



# Жизнь, которую придумал Конвей

— А тебе, — спросил он его однажды, —  
открыла ли тебе река свою тайну —  
что нет никакого времени?  
На лице Васудевы засияла улыбка.  
— Да, Сиддхартха, — промолвил он, —  
ведь это то, о чем ты говоришь, —  
что река одновременно всюду:  
у истоков и в устье,  
у водопада и у переправы,  
у стремнины, и в море, и в горах —  
всюду в один и тот же миг,  
и что для нее не существует ничего,  
кроме этого мига, кроме настоящего.

*Герман Гессе, «Сиддхартха»*

**Владимир СКЛЯР**

**Прошло 44 года с момента изобретения Джоном Конвеем игры «Жизнь». Пожалуй, есть смысл наконец-то поговорить об этом**

**Ч**тобы понять и полюбить игру, следует в нее играть. Это справедливо, вообще, для любой из них. Отличие «Жизни» в том, что ее постижение осуществляется не в результате поединка с соперником, которого нужно победить, а путем медитации и размышлений, во время которых не возникает опасение проиграть и не гложет желание выиграть. Согласитесь, редкое качество для игры.

Игра «Жизнь» великого английского математика Джона Конвея, появившись в 70-х годах прошлого века, буквально всколыхнула мировое сообщество, превратившись на не-

которое время в объект если не поклонения, то страстного увлечения.

«Жизнь» или «Эволюция» (именно под таким названием она стала известна отечественному читателю благодаря публикации в журнале «Наука и Жизнь» №8, 1971, с. 130-133.) представляет собой «клеточный автомат», правила работы которого визуально напоминают эволюционные процессы, сопровождающиеся рождением и смертью. Фишки, расположенные на игровом поле (сейчас гораздо уместнее говорить «на экране»), в соответствии с правилами игры рождаются и гибнут. По ходу игры с



Идеолог и творец игры «Жизнь» — британский математик Джон Хортон Конвей

каждым новым шагом появляются и исчезают удивительные фигуры, они «движутся» и замирают, «сталкиваются» друг с другом, визуальнo создавая иллюзию жизни. На самом деле фишки никуда не передвигаются — они только появляются на свободных ячейках игрового поля или удаляются с них (при разворачивании игры на компьютере они просто исчезают с экрана монитора).

Игра начинается с произвольной начальной комбинации, последующий вид которой меняется с каждым шагом. Поскольку

правила «Жизни» одинаковы для всех, то любой эксперимент можно повторить, а полученные результаты воспроизвести сколько угодно раз. Именно поэтому игра Конвея может считаться *научной*. А раз так, то неудивительно, что это занятие увлекло большое число математиков. И хотя у них и без этого голова забита по самые корни волос доказательством гипотезы Пуанкаре или еще чем-то, но стремление изучить и исследовать клеточный автомат, который ведет себя как объект с удивительными визуальными качествами, для большой группы исследователей оказалось непреодолимым соблазном.

## Классические правила «Жизни»

Классические правила игры «Жизнь» состоят в следующем:

На каждом шаге игры любая фишка, расположенная на игровом поле, либо «умереть» (ее удаляют с доски), либо продолжить оставаться на старом месте. Кроме того, на некоторых свободных ячейках могут появляться («рождаться») новые фишки.

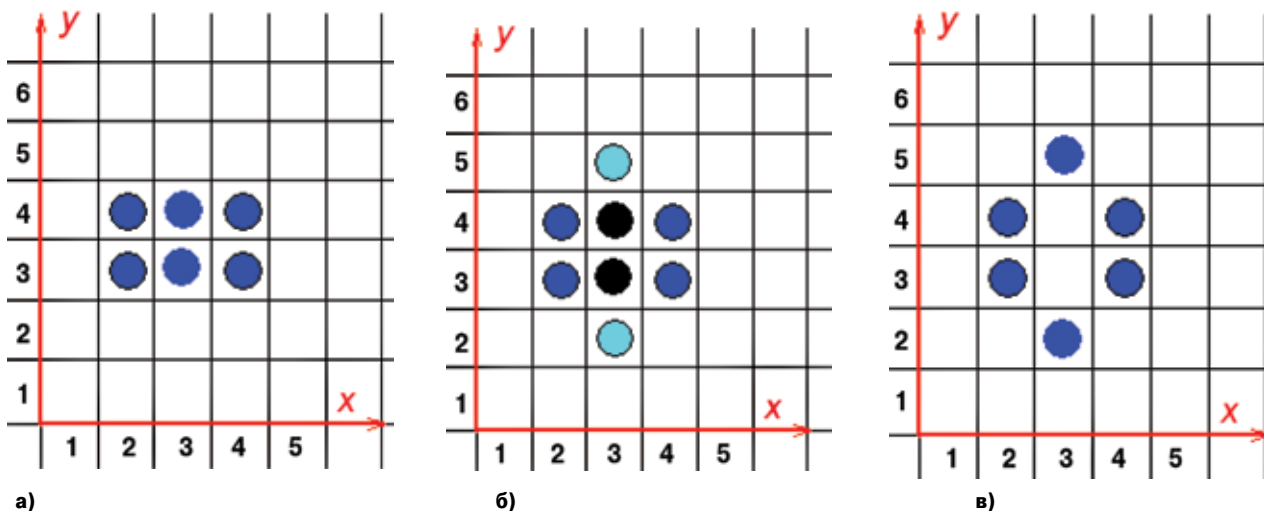
Условия для «гибели» и «рождения» следующие:

1. Фишки погибают либо от «одиночества» — в случае если число соседей равно одному, или от «перенаселения» — когда число соседей превышает три (рис. 1). При этом каждая ячейка игрового поля по определению имеет восемь полей-соседей.

2. Для рождения новых «особей» на свободных ячейках доски необходимо, чтобы рядом с этим незанятым полем граничили в точности три соседа (см. рис. 1). В этом случае на очередном шаге игры здесь появится «новый жилец». Причем независимо от того, погибают ли его родители в предыдущей итерации или остаются жить.

Рождение новых фишек и гибель старых происходит одновременно в некоей промежуточной фазе трансформации, визуальнo ненаблюдаемой (скрытой) для игрока. Исследователь компьютерной «Жизни» видит только окончательные результаты пошаговых изменений.

Можно отметить, что фигура на рис. 1в, получившая название «улей», не может инициировать дальнейшую трансформацию, т.е. на следующем шаге игры на доске не появляются новые фишки, а те, что были раньше,



**Рис. 1.** Иллюстрация правил «Жизни»: а) исходная фигура на начальном шаге; б) фаза трансформации — выявление мест «рождения» фишек на пустых ячейках (отмечено голубым цветом) и «гибели» (фишки закрашены черным); в) фигура на очередном шаге эволюции («улей»)

не умирают. Такие конфигурации называются *фиксированными* — как бы «застывшая поэзия в камне». Они достаточно часто возникают на экране в процессе исследования различных фигур. Класс стабильных объектов хорошо изучен. Было выявлено точное количество фиксированных конструкций различного веса (от  $n=4$  до 24), под которым подразумевается число фишек, расположенных на игровом поле.

Оказалось, например, что существуют всего два стабильных объекта размером 4 фишки («блок» и «бадья») и ровно 4 051 711 конфигураций весом 24. При этом исследователям пришлось не просто сравнивать новые фигуры с уже существующими, но и проверять, не учтены ли они ранее, поворачивая их на 90, 180 и 270 градусов вокруг своей оси.

В целом же зависимость количества фиксированных объектов от их размера  $a(n)$ , уже начиная где-то с  $n=9$ , приобретает почти линейный характер (рис. 2) (если по вертикальной оси использовать логарифмический масштаб).

Вероятно, что этот линейно-логарифмический закон в дальнейшем соблюдается для любых, сколь угодно больших  $n$ . Кстати, простейшим способом получения стабильных фигур

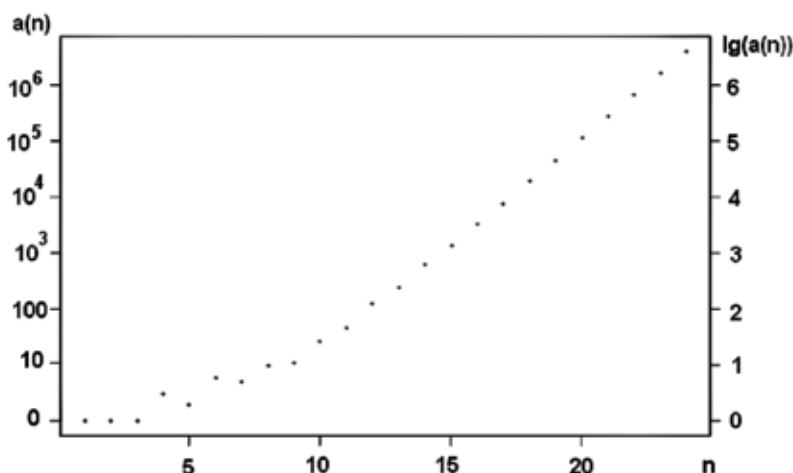


Рис. 2. Логарифмическая зависимость количества фиксированных объектов «Жизни» от их веса

большого размера является их комбинирование из малых готовых форм (рис. 3).

### Великая эпоха 70-х

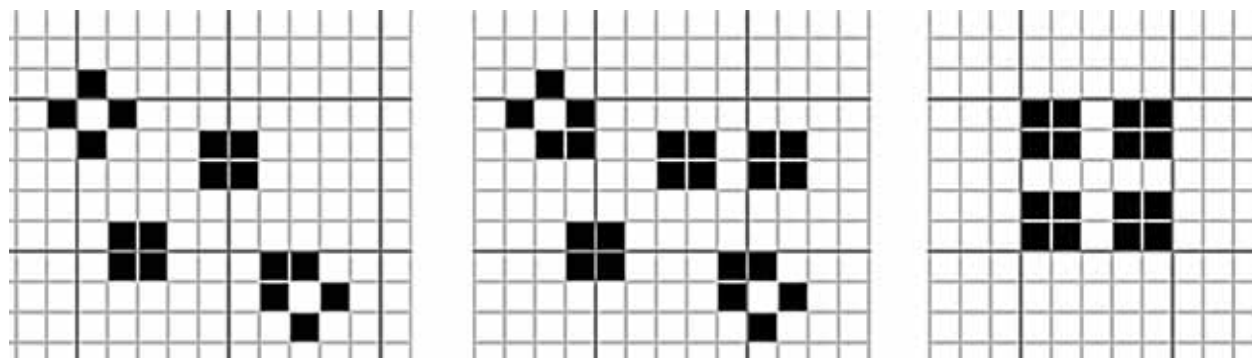
Игра «Жизнь» известна, вероятно, многим. Еще большее число людей слышат о ней впервые. Целый раздел, посвященный популяризации этой игры, присутствует в книге Мартина Гарднера «Математические досуги». С 1998-го по 2000 год ей были посвящены публикации в журнале «Компьютеры+Программы», часть из которых в настоящее время размещена на домашней веб-странице [www.visti.net/skl](http://www.visti.net/skl) автора данной статьи.

Своей популярностью «Жизнь» во многом обязана Мартину Гарднеру, который представил ее в октябрьском номере журнала Scientific American за

1970 год в своей колонке, посвященной математическим играм (Martin Gardner, The fantastic combinations of John Conway's new solitaire game «life», Scientific American, — Vol. 223. — № 4, October 1970). Этот текст, доступный в русском переводе на сайте Николая Белюченко ([www.beluch.ru/files/gardner.zip](http://www.beluch.ru/files/gardner.zip)), актуален и поныне.

Заслуга Конвея состоит в том, что в обычном, казалось бы, клеточном автомате изобретатель «Жизни» вдруг увидел нечто удивительное — эволюцию, движение и развитие.

Джон Хортон Конвей родился 26 декабря 1937 года в английском городе Ливерпуль, имеет трех сыновей и столько же дочерей. В 1959 году получает степень бакалавра в Кембриджском университете, а в 1964 году



а)

б)

в)

Рис. 3. Некоторые фиксированные фигуры можно получить комбинационным путем а) «бадья», два «блока» и «лодка»; б) две «лодки» и три «блока» в) четыре «блока»



Создатель «Жизни» Джон Хортон Конвей на отдыхе



Любимое занятие Конвея и одновременно основная сфера его деятельности — математика

защищает там же диссертацию, став доктором философии по математике. Являясь профессором в Кембриджском и Принстонском университетах, изобретатель «Жизни» преподает, занимается широким кругом математических вопросов.

Кстати, Ливерпуль знаменит не только своей близостью к Манчестеру, с которым его связывает одна из первых в Европе железных дорог, но и появлением в нем в 60-е годы «ливерпульской четверки» — группы Beatles. Кстати, в 12 км на юго-восток от центра города теперь находится аэропорт имени Джона Леннона. Ничего удивительного — существует же аэропорт им. Сергея Прокофьева (ах да, уже не существует).

Манчестеру не так повезло со знаменитостями, как Ливерпулю. Зато многие помнят популярную в 80-х годах песню «Манчестер и Ливерпуль» («Manchester et Liverpool»), получившую известность в исполнении французской певицы Мари Лафоре. Мелодия этой песни на протяжении длительного времени звучала фоном прогноза погоды информационной программы «Время». Кстати, Роберт Рождественский под эту мелодию написал свои слова («Я прошу тебя простить...»), с которыми песню исполняли, в частности, Лев Лещенко и Муслим Магомаев. Однако ни о Манчестере, ни о Ливерпуле в ней нет ни слова. Обидно, да?

Одним из первых сообществ энтузиастов, приступивших к исследованию игры «Жизнь» и до-

бившихся наиболее глубоких результатов, стала группа исследователей из Массачусетского технологического института под руководством Билла Госпера. В середине 70-х годов громко заявили о себе специалисты из отдела компьютеризации управления фирмы Honeywell (Фреймингтон, шт. Массачусетс). В это сообщество вошли Т. Холмс, К. Мак-Клелланд, М. Споурер, Ф. Стэнли, Д. Вудс и его отец У. Вудс. В конце 70-х годов в университете Ватерлоо, Канада, также сформировалась активная группа любителей игры «Жизнь», во главе которой стояли Дж. Эббот, Д. Бэкингам, М. Нимиц и П. Рэйнхем.

60-е годы XX столетия по праву считаются временем ломки устоявшихся в обществе традиций и зарождения ростков нового (хиппи на Западе — это еще только цветочки; поэты и барды в СССР — лишь провозвестники диссидентства). А вот в 70-е мы видим уже появление зрелых результатов в самых различных сферах деятельности. Думается, что «Жизнь» Конвея — также один из них.

## К теории клеточных автоматов

Строго говоря, «Жизнь» Джона Конвея классической игрой не является. Она не предпола-



У них еще и на футбол время остается ☺

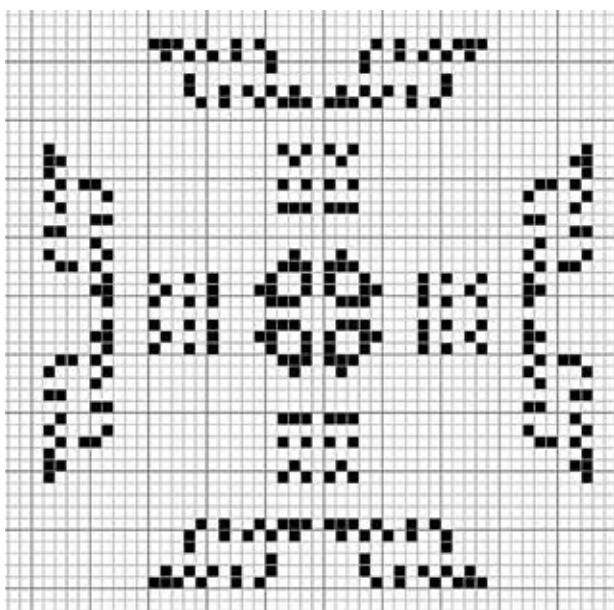


Рис. 4. Циклический объект с периодом 12

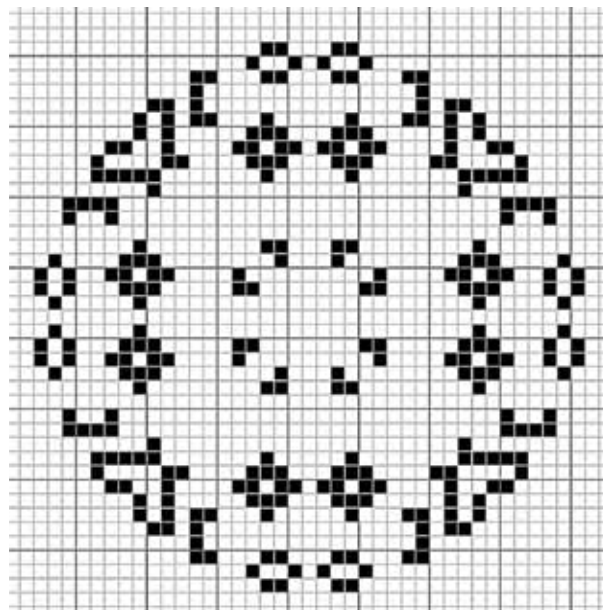


Рис. 5. Циклический объект с периодом 26

гает ни поединка между участниками, ни самих участников как таковых и сводится к начальной расстановке фишек на расчерченной на квадраты бесконечной (в идеале) доске и последующего наблюдения за пошаговым развитием фигур. Кстати, сам Конвей расставлял фигуры «Жизни» на поле для игры в Го. Первоначально суть игры состояла в том, чтобы придумать исходные комбинации и проследить за их трансформацией.

Поскольку ручная расстановка и обновление представляли достаточно кропотливую задачу, сопровождавшуюся неизбежными ошибками (автор данной статьи в свое время убедился в этом на своем опыте), то математики и программисты начали создавать программы, которые помогли бы избавиться от «ручной рутины». И это им достаточно быстро удалось. Не следует думать, что Конвей создал «Жизнь» исключительно для развлечений. Важно, что он ее придумал. А поскольку в 70-е годы уже существовали компьютеры, то они немедленно были задействованы для решения различных задач

«Жизни». Вероятно, аэрокосмические и военные программы, занимавшие умы инженеров и программистов, пришлось на некоторое время отложить.

### Зачем нам все это?

Предполагается, что в любом случае для слежения за развитием фишек на поле мы будем использовать компьютер. В Интернете можно найти бесплатную программу Life32, с которой легко начинать изучение эволюции фигур «Жизни» на экране. Любуясь результатом своих первых экспериментов, можно отметить появление на поле не только фиксированных фигур, о которых упоминалось выше. Часто возникают также *циклические объекты* (самый простой из которых — три расположенные в ряд фишки — был назван «семафором»).

Конструкции данного класса повторяют (воспроизводят) свою форму через определенное количество шагов, называемых *периодом*. Поиск таких циклических объектов увлек энтузиастов. Например, сам Конвей нашел конфигурацию, названную «пентадекатлоном», структура которой полностью повторится

каждые 15 шагов игры. Позже были обнаружены или, точнее, сконструированы достаточно большие циклические объекты, некоторые из которых (с периодами 12 и 26 соответственно) показаны на рис. 4 и 5.

### «Жизнь» в движении

В процессе экспериментов с «Жизнью» достаточно часто можно наблюдать появление удивительных объектов, которые, возникнув в каком-то месте, далее самостоятельно «движутся» по полю, причем под углом 45 градусов. Эти фигуры (их назвали *планерами, gliders*) впервые обнаружил Ричард Гай во время совместной работы с Конвеем.

Вскоре исследователи нашли другие движущиеся объекты (правда, ортогонально), которые получили название *космических кораблей*. Простейшие из них имеют собственные имена — «малый космический

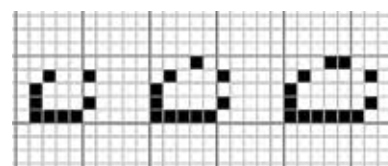
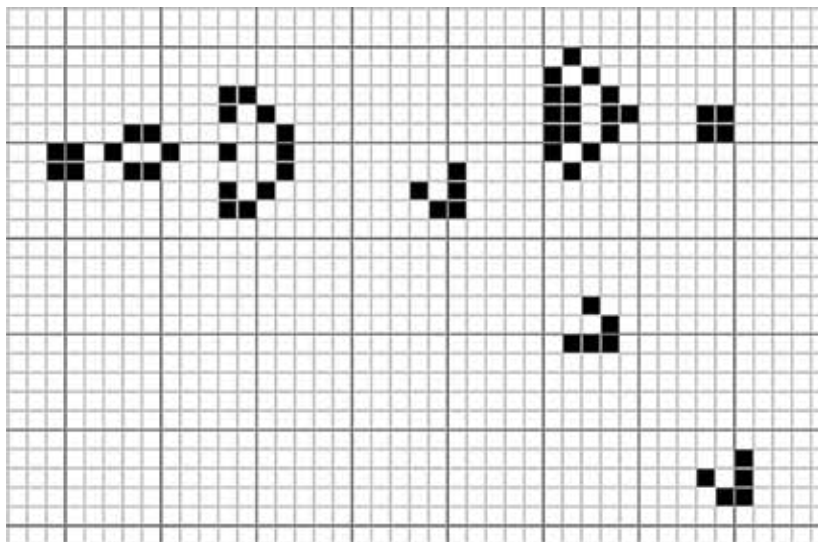


Рис. 6. «Малый», «средний» и «большой» космические корабли



**Рис. 7.** Ружье Госпера стреляет планерами через каждые 12 циклов

корабль» (LWSS), «средний» (MWSS), «большой» (HWSS) и были открыты Джоном Конвеем все в том же 1970 году (рис. 6). Кстати, поиском движущихся объектов с различными свойствами энтузиасты активно занимались на протяжении многих лет. Для оценки объема проделанной работы достаточно познакомиться с циклом статей Дэвида Белла «Космические корабли в «Жизни» Конвея», перевод которых выполнил Николай Белюченко (<http://beluch.ru/life/ships.htm>).

Основы «Жизни» хорошо описаны в работах Мартина Гарднера. Нет смысла заново пересказывать все то, что уже было известно в далекие 70-е годы, тем более что перевод этой публикации представлен на упомянутом выше сайте, где размещено также большое количество других материалов по «жизненной» тематике. Да и статья не претендует на роль исторического исследования.

Нам здесь важно понять, почему так много энтузиастов увлеклось «Жизнью». И почему рядом столько безучастных к ней? Дело ведь в том, что игра заинтересовала прежде всего математиков, у которых и без того есть множество не менее увлекательных проблем. Чего

