

Программная реализация и исследование асинхронных клеточных автоматов, моделирующих диффузионный процесс

Студент: Бражников Ярослав, 1 курс, ФПМИ, НГТУ

Руководители: Медведев Ю. Г., Киреев С. Е.

Летняя международная XXXIII молодежная Школа-конференция по параллельному программированию

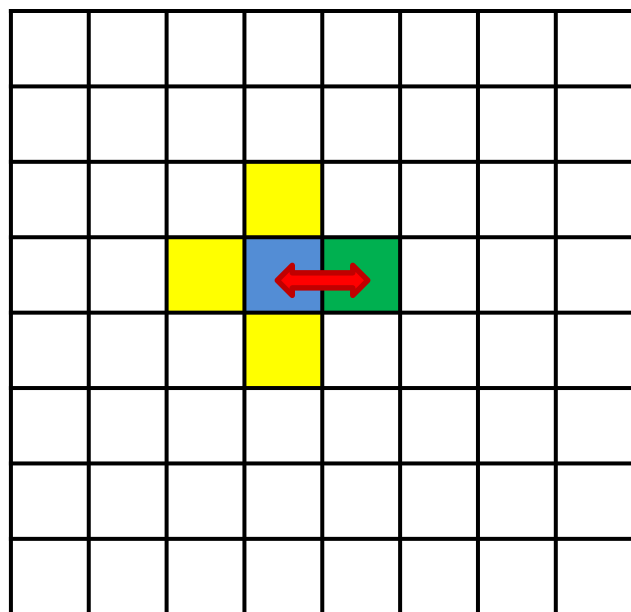
Цель работы

Создание программного обеспечения для научных исследований в области имитационного моделирования и определение характеристик клеточно-автоматных моделей диффузионного процесса методом компьютерного эксперимента.

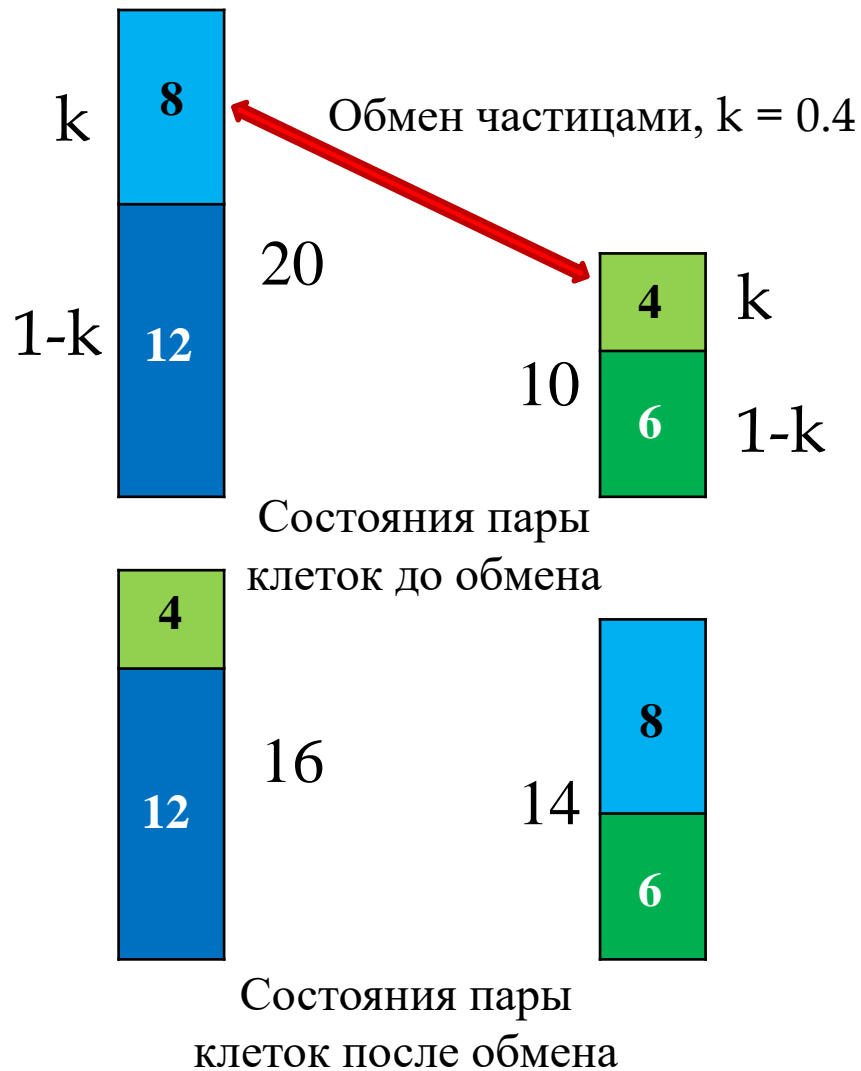
Задачи

1. Создать программную реализацию 1D, 2D и 3D моделей.
2. Провести эксперименты с одномерным процессом с использованием 1D, 2D и 3D моделей и сравнить их результаты с аналитическим решением.
3. Провести эксперименты с двумерным процессом с использованием 2D и 3D моделей и сравнить их результаты с аналитическим решением.
4. Провести эксперимент с трёхмерным процессом с использованием 3D модели и сравнить их результаты с аналитическим решением.
5. Исследовать модельный коэффициент диффузии.

