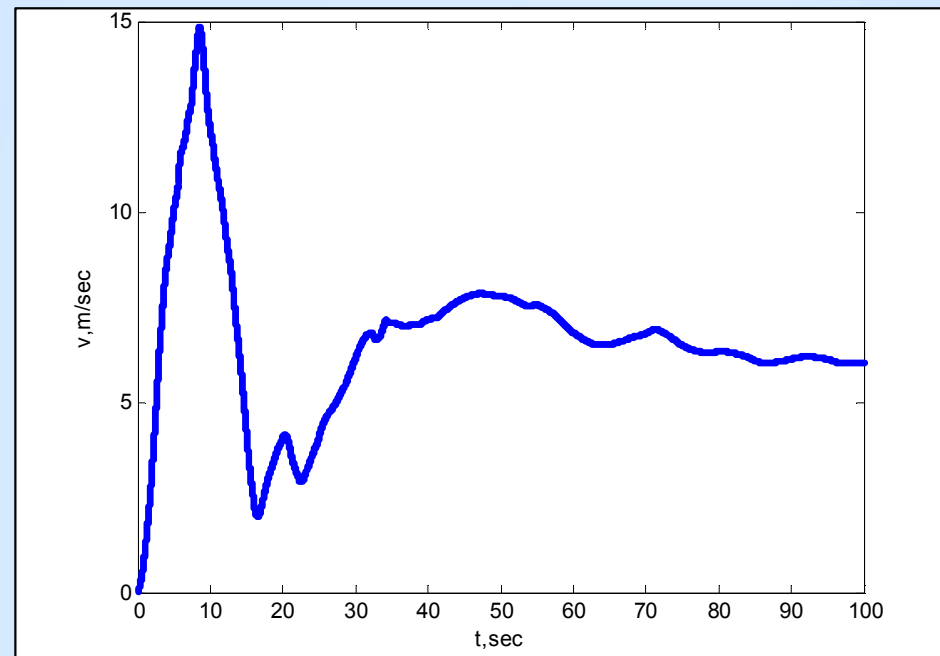
Перемещение вдоль склона



Высоты вдоль склона



Скорость вдоль склона



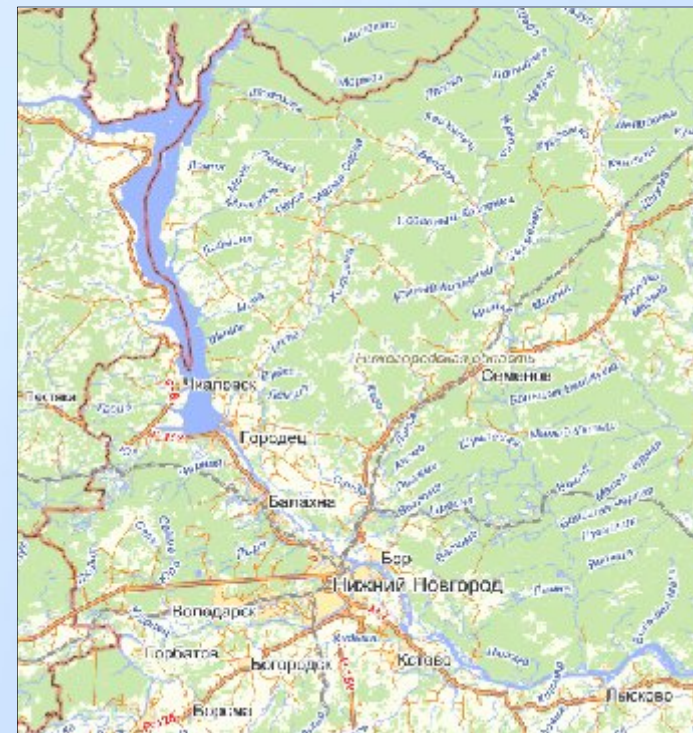
Достоинства метода

- Неравномерная сетка;
- Неоднородный поток;
- Граничные частицы: отталкивание

Перспективы



Горьковское море



Авербух Е.Л., 5 курс: averbukh.lena@gmail.com

**Хвостова О.Е., аспирант кафедры «Прикладная математика»:
olga.khvostova@gmail.com**

Куркин А.А., д.ф.-м.н., профессор кафедры «Прикладная математика»: aakurkin@mail.ru

Работы

- 1.Авербух Е.Л., Хвостова О.Е.** Движение оползня вдоль наклонной поверхности: анализ и моделирование методом частиц /Студенческий гений 2009. Сборник статей. Нижний Новгород, 2009. С.247 – 253.
- 2.Авербух Е.Л., Хвостова О.Е., Куркин А.А.** Моделирование процесса генерации оползневых цунами методом частиц / Сборник тезисов ВНКФ – 15, Кемерово – Томск, АСФ России, 2009. С 526
- 3.Авербух Е.Л., Хвостова О.Е., Куркин А.А.** Моделирование движения оползневых потоков по поверхности / Сборник тезисов конференции Нижегородской сессии молодых ученых (математические науки) 2009. Нижний Новгород, 2009.
- 4.Авербух Е.Л., Хвостова О.Е., Куркин А.А.** Моделирование движения потоков по наклонной поверхности методом частиц / Сборник тезисов конференции КОГРАФ 2009. Нижний Новгород, 2009.