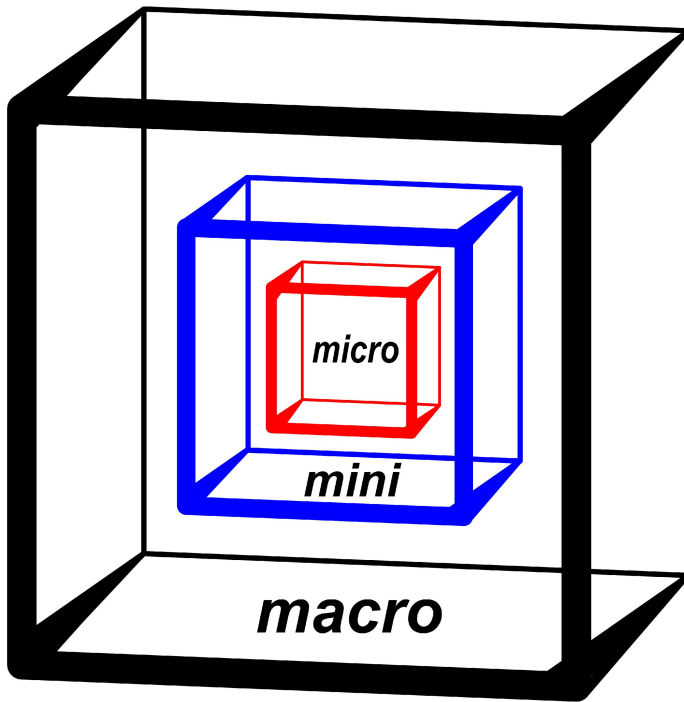


# **White-box моделирование**

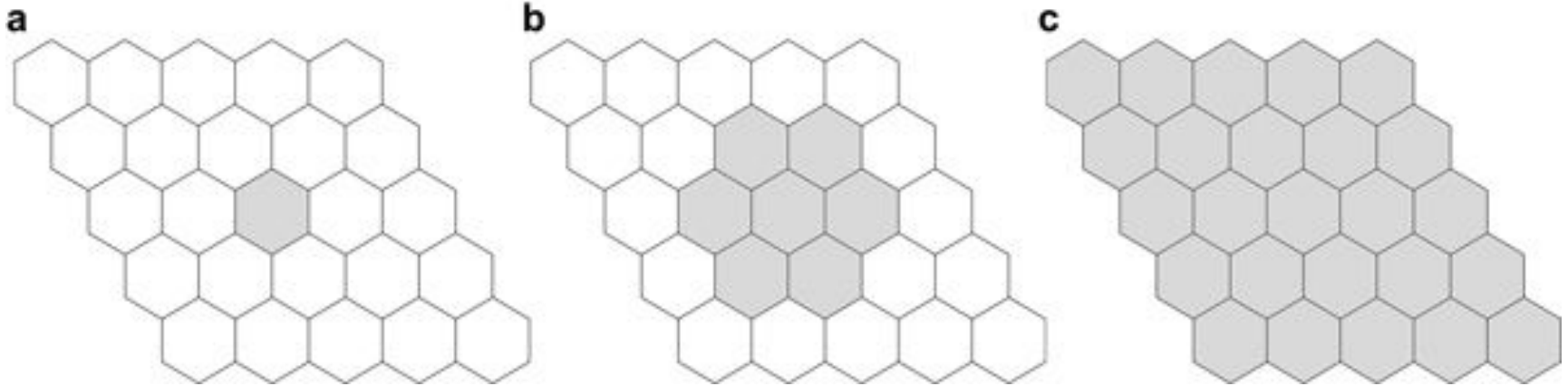
Лев Калмыков



Белый =  
прозрачный,  
стеклянный,  
открытый

Образное  
представление  
white-box модели, в  
которой  
одновременно  
демонстрируются  
события на  
**макро-**,  
**мини-** и  
**микро-** уровнях.

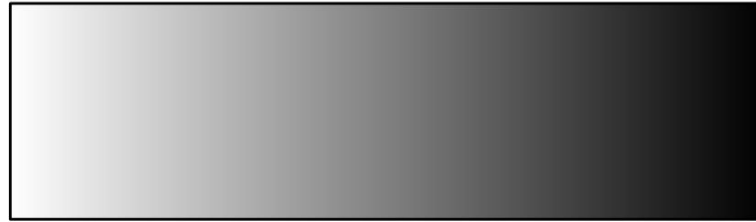
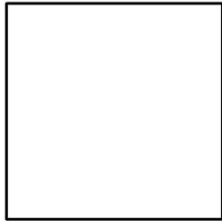
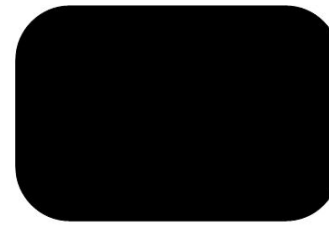
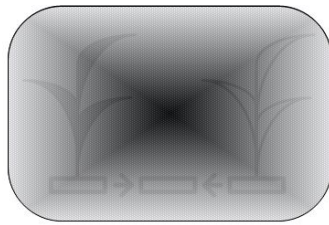
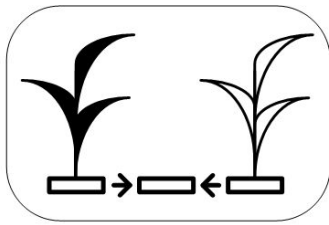
# Микро-, мини- и макро-объекты клеточного автомата



**a**, Одна ячейка - события на **микро**-уровне.

**b**, Окрестность - события на **мини**-уровне.

**c**, Все поле - целостная **макро**-система.



White-box  
моделирование

Gray-box  
моделирование

Black-box  
моделирование

Современные модели сложных систем относятся к grey- и black-box типам. Они непрозрачны или частично прозрачны для понимания механизмов моделируемых объектов.

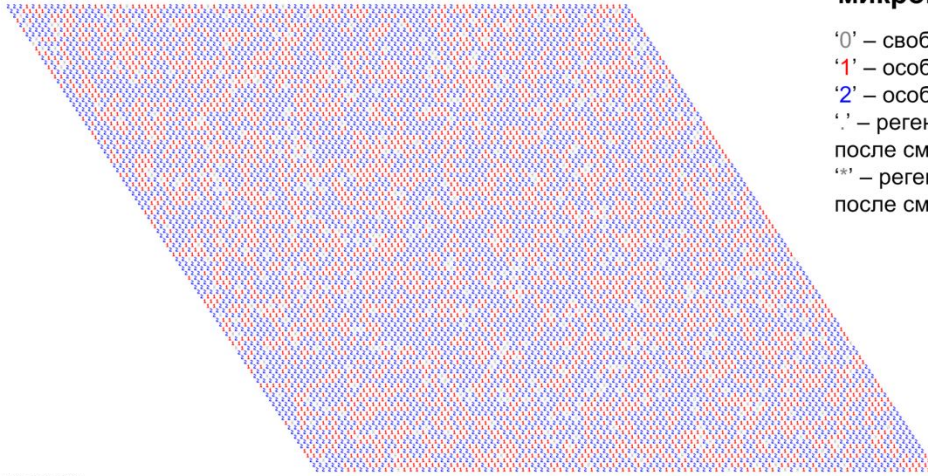
# Предлагаемое решение

Мы предложили метод аксиоматического клеточно-автоматного моделирования сложных динамических систем на основе детерминированного логического вывода, что позволяет создать white-box модели. Такие модели являются прямым источником новых знаний об изучаемом объекте.

## С помощью данного метода мы уже решили следующие проблемы:

- Выявили прямой механизм нарушения принципа конкурентного исключения, что позволяет создавать технологии бесконфликтного сосуществования.
- Объяснили парадокс биоразнообразия.
- Выявили прямой механизм солитоноподобного взаимопроникновения популяционных автоволн.

## Поле клеточного автомата

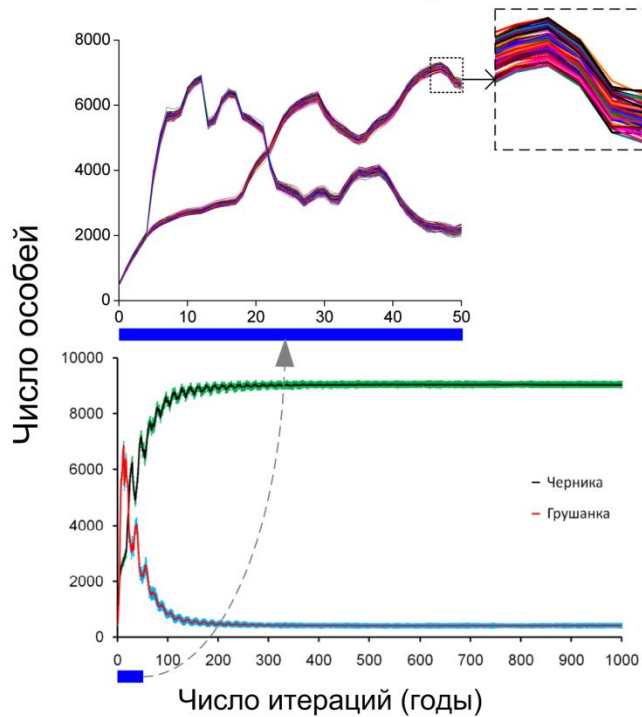


## Состояния микроместообитания:

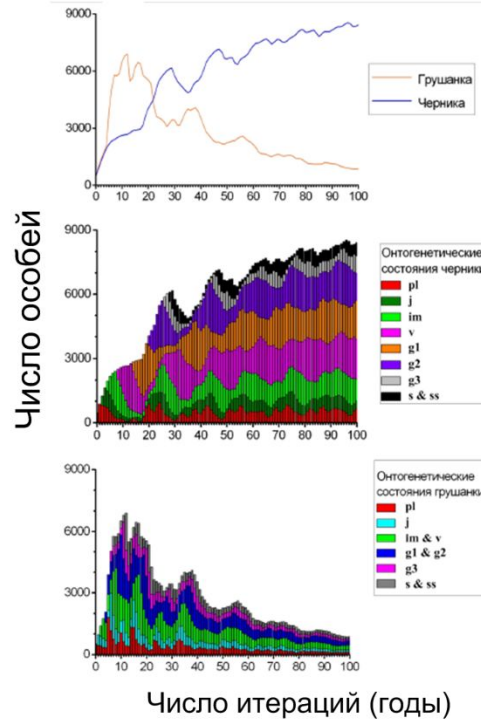
- '0' – свободный участок
- '1' – особь первого вида
- '2' – особь второго вида
- '.' – регенерационное состояние после смерти особи первого вида
- '\*' – регенерационное состояние после смерти особи второго вида

# Одна из моделей конкуренции двух видов

## Анализ устойчивости сосуществования двух конкурирующих видов методом Монте Карло



## Динамика численностей особей в зависимости от возрастных состояний (одно испытание)



# Перспективность проекта

Клеточно-автоматное white-box моделирование позволит создать автоматизированные системы для оптимизации, проектирования и виртуальных испытаний в различных областях.



# Наши конкурентные преимущества

- Мы первыми решили с помощью данного подхода ряд теоретических и практических проблем в конкретной области (экологии) и это дает нам преимущество во времени.
- Мы обладаем рядом know-how по реализации подхода, что связано, в частности, с умением создавать базовую систему аксиом для каждой отдельной модели.

# Вид результирующей продукции

- Алгоритмы и программы.
- Технологии сохранения биоразнообразия.
- Видеоролики экспериментов *in silico*.
- Клеточно-автоматное *white-box* моделирование.
- Публикации.

# Базовые функции продукции:

- Моделирование (виртуальные испытания).
- Прогнозирование.
- Консультационные и образовательные функции на основе разработанных компьютерных технологий и методологии.

# Дополнительные функции:

- Исследование устойчивости решений и выявление (data-mining) скрытых закономерностей методом Монте-Карло.
- Визуализация всех моделируемых процессов.
- Автомат гипер-логического вывода.
- Основа создания систем для виртуальных испытаний стратегий и тактик в различных областях (частности, для виртуальных испытания действия лекарств, создания систем виртуального кризисного мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций).

# Потенциальные потребители:

- Организации занимающиеся разработкой и проектированием систем оптимального природопользования;
- Разработчики новых лекарств;
- Разработчики систем виртуального кризисного мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций;
- Разработчики систем искусственного интеллекта;
- Система образования.

# Существующие аналоги:

Прямых аналогов организаций, предлагающих услуги, основанные на клеточно-автоматном white-box моделировании сложных систем сегодня нет.

Нашими конкурентами являются организации, занимающиеся моделированием сложных систем.

# Перспективы

Дальнейшее развитие клеточно-автоматного метода очень перспективно поскольку возможно его неограниченное расширение за счет использования

- вложенных и сопряженных решеток,
- множественных дополнительных состояний узлов,
- различных типов окрестностей,
- различных правил поведения особей.

Комбинация данного подхода с существующими методами моделирования сделает традиционные модели более прозрачными.

# Оборудование необходимое для реализации и дальнейшего развития проекта



Персональный суперкомпьютер NVIDIA TESLA HPC-6050 на базе 2х шестиядерных процессоров Intel Xeon 56xx и трех вычислителей NVIDIA TESLA с поддержкой технологии NVIDIA® Maximus.

White-box моделирование вследствие полной детализации нуждается в большой вычислительной мощности.



# Результаты проекта планируется представить для публикации в журнал *Nature*, поэтому в смету заложены необходимые расходы

10 ноября 2011 г. Лев Калмыков участвовал в шестичасовом семинаре «Как научиться писать статьи в мировые научные журналы», который проводили управляющий редактор журнала *Nature* Ник Кэмпбелл (Nick Campbell) и редактор того же журнала Дэн Ксонтос (Dan Csontos). Семинар был организован Российской венчурной компанией (РВК) совместно с Macmillan Scientific Communications (эсклюзивный партнер мирового научного издательства Nature Publishing Group).

Один из выводов – поскольку к статье, представляемой к публикации в топовые научные журналы предъявляются крайне высокие требования, перед официальным представлением в *Nature* учеными, для которых английский язык не является родным, статья должна пройти процедуру платной профессиональной корректуры в специально для этого созданной компании Macmillan Scientific Communications.

Такие же требования предъявляются и в ряде других топовых журналов.

# Рабочая группа

Калмыков Лев Вячеславович

Руководитель проекта



Аспирант Института теоретической и экспериментальной биофизики РАН , магистр прикладной математики , бакалавр математики (компьютерные науки).

Калмыков Вячеслав Львович

Участник проекта



Биолог, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник Института биофизики клетки РАН . Преподает курс по клеточным автоматам. Автор абстрактной теории организации и развития. Руководил семинарами по теоретической биологии. Участник международного проекта CALResCo.