

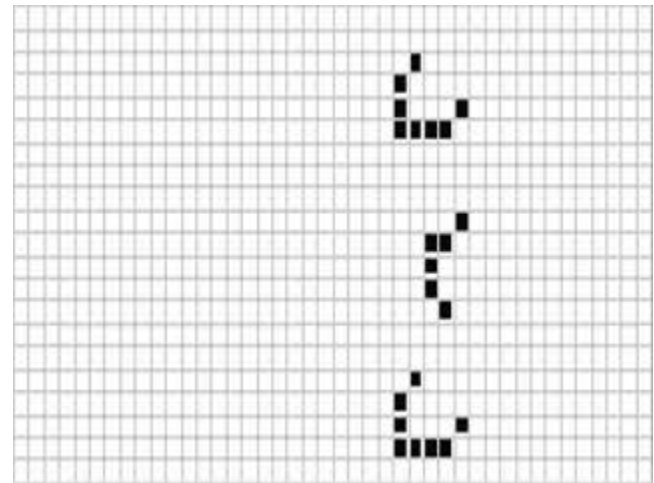
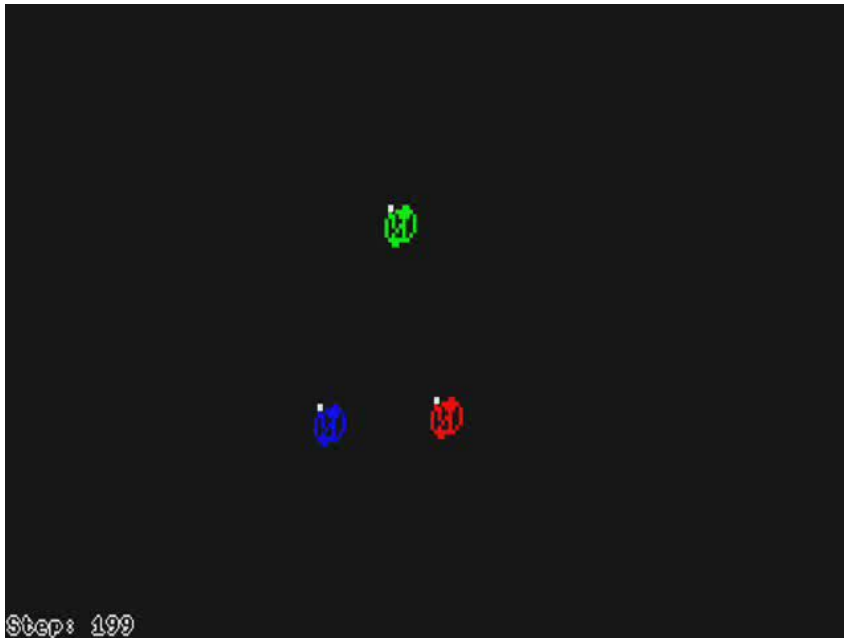
# Об одном удивительном математическом парадоксе связанном с обратимыми клеточными автоматами

(Наша презентация состоит из двух частей.

- 1) Беглый обзор наших «интересных» ОКА, знакомство с ними;
- и 2) Рассказ о ПАРАДОКСАЛЬНОМ «ОКА с периодом 6».

# 1. Введение

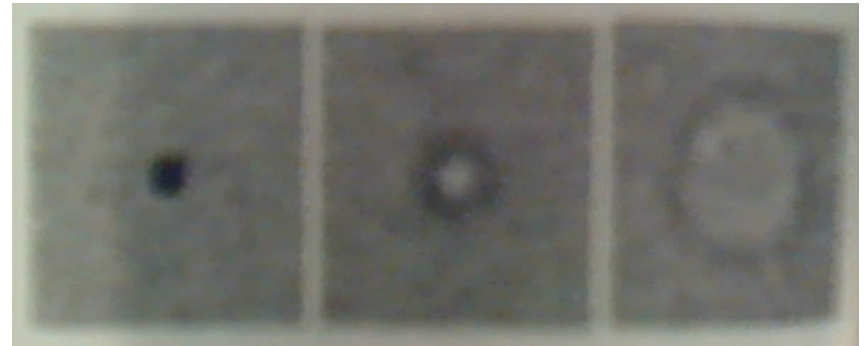
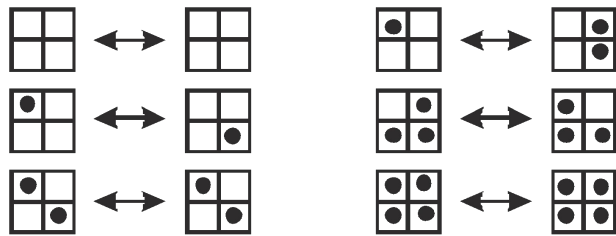
## Муравей Лэнгтона и игра Жизнь