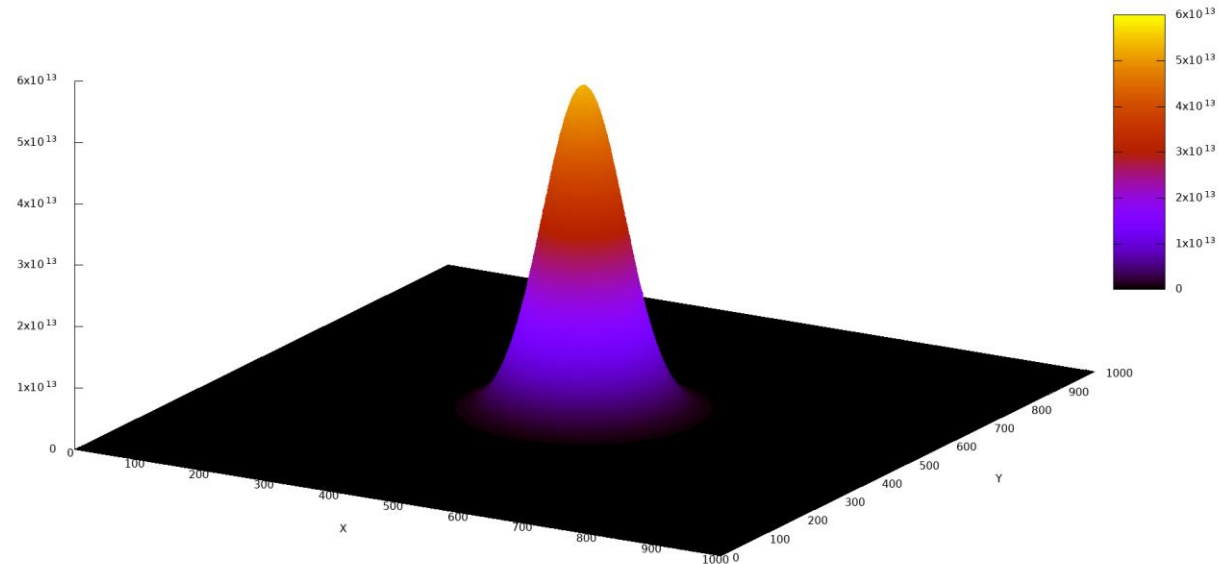
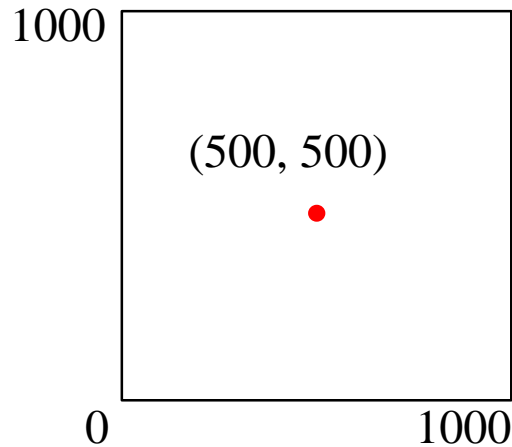
Асинхронный клеточный автомат с целочисленным алфавитом



- Состояние клетки – число частиц
- Количество соседей – 4
- k - доля частиц, участвующих в обмене



Пример моделирования 2D диффузии

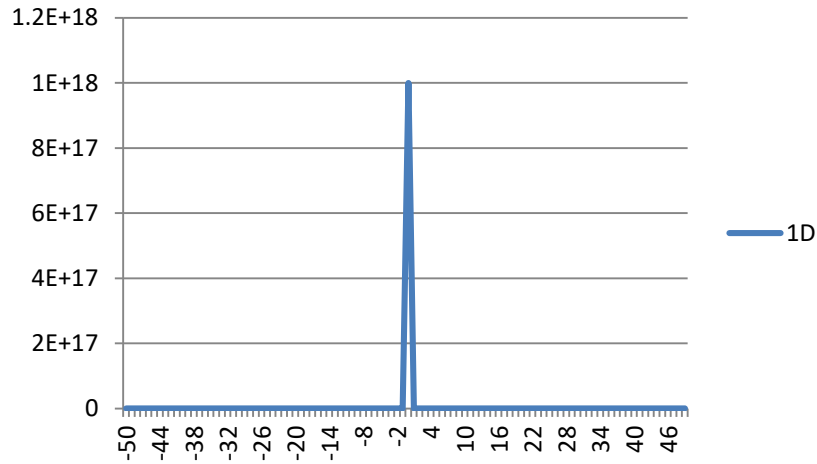


Размер клеточного массива: 1000x1000

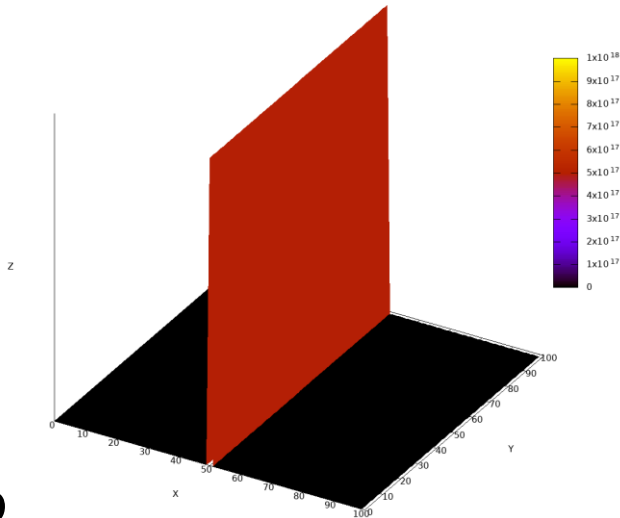
Кол-во итераций: 10000

Состояние клеток: центральная равна 10^{18} , остальные 0

Одномерный процесс: начальные условия



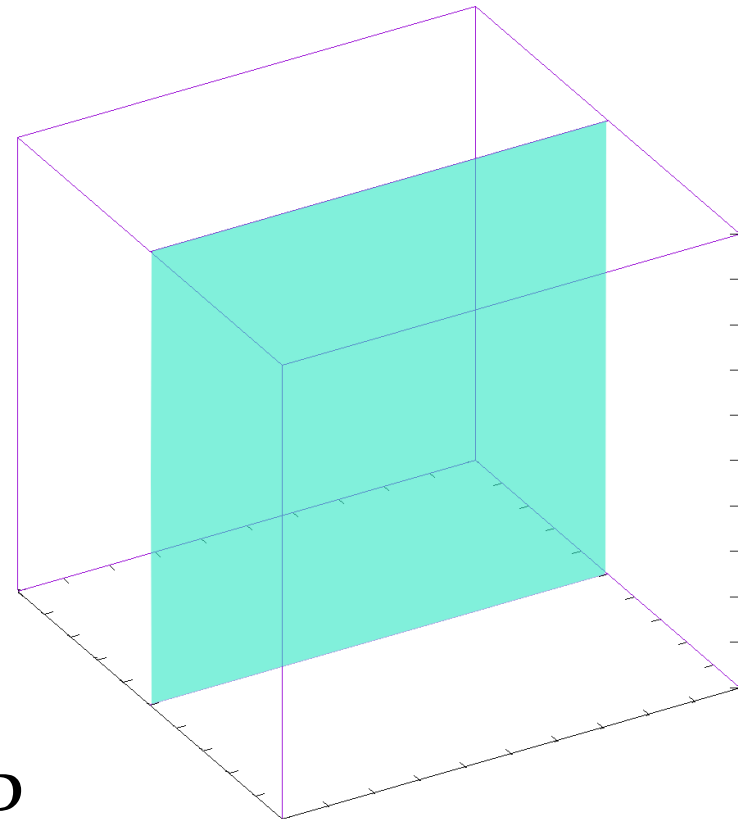
1D



2D

Моделирование одномерного
процесса 1D, 2D и 3D моделями.
Размер клеточного массива: 100

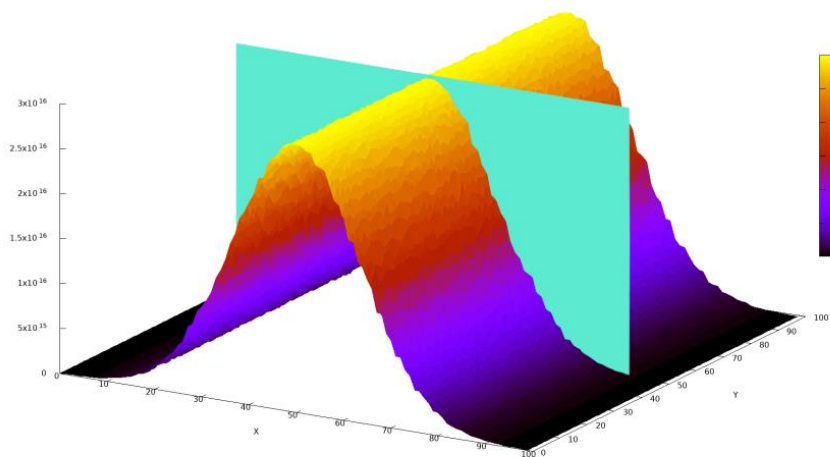
3D



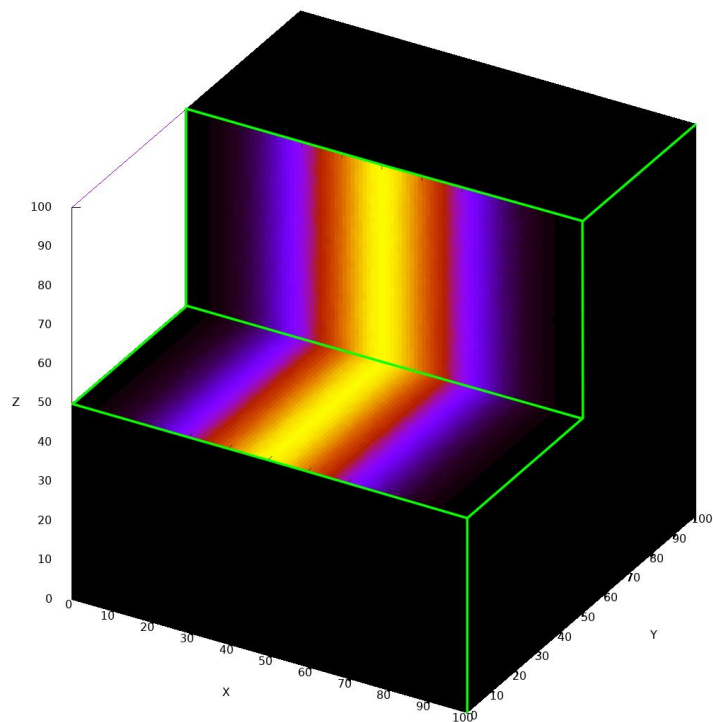
Одномерный процесс: результаты моделирования



1D

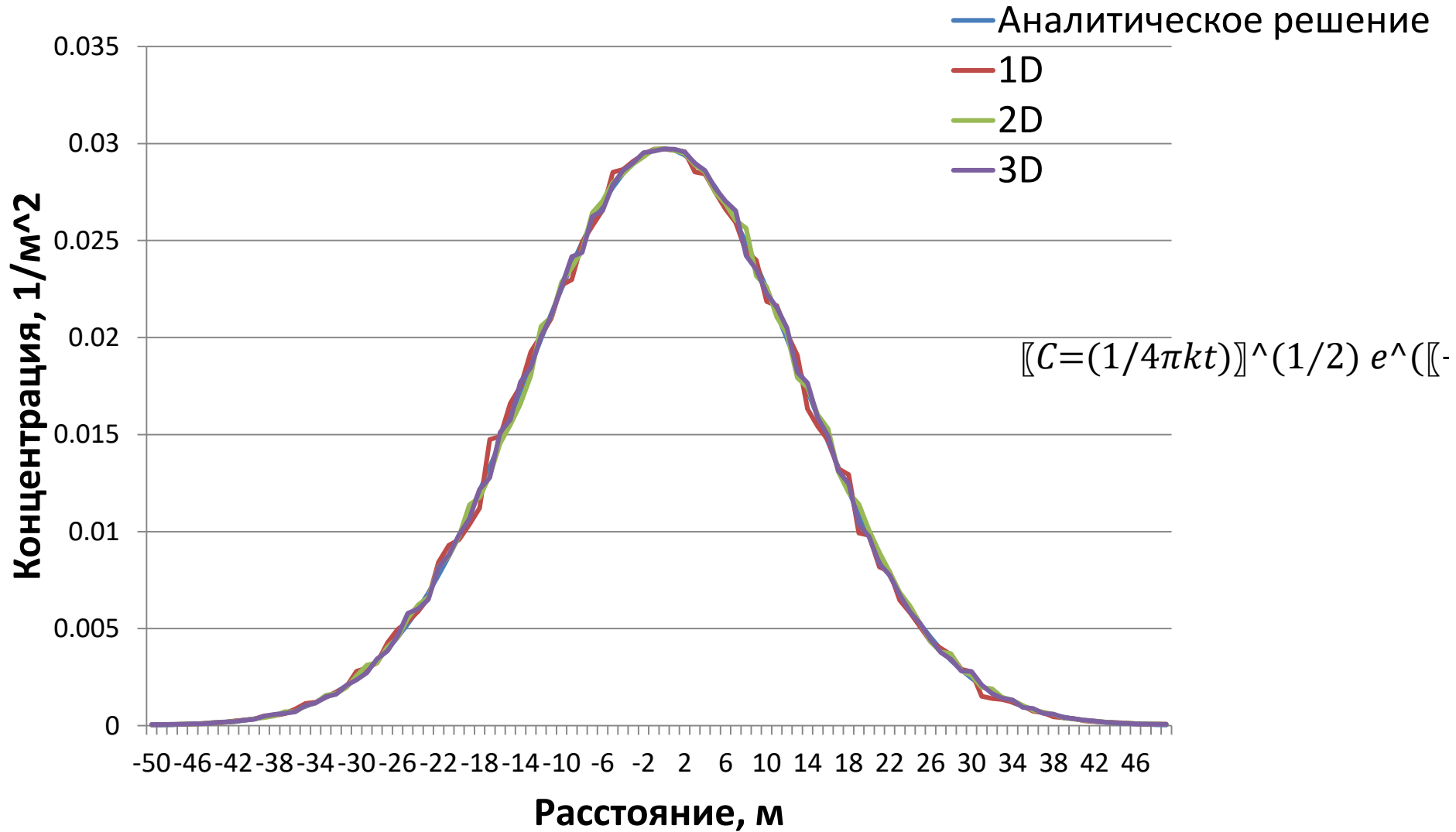


2D



3D

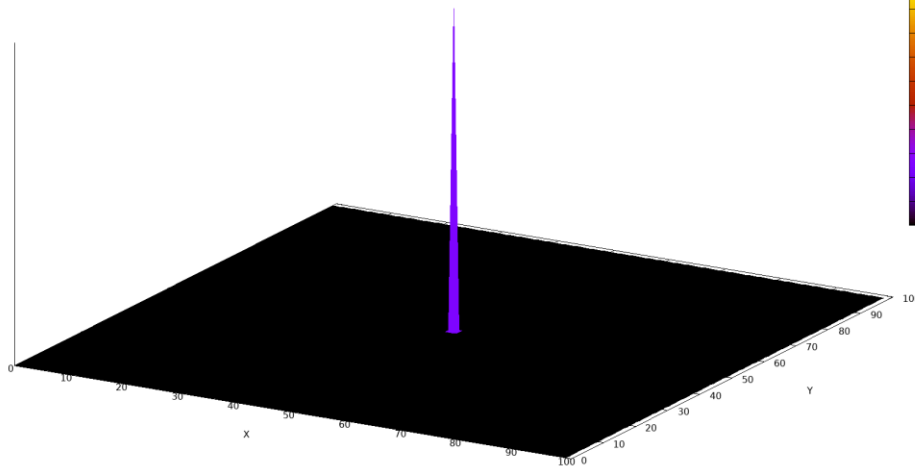
Одномерный процесс: интерпретация результатов



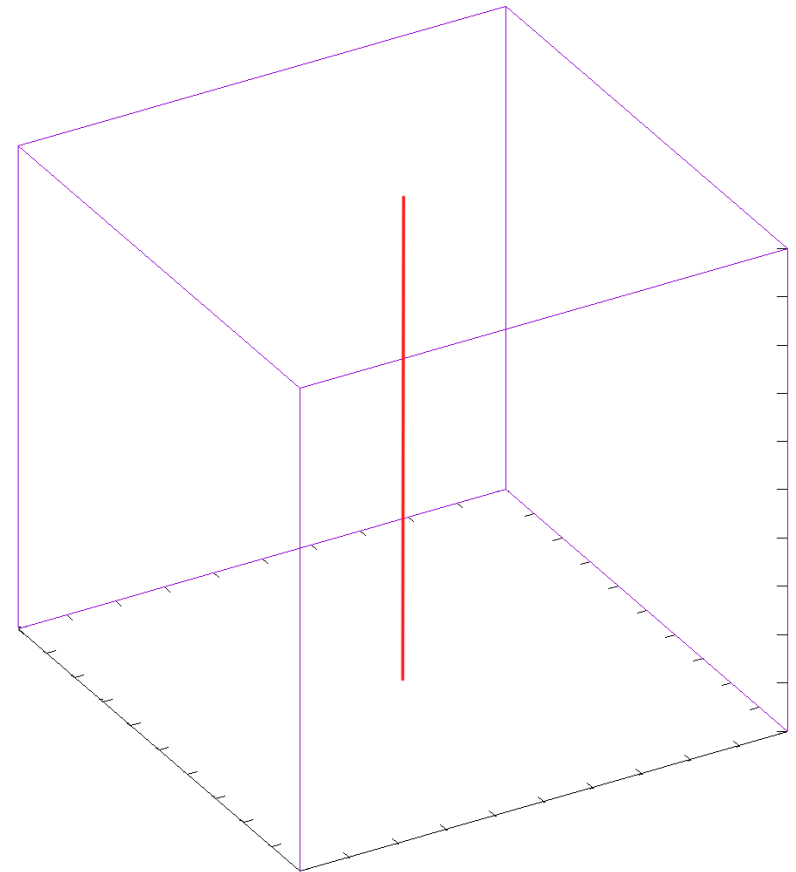
Двумерный процесс: начальные условия

Моделирование двумерного
процесса 2D и 3D
моделями.

Размер клеточного массива:
100x100

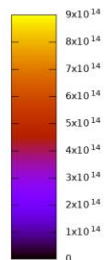
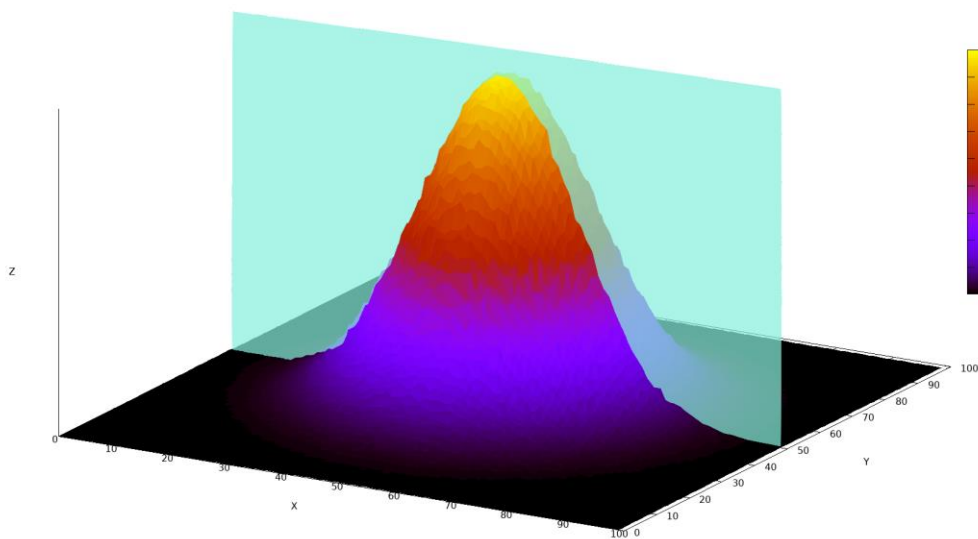


2D

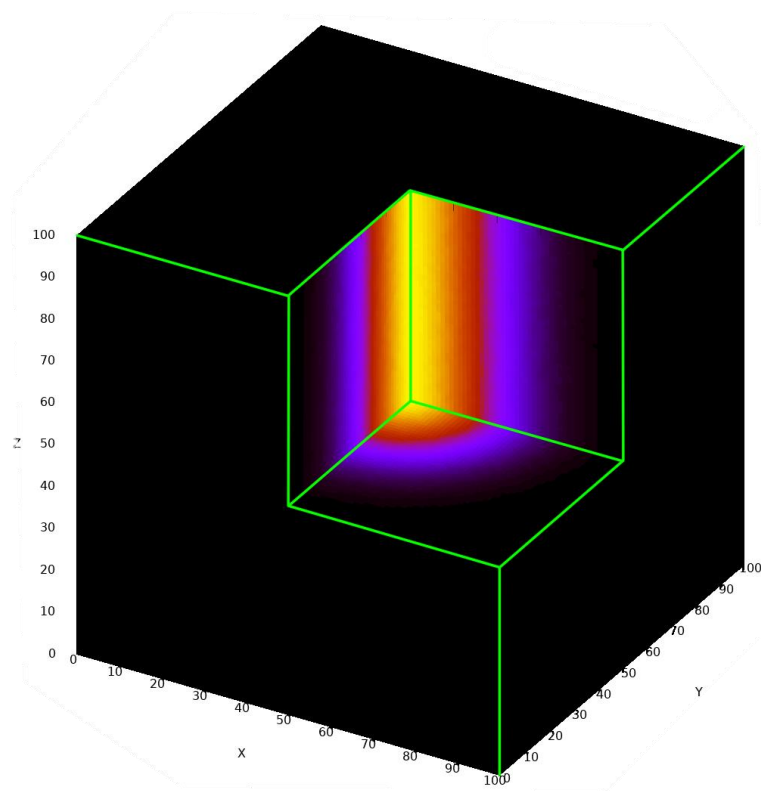


3D

Двумерный процесс: результаты моделирования

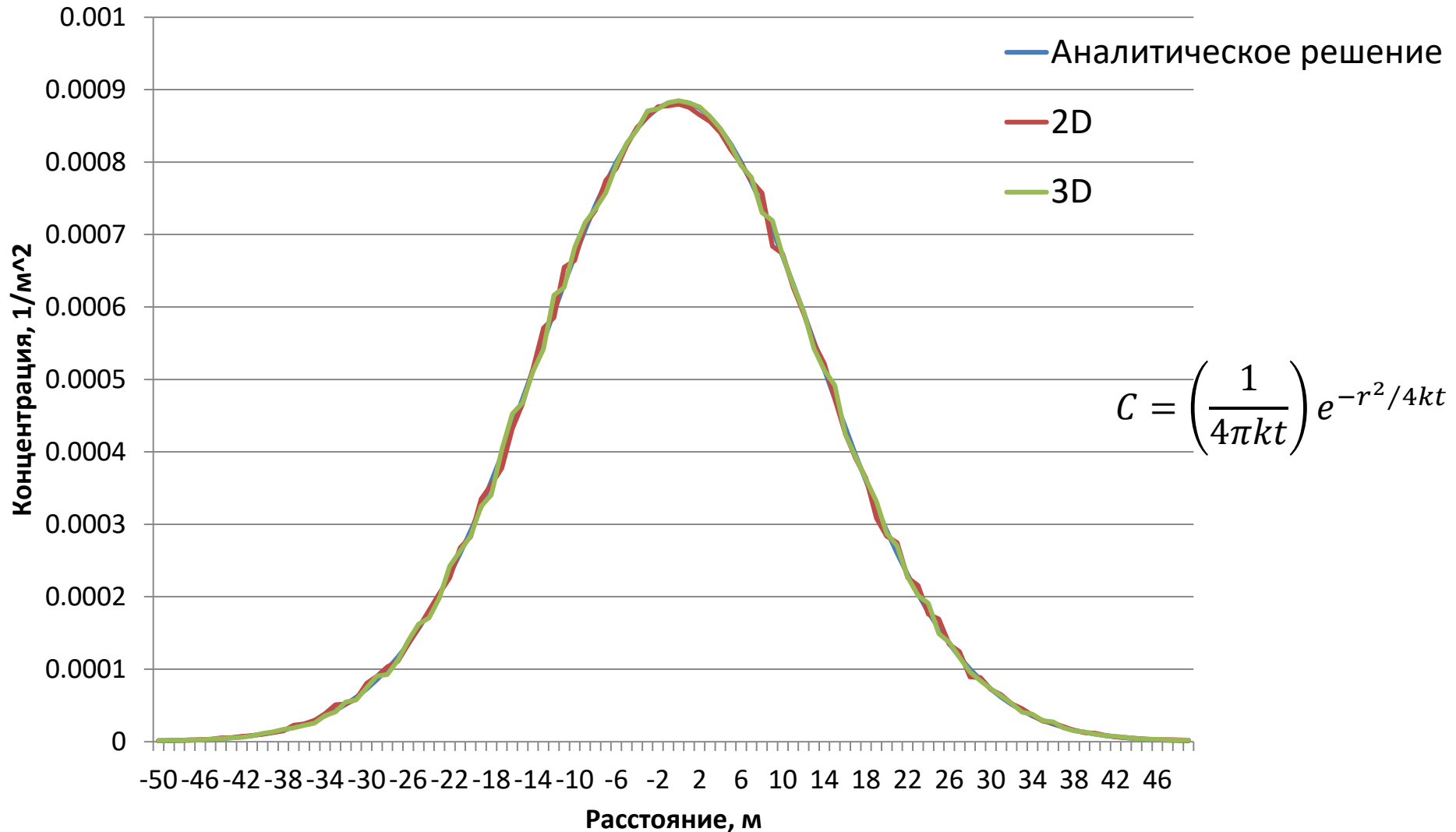


2D

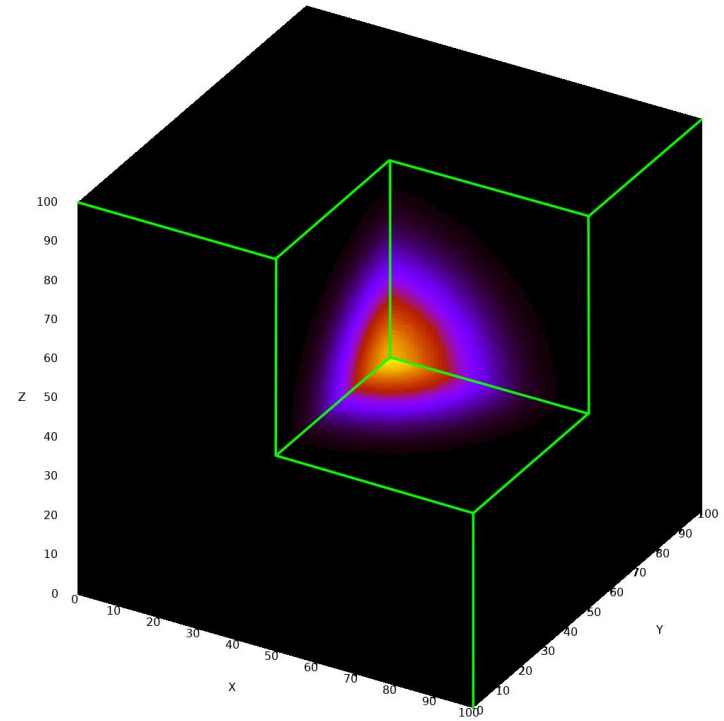
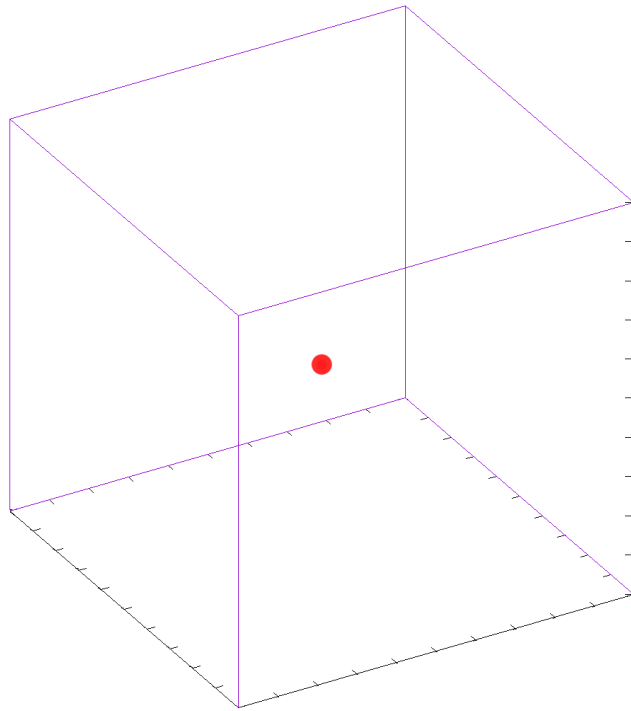


3D

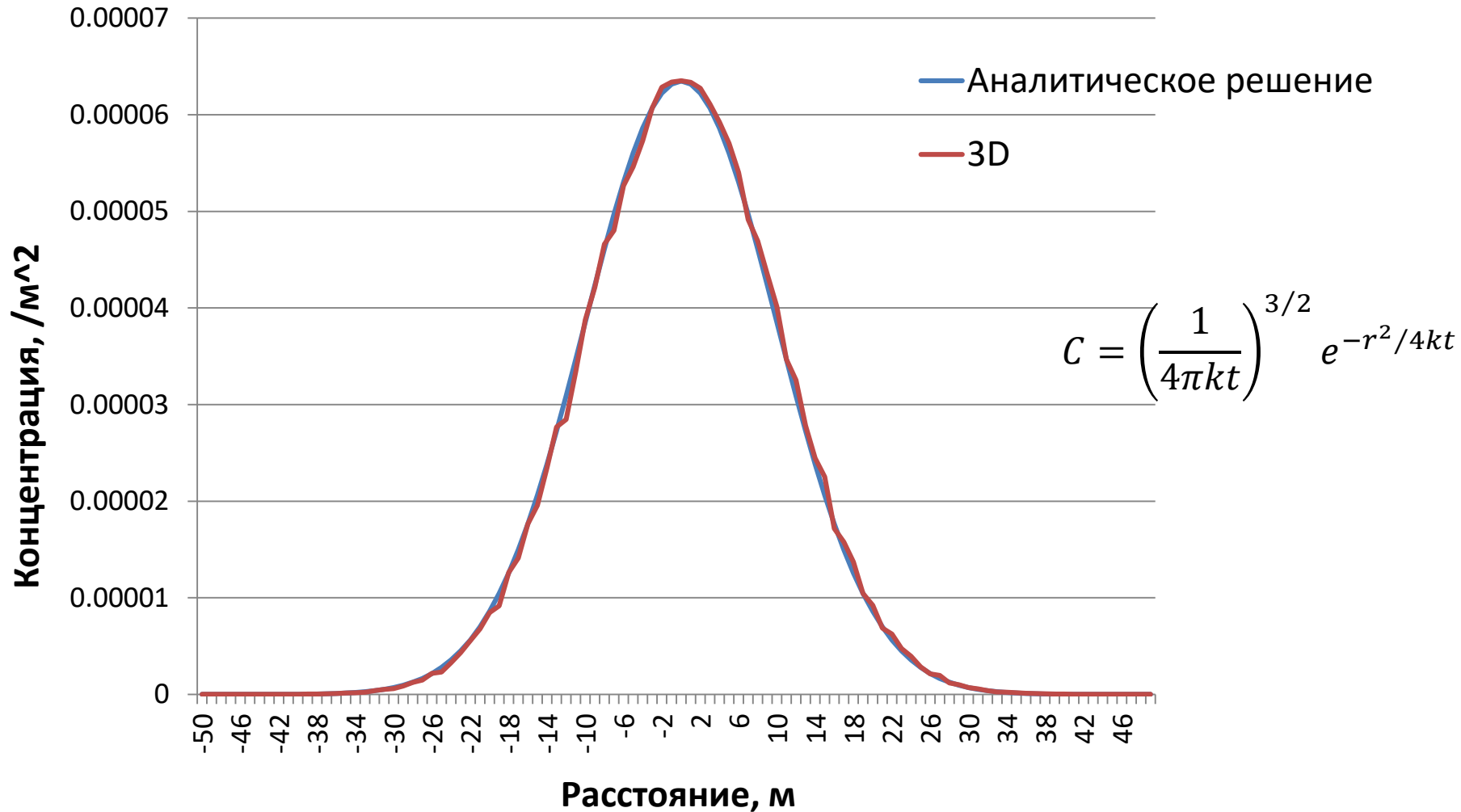
Двумерный процесс: интерпретация результатов



Трёхмерный процесс: начальные условия и результаты моделирования



Трёхмерный процесс: интерпретация результатов



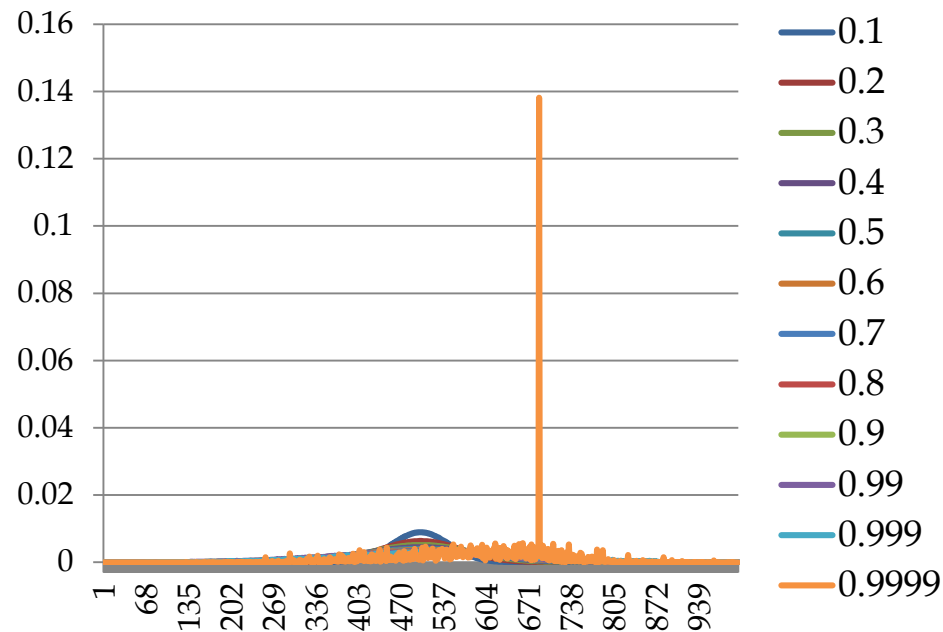
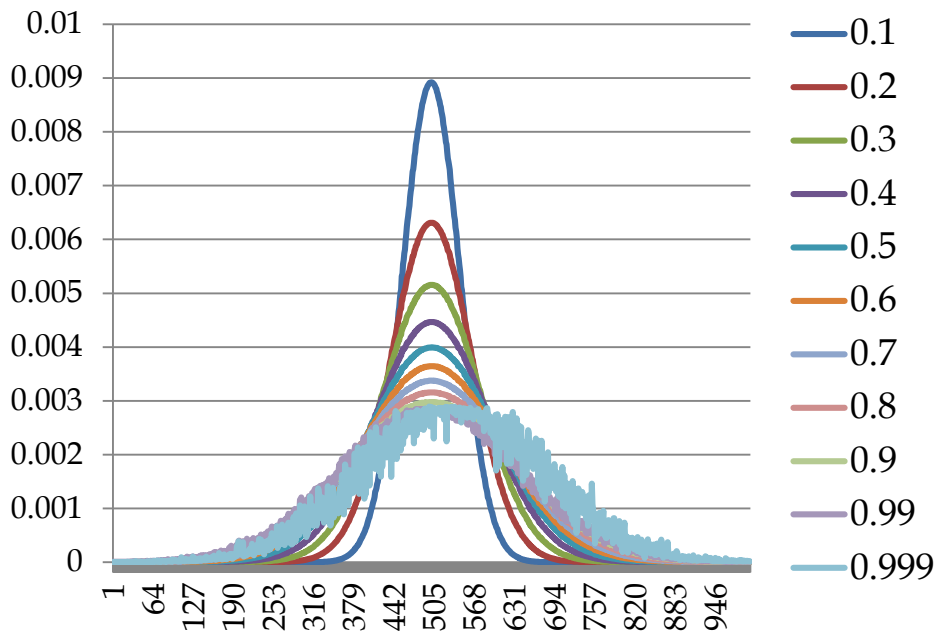
Исследование модельного коэффициента диффузии

$k \leq 0,99$ – приемлемый уровень шума

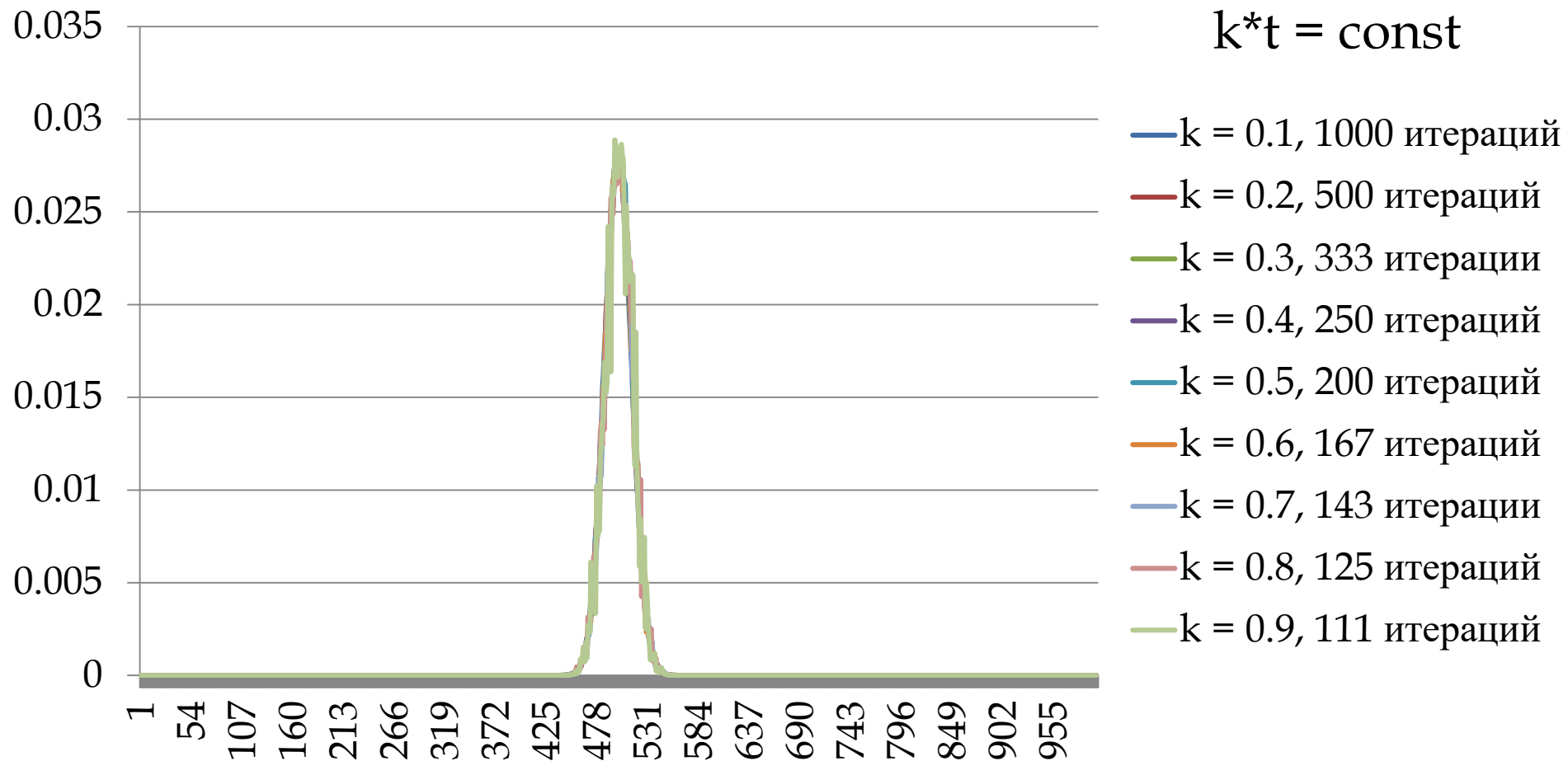
$k > 0,99$ – высокий уровень шума (левый график)

$k > 0,999$ – искажение результата (правый график)

Концентрация при разных коэффициентах диффузии



Зависимость между модельным параметром k и количеством итераций



Результаты работы

1. Создана программная реализация 1D, 2D и 3D моделей диффузионного процесса
2. Проведено сравнение результатов компьютерных экспериментов с аналитическими решениями уравнений диффузии для 1D, 2D и 3D моделей
3. Установлено, что в диапазоне от 0 до 0,99 значение модельного параметра k совпадает с физическим коэффициентом диффузии
4. Установлено, что процессы с физическим коэффициентом диффузии превышающим единицу могут быть промоделированы в силу обратной зависимости модельного параметра k от количества итераций

Спасибо за внимание!