



# **Microscopic Biological Simulator**

Руководство пользователя

МФТИ  
2015

# Содержание

Введение .....	3
Описание модели.....	4
Работа в программе .....	7
Технические требования .....	12
О разработчике .....	13

## Введение

Microscopic Biological Simulator (Микроскопический биологический симулятор) - система визуального моделирования биологических систем на плоскости.

Назначение системы – моделирование развития колоний одноклеточных микроорганизмов в ограниченной среде. Программа позволяет в реальном времени отслеживать процесс развития колоний, эволюцию клеток, взаимодействие организмов разных видов.

Программа моделирует основные концепции живого мира: движение, питание, размножение делением, мутации, смерть.

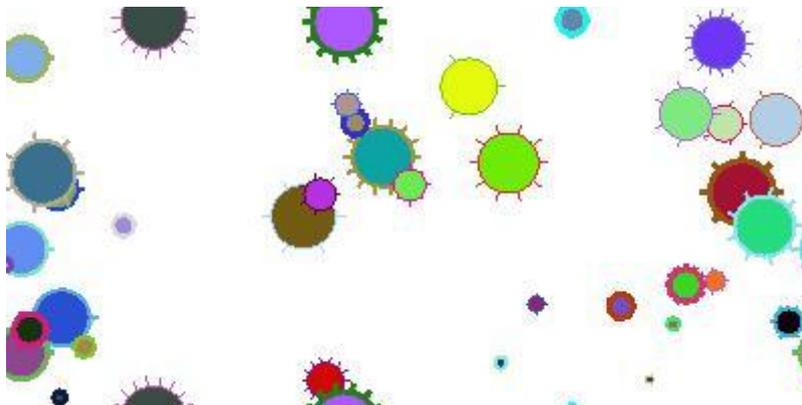
Система основана на математической модели, включающей ряд задаваемых пользователем коэффициентов. Также пользователь может менять некоторые макроскопические параметры среды обитания организмов и создавать случайные колонии. Таким образом, можно исследовать зависимость развития колонии от экзогенных факторов и начального состояния.

Основное назначение системы – моделирование биологических экспериментов.

## Описание модели

Моделирование проводится в «мире» представляющем собой прямоугольник с размерами  $WS_x$ ,  $WS_y$ . Мир характеризуется уровнями освещённости  $LightLevel$  и радиации  $RadiationLevel$ , одинаковыми во всех точках.

Мир содержит «клетки». Геометрически клетка – это круг, который задаётся координатами центра и радиусом.



Каждая клетка имеет ДНК – строку из 11 байтов. ДНК полностью определяет внешний вид и поведение клетки. Ниже перечислены все задаваемые ДНК параметры и формулы их вычисления по ДНК.

Параметр	Тип	Описание	Формула
CellColor	Color	Цвет тела клетки	$RGB(DNA[0], DNA[1], DNA[2])$
BorderColor	Color	Цвет границы клетки	$RGB(DNA[3], DNA[4], DNA[5])$
CellRadius, R	int	Радиус клетки, $r_x$	$(DNA[6] \% R_{mx}) + 1$
BorderWidth	int	Ширина границы клетки, $r_x$	$DNA[7] \% 8$
v_max	float	Макс. скорость движения, $r_x/сек$	$DNA[8] * 10^{-5} * m_2$
legs	int	Число ножек	$x[8] / 12$
movement_confidence	int	Время собственного движения	$(DNA[9] + 5) * 100$
PhStEff	float	Эффективность фотосинтеза	$DNA[1] / 256$
BasicEnergy	int	Базовый уровень энергии	$CellRadius * E_0$
DivideExcess	float	Избыток энергии для деления	$1 + (255 - DNA[0]) * (k_6 / 255)$
legs_len	float	Длина ног (от центра, отнесённая к радиусу)	$1 + (DNA[9] / 255);$

Здесь  $DNA[i]$  –  $i$ -й байт ДНК (целое число от 0 до 255),  $RGB(r,g,b)$  – цвет, заданный интенсивностями красной, зелёной и синей компонент.

Кроме того, клетка имеет геометрические координаты  $Pos.X$ ,  $Pos.Y$  и уровень жизненной энергии (эквивалент питательных веществ)  $Energy$ .

Моделирование выполняется шагами, каждый шаг моделирует изменение состояния клеток за промежуток времени  $dt$ , по умолчанию равный 50 мс.

На каждом шагу для каждой клетки выполняются следующие действия:

### 1. Движение.

Клетка смещается на вектор

$$dr = \left( \vec{e}_r \frac{m1}{1000 R} + \vec{v}_{self} \right) dt$$

Первый член – броуновское движение, второй – собственное.

Здесь  $\vec{v}_{self}$  - вектор собственной скорости, который случайным образом меняется в среднем один раз за время `movement_confidence`, по формуле:

$$\vec{v}_{self} = \frac{v_{max}}{\sqrt{2}} \vec{e}_r$$

$\vec{e}_r$  - случайный вектор:

$$\vec{e}_r = \begin{pmatrix} rnd[-1,1] \\ rnd[-1,1] \end{pmatrix}$$

### 2. Изменение энергии.

Прирост за счёт фотосинтеза:

$$\Delta E_1 = k_1 \cdot LightSupply \cdot PhStEff \cdot dt$$

Расход на метаболизм:

$$\Delta E_2 = -k_2 \cdot R \cdot dt$$

Расход на движение:

$$\Delta E_3 = -k_3 \cdot |v_{self}| \cdot dt$$

Здесь `LightSupply` – освещённость, скорректированная возможным затенением от перенаселения:

$$LightSupply = LightLevel \cdot \min \left( 1, \frac{WS_x \cdot WS_y}{\sum_i \pi R_i^2} \cdot \frac{1}{k_4} \right)$$

Суммирование ведётся по всем клеткам.

Если в результате этих изменений энергия клетки стала равна нулю или меньше нуля, она умирает.

### 3. Деление.

Если выполняется условие `Energy >= DivideExcess*BasicEnergy`, клетка делится. То есть, на том же месте создаётся новая клетка с таким же ДНК, половина энергии текущей клетки переходит к новой клетке.

Новая клетка может мутировать: каждый бит её ДНК меняется на противоположный с вероятностью  $\frac{RadiationLevel}{10000}$ .

#### **4. Поглощение других клеток.**

Клетка поглощает все клетки, центр которых покрывается данной клеткой, а радиус меньше, чем у данной на  $k_5$ . При этом её энергия увеличивается на уровень энергии поглощённой клетки, а поглощённая клетка умирает.

При создании новых клеток их уровень энергии устанавливается равным BasicEnergy.

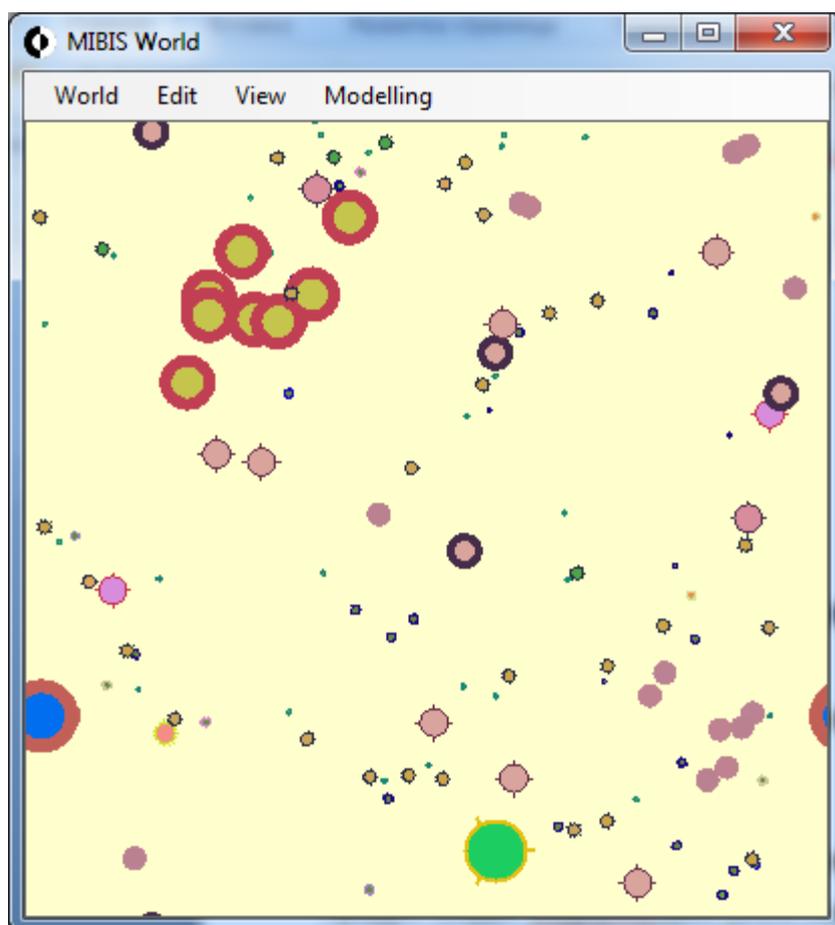
В вышеприведенных формулах упоминались коэффициенты  $k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6, m_1, m_2, E_0, R_{max}$ . Эти параметры, а также уровень радиации и освещённости мира пользователь может задавать вручную. Рекомендуемые значения установлены по умолчанию.

# Работа в программе

Интерфейс программы состоит из главного окна и панели управления.

## Главное окно

Главное окно отображает моделируемый мир и содержит главное меню. Его размеры можно произвольно менять. Масштаб мира можно менять колёсиком мыши, а перемещаться по миру можно, двигая мышь с зажатой правой кнопкой.



## Главное меню

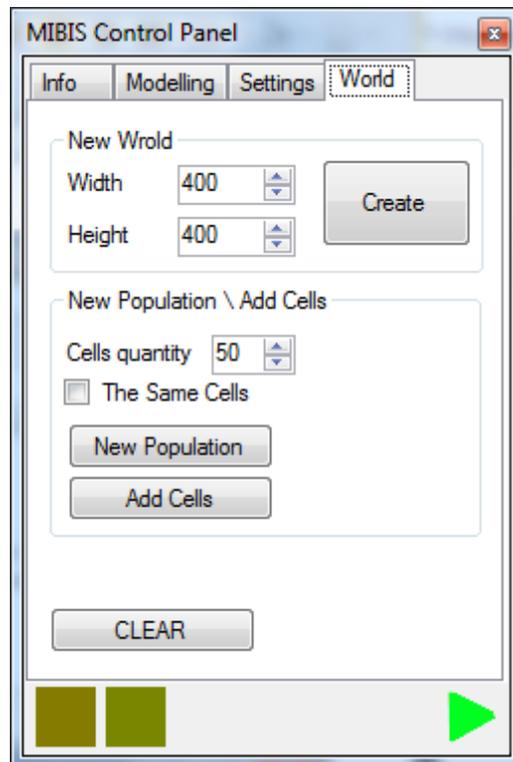
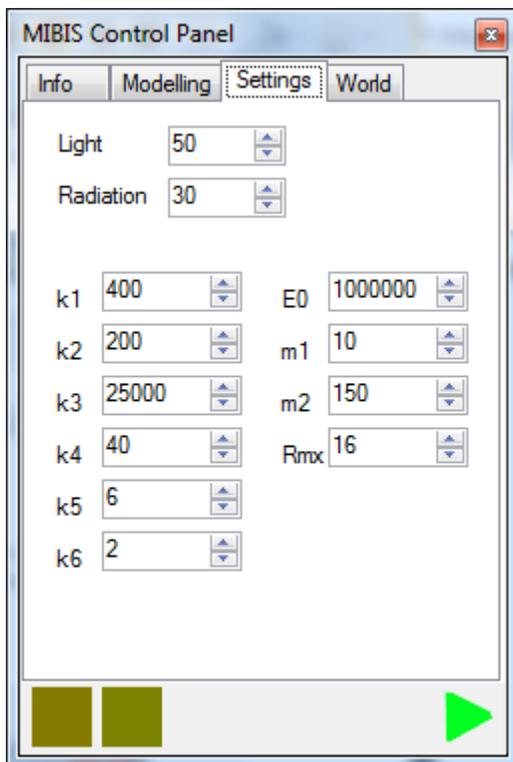
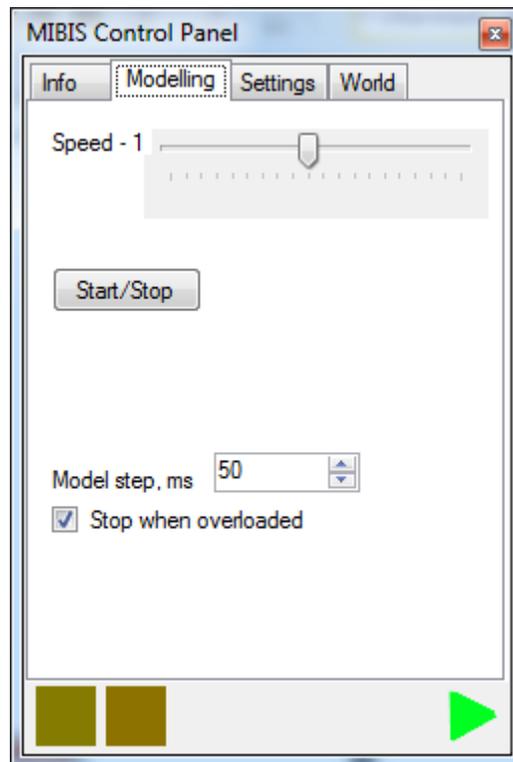
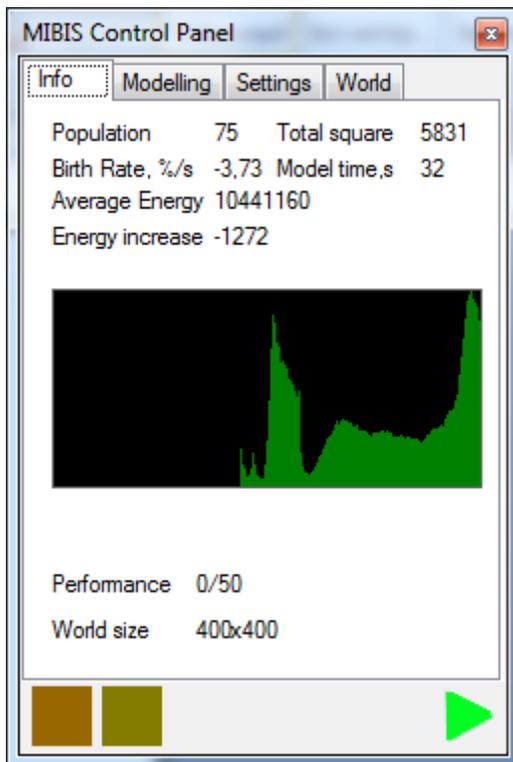
Главное меню расположено в верхней части главного окна. Оно содержит следующие опции. В скобках указаны горячие клавиши для вызова этих опций.

- Мир (World)
  - New world (F3) - создать новый мир, размеры указать на вкладке World панели управления.
  - Clear – удалить все клетки.
  - Load (Ctrl+O) – загрузить параметры мира из текстового файла.

- Save (Ctrl+S) – сохранить параметры мира в текстовый файл (сами клетки не будут сохранены).
- Save image - сохранить текущее изображение мира в графический файл.
- Правка (Edit)
  - New population (F2) - создаёт новую колонию с заданным количеством случайных клеток. Параметры указать на вкладке World панели управления.
  - Return initial population (Ctrl+Shift+R) – вернуть первоначальный набор и положение клеток.
  - Add Cells (Shift+F2) – добавить клетки. Параметры указать на вкладке World панели управления.
- Вид (View)
  - Full Screen (F11) – полноэкранный режим. В полноэкранном режиме масштабирование и навигация возможны с помощью мыши, как и в оконном режиме. Для выхода из полноэкранного режима нажмите F11.
  - Reset Scale (F12) – устанавливает масштаб равным 1.
  - Fit window (F10) – сжимает масштаб и изменяет размер окна так, чтобы в нём поместился полностью весь мир и ничего более.
  - Control Panel (F8) – открывает или отображает панель управления.
- Моделирование (Modelling)
  - Start/Stop (F5) – если моделирование остановлено, начинает моделирование. Если моделирование идёт, останавливает его.

## Панель управления.

Панель управления содержит четыре вкладки: Информация (Info), Моделирование (Modelling), Настройки (Settings), Мир (World).



### **Вкладка «Информация»**

На этой вкладке выводится следующая информация: численность популяции (Population), её относительный прирост (Birth Rate), средняя энергия популяции (Average Energy), абсолютный прирост энергии (Energy Increase), общая площадь (Total square), занимаемая клетками, время моделирования (Model time) – в секундах, от создания новой колонии, размер поля (World size) и производительность (Performance).

Производительность указывается как отношение времени, затрачиваемого на моделирование одного шага (мс), к времени, которое на это отводится.

Также на вкладке отображается график изменения численности колонии за последние 50 секунд.

### **Вкладка «Моделирование»**

Можно управлять скоростью моделирования, меняя два параметра: время шага (Model step) dt в миллисекундах (10...500) и относительную скорость Speed (0,1...10). Моделирование будет выполняться по таймеру с интервалом (dt/Speed) миллисекунд, но по времени мира за один такт будет проходить dt мс.

Также на вкладке можно приостановить и возобновить моделирование. Флажок «stop when overloaded» обеспечивает автоматическую остановку моделирования, если коэффициент производительности превысит 2.

### **Вкладка «Настройки»**

Содержит поля для ввода всех параметров мира: LightLevel, RadiationLevel,  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$ ,  $k_4$ ,  $k_5$ ,  $k_6$ ,  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $E_0$ ,  $R_{\max}$

### **Вкладка «Мир»**

- Новый мир (New World) – создайт новый мир с указанными размерами.
- Новая популяция (New Population) – создаёт новую колонию с заданным количеством случайных клеток. Если установлен флажок «The Same Cells», то все клетки будут одинаковыми.
- Добавить клетки (Add Cells) – добавляет к существующей колонии заданное количество случайны клеток. Если установлен флажок «The Same Cells», то все клетки будут одинаковыми.
- Очистить (CLEAR) – удаляет все клетки.

Внизу панели управления справа находятся два цветowych индикатора, отображающих параметры Birth Rate и Energy Increase цветом от красного до зелёного. Красный цвет – отрицательное значение, зелёный цвет – положительное.

Внизу панели управления справа находится знак, показывающий, включено ли сейчас моделирование.

## **Технические требования**

Для работы программы требуется компьютер под управлением ОС Windows 7 и выше с установленным .NET Framework 4.

Рекомендуемые технические характеристики компьютера: частота процессора 1,4 ГГц, RAM 4 ГБ, видеокарта ATI Mobility Radeon HD 6650 или аналогичная, мышь.

## О разработчике

Продукт создан Федоряка Дмитрием Сергеевичем, студентом Московского физико-технического института в ходе выполнения курсовой работы.

e-mail: [fedimser@yandex.ru](mailto:fedimser@yandex.ru)

сайт: [mitay.at.ua/mibis.html](http://mitay.at.ua/mibis.html)

Авторские права на продукт сохраняются за разработчиком.