# Обратимые автоматы в книге Тоффоли-Маргополуса

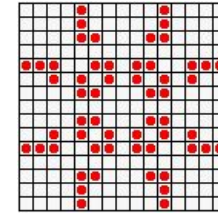
## «Машины клеточных автоматов»

Правило Маргополуса

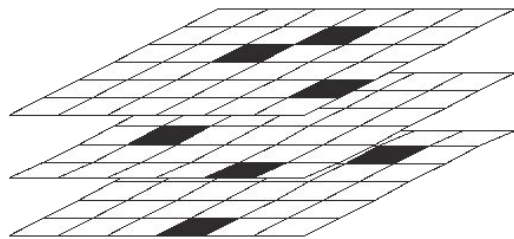


## 2. Обратимые клеточные автоматы

Утверждения: 1) Если ОКА начал двигаться, то он никогда не остановится; 2) При своём движении он обязательно пройдёт через свою начальную точку!



с 2-мя состояниями



$t_{n+1}$   
 $t_n$   
 $t_{n-1}$

$$t_{n+1} = f(t_n) \wedge t_{n-1}$$

$$f(t_n) \wedge t_{n+1} = f(t_n) \wedge f(t_n) \wedge t_{n-1}$$



$$t_{n-1} = f(t_n) \wedge t_{n+1}$$

с 3-мя состояниями

$C \Rightarrow B$

(I)  $A \Rightarrow A$   $B \Rightarrow C$

(II)  $A \Rightarrow C$   $B \Rightarrow A$

A - "готово"

B - "рефракция"

C - "возбуждение"

$$t_{n+1} = f(t_n^C)$$

...

2	A	A	A	A	A	B	A	A
1	A	B	A	A	A	C	A	A
0	A	C	B	A	B	B	A	A
-1	A	A	C	A	C	C	B	B
-2	A	A	A	A	A	A	C	C
-3	B	A	A	A	A	B	A	A
-4	C	A	A	A	A	C	A	A

...

...

-2	A	A	A	A	A	C	A	A
-1	A	C	A	A	A	B	A	A
0	A	B	C	A	C	C	A	A
1	A	A	B	A	B	B	C	C
2	A	A	A	A	A	A	B	B
3	C	A	A	A	A	C	A	A
4	B	A	A	A	B	A	A	A

...

← ВРЕМЯ →

Обращение времени  
(транслитерация) замена  $C \Leftrightarrow B$

# Книга Тоффоли-Маргополуса «Машины клеточных автоматов»

Глава 1. Клеточные автоматы.

...

...

Глава 6. Динамика второго порядка.

6.1 Возбуждение нейронов: правило с тремя состояниями

6.2 Непроницаемый барьер

6.3 Другие примеры

...

...

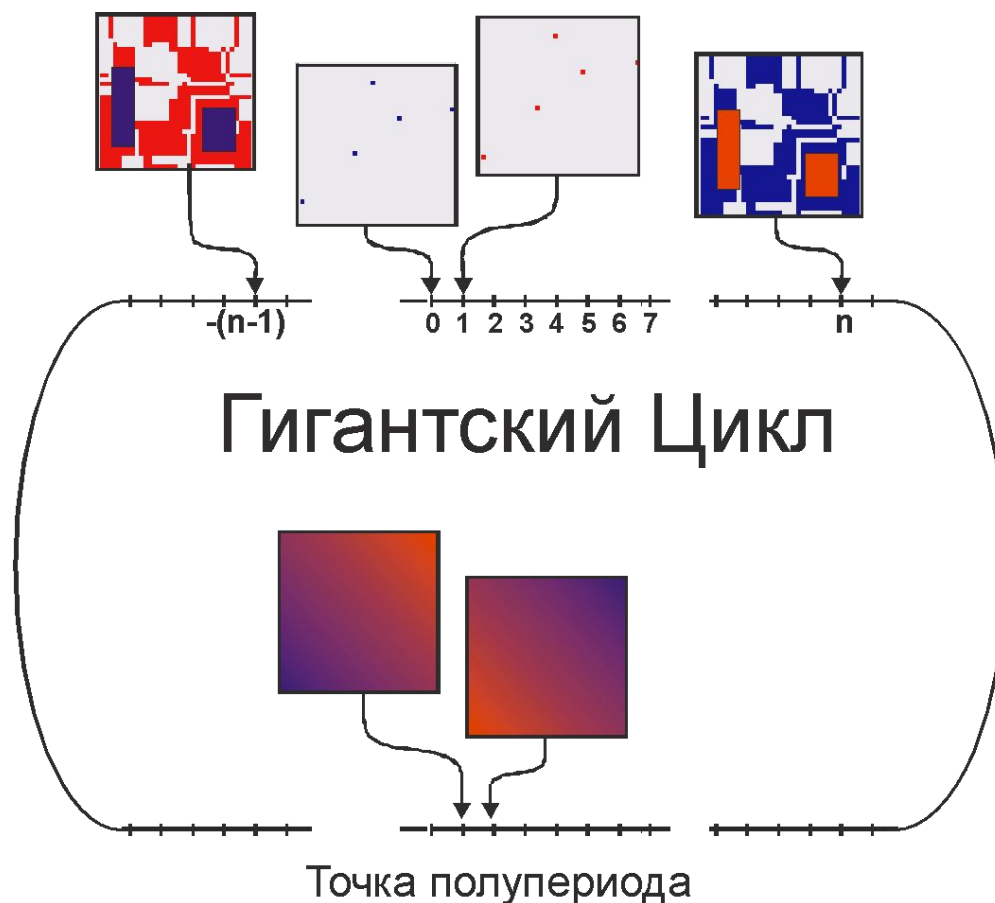
Недостатки главы:

не подчёркнуто, что ОКА при движении пройдёт через  
свою транслитерацию (?)

“не замечено” явление струн (?)

не замечено ГЛАВНОЕ (возвращение назад)(???)

Первое наше требование, что если клеток **С** нет вообще – закон преобразования (I). Это значит, что если мы начинаем движение с нескольких клеток **В**, то они на следующем шаге перейдут в клетки **С**, и, значит, сразу же «пойдут обратно по времени». Это означает, что всегда состояние ОКА в момент времени  $n$ , будет транслитерацией состояния ОКА в момент времени  $-(n-1)$ . Когда-то, через много-много шагов они «идущие вперёд и назад площадки встретятся. Назовём в таком случае, что ОКА попала в Гигантский Цикл, а состояние встречи назовём Точкой Полупериода. Обычно оно **принципиально неизвестно**.



### 3. Наши «стандартные» ОКА, описание и программа.

(Цель программы (была) чисто развлекательная. Придумать такую программу, которая по щелчку мыши генерила бы случайные ОКА, (отсекая внутри себя откровенно неинтересные), и выводила на экран результаты их работы. «Жмёшь, жмёшь... интересные записываешь»).

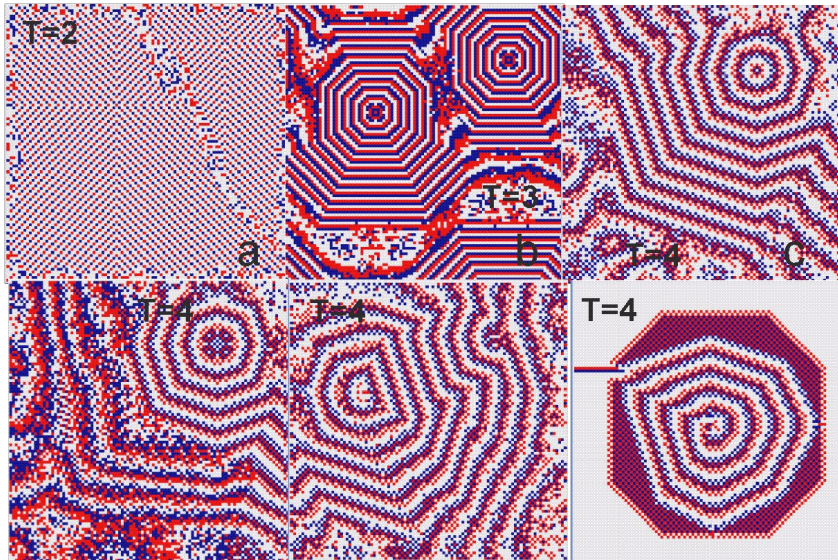
Что нужно для работы...

- 1) Задать размер квадратной площадки (в нашем случае = 131) и определить замыкается она в тор или окружена «замороженными **A**» клетками
- 2) Задать ОКА («как», описано ниже)
- 3) Задать начальные условия (несколько случайных клеток **B**, или одну)
- 4) Задать «период» - стробоскоп с которым мы будем рассматривать своё изображение и нажать кнопку GO!  
(+ служба случайного поиска наших «интересных» ОКА)

Всё это есть в нашей программе)

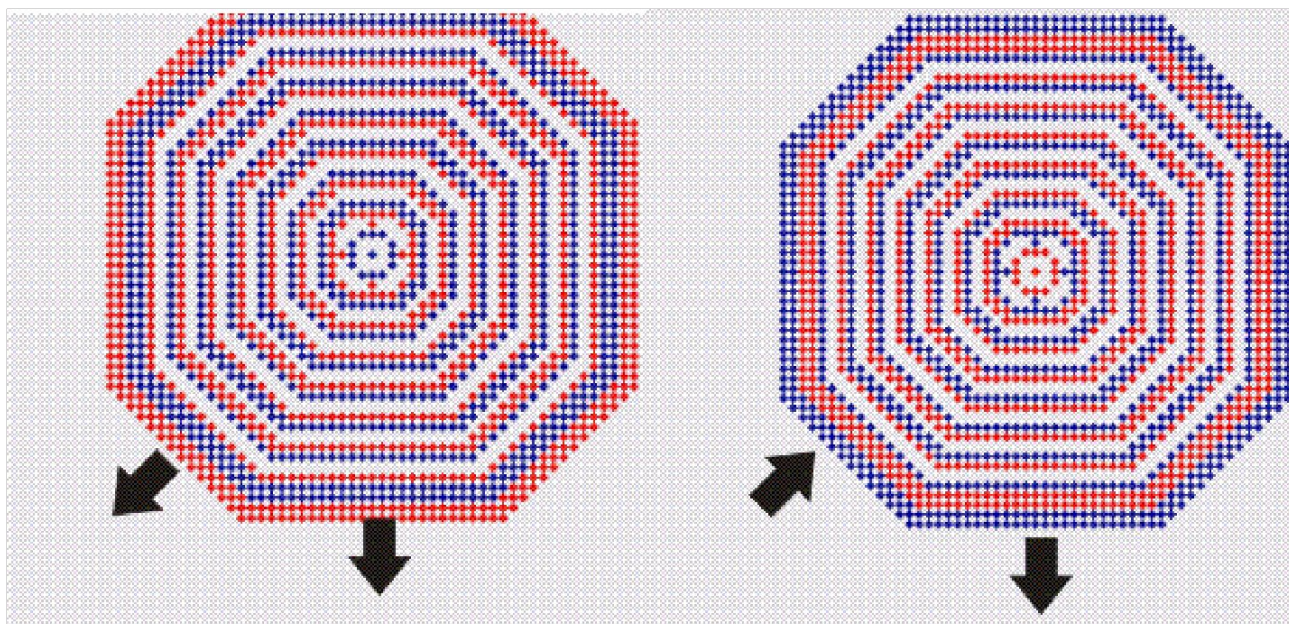
Ещё в любой момент можно «обратить время», поставить на ОКА кластер любых клеток, кластер «замороженных A» клеток и т.д.

# «Стабильные» ОКА. («Улучшение» их).



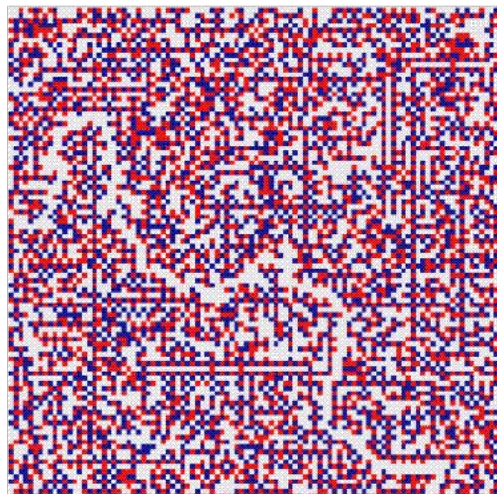


Кажется, что существование «стабильных» ОКА немножко противоречит здравому смыслу. «ОКА должно транслитерировать изображение, а он держит его постоянным!» Но...

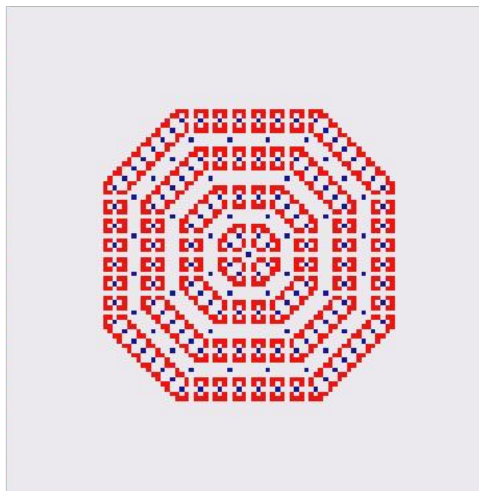


# «Эксклюзивные» ОКА

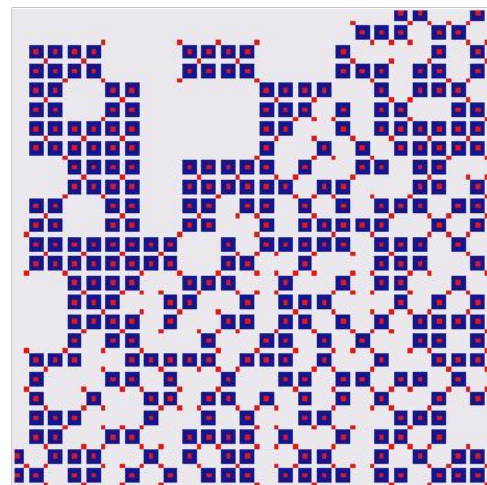
“Речка”



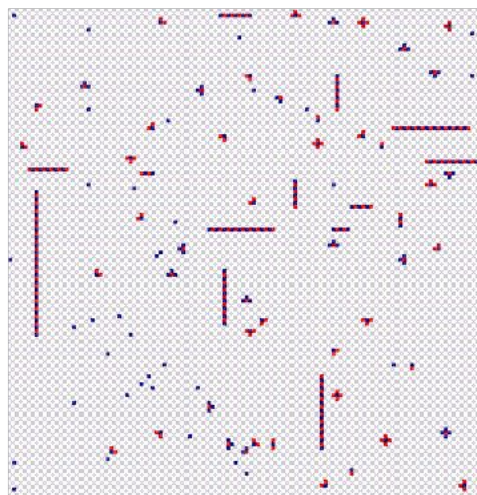
“Расборка и сборка”



“Ренормгруппа”

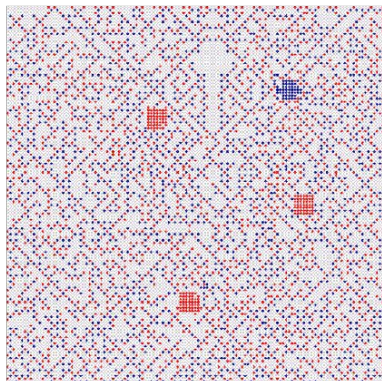


“Червяки”

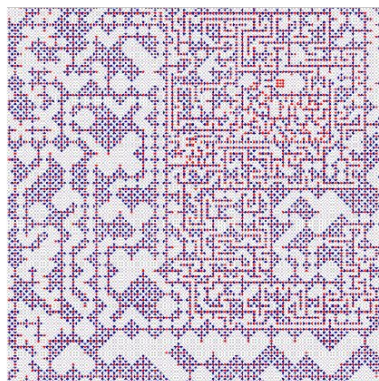


## Забавная реакция на возмущение.

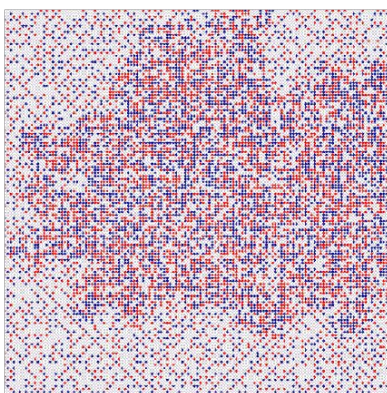
Самая необычная реакция - с переходом в автомат с периодом 3 - у автомата с  $T=4$ . Так же очень интересно реагирует речка после обращения времени. «Испуганно» отскакивает и начинает бешено метаться, но при этом не рвётся!



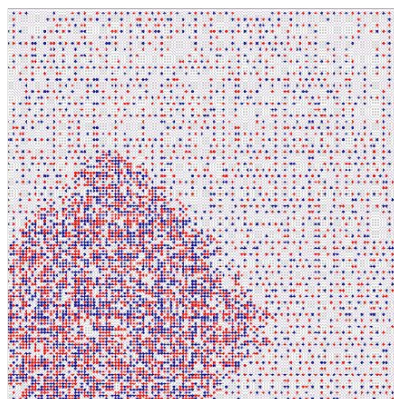
(7) Нет реакции



(8) Распутывание по лабиринту



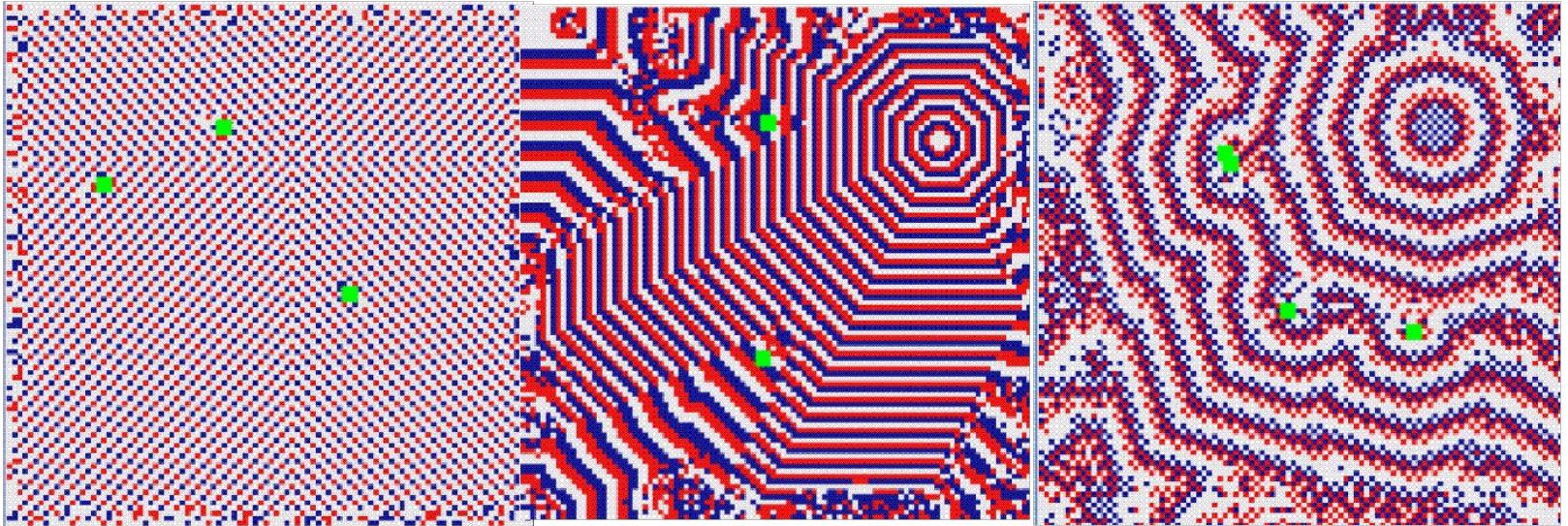
(11) Медленный самороспуск



(9) Мгновенный самороспуск



## Интересная реакция на «замороженные А»

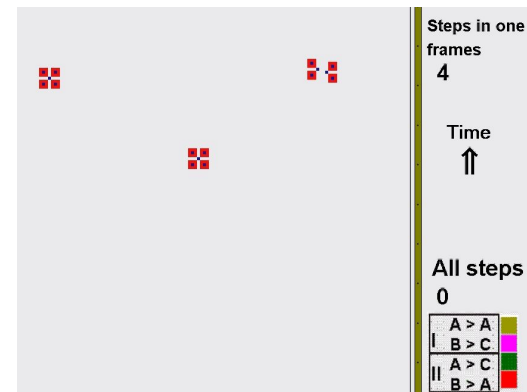


ОКА с  $T=2$  квадрат  $3 \times 3$  замороженных клеток А «не замечает»  
с  $T=3$  встречает как «порог» (турбулентно)  
а с  $T=4$  «красиво обтекает»

## Резюме.

У обратимых автоматов есть своя «фишка». Они всегда возвращаются в своё начальное состояние!

Но, вместе с тем, обратимые автоматы обладают и врождённым дефектом! (Эта «фишка», так сказать, недостижима!) Все они при своей работе обязаны «умереть» в Гигантском Цикле. И НИКОГДА, за исключением тривиальных симметричных случаев не смогут быстро вернуться в него.



И, значит «сути» у них – нет! (Отмечено у Тоффоли- Маргополуса!)

...

Итак... все ОКА делают одно и тоже! Уходят в Гигантский Цикл, превращая «порядок» в «беспорядок». Увеличивают энтропию.

А может ли существовать «антиэнтропийный» ОКА. Который превращает «беспорядок» в «порядок»? И здравый смысл, и всё, что мы знаем о «математической природе» однозначно говорят, что это НЕВОЗМОЖНО!

Создать подобный ОКА НЕЛЬЗЯ!!

...

Но... если нельзя, но очень хочется?..

## 4. «ОКА с периодом 6».

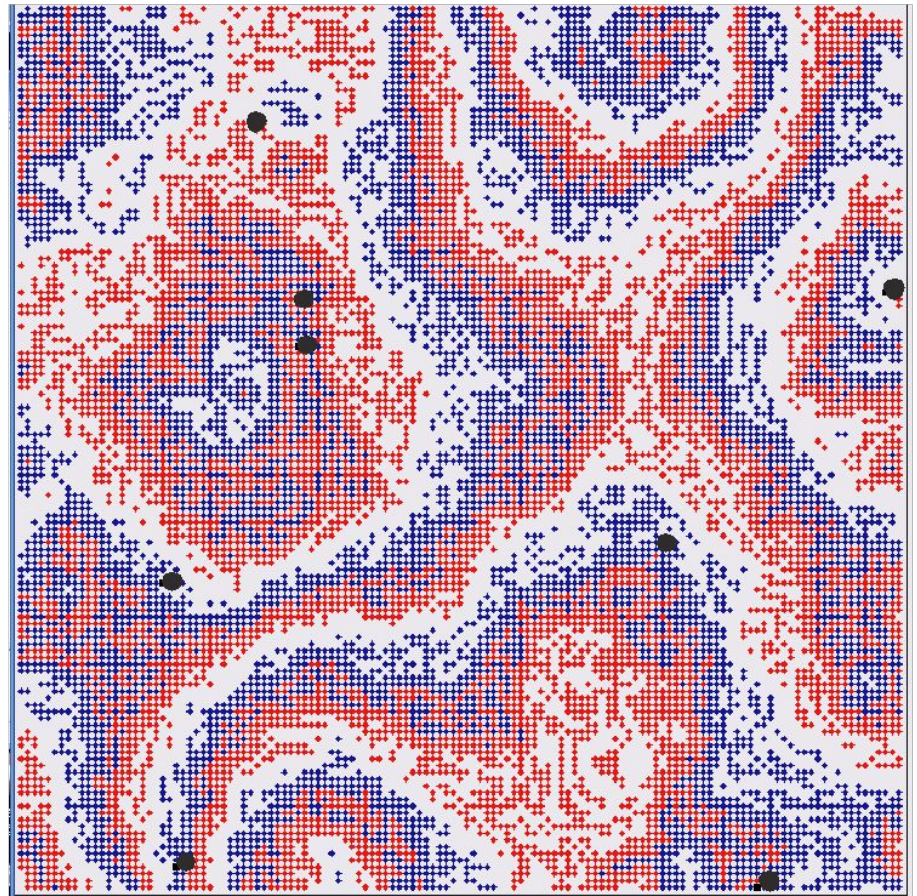
Ничто не может сравниться с «самым простым случаем». Все  $R=1$ .

Если сделать это сделать, то произойдёт... чудо!

ОКА с включением как бы взорвётся, а, когда туман рассеется, ОКА станет работать с периодом 6 превратившись в интересную структуру, т.н. Систему Рек С Разными Берегами. Она никак не будет связана с исходными точками.

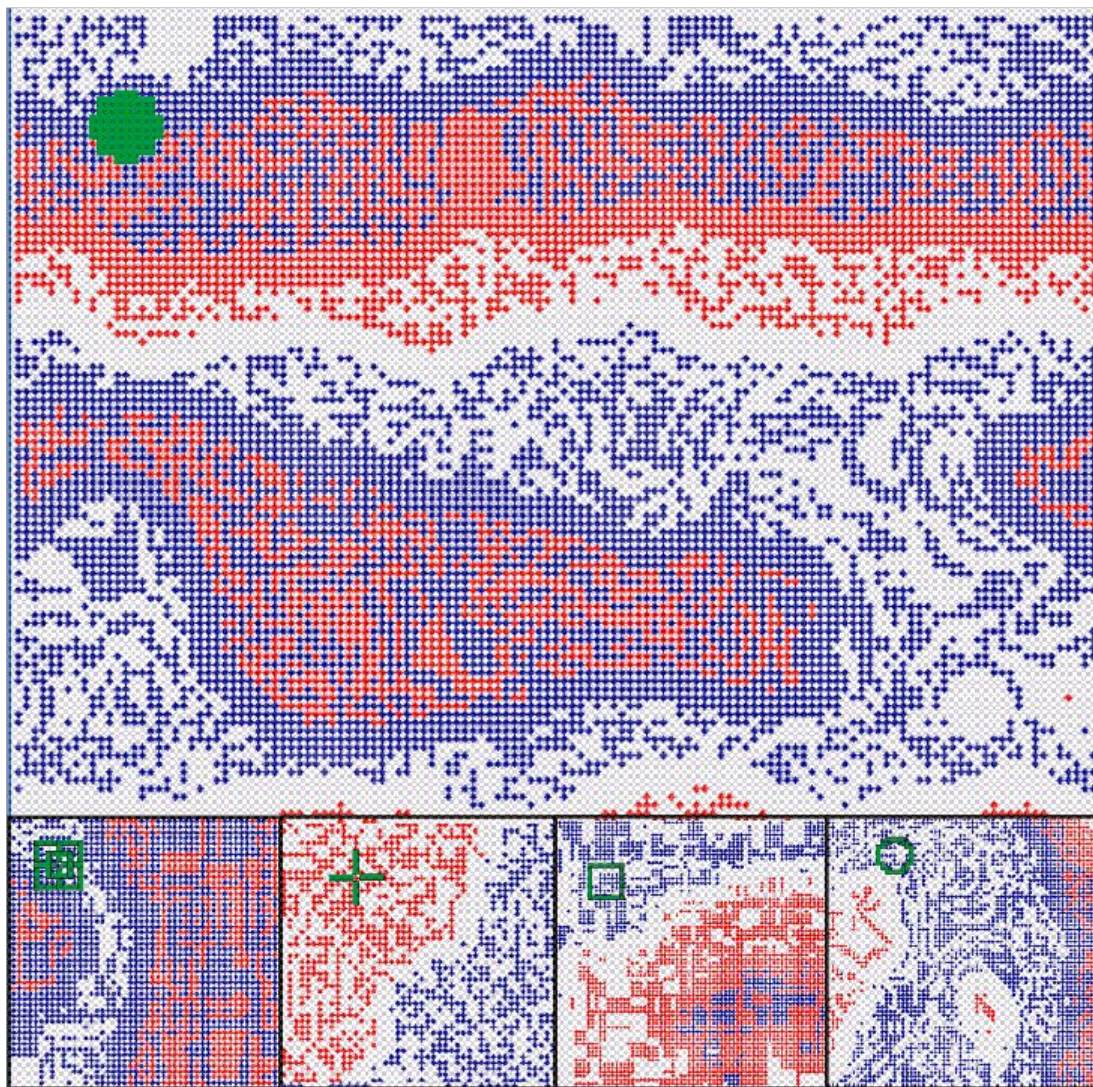
		4	3	4		
	4	2	1	2	4	
	3	1	•	1	3	
	4	2	1	2	4	
		4	3	4		

Серое -  
“маска”



Такое поведение наблюдается для любых симметричных “масок”

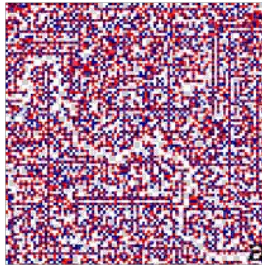
14	13	12	10	9	10	12	13	14
13	11	8	7	6	7	8	11	13
12	8	5	4	3	4	5	8	12
10	7	4	2	1	2	4	7	10
9	6	3	1	●	1	3	6	9
10	7	4	2	1	2	4	7	10
12	8	5	4	3	4	5	8	12
13	11	8	7	6	7	8	11	13
14	13	12	10	9	10	12	13	14



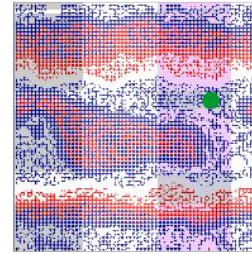


**Поведение наших рек разительно отличается от всего остального, что мы видели. Давайте сравним (чисто визуально) поведение наших рек с рекой из стандартных ОКА.**

Река “стандартного” ОКА



Реки “ОКА с периодом 6”



**Сходство... одно:**

эти реки существуют долго постоянно меняя русла;

**Различия**

“Стандартный” автомат весь «помигивает».

“Стандартная” река всегда (все 4 фазы периода) остаётся белой (состоящей из клеток А).

У данной реки оба её берега однотипны.

В примере река живёт долго потому что её края “привязаны” к замороженным А по краям.

В примере 7а) река меняет русло “постепенно”, мало, в общем, влияя на весь автомат.

На нашей же картинке, после каждого цикла узор меняется преимущественно в тех местах, где раньше была река, а в другом месте стоит чётко!

В нашем же примере, она каждый шаг раз меняет цвет.

В нашем примере они принципиально разные. (Если сами реки синие, один берег у них бело-синий, другой – красно-синий. Если красные или белые – аналогично)

Наши реки могут жить и не к чему не прикрепляясь.

Наши же «реки» АКТИВНО «преобразуют пространство», появляются, исчезают!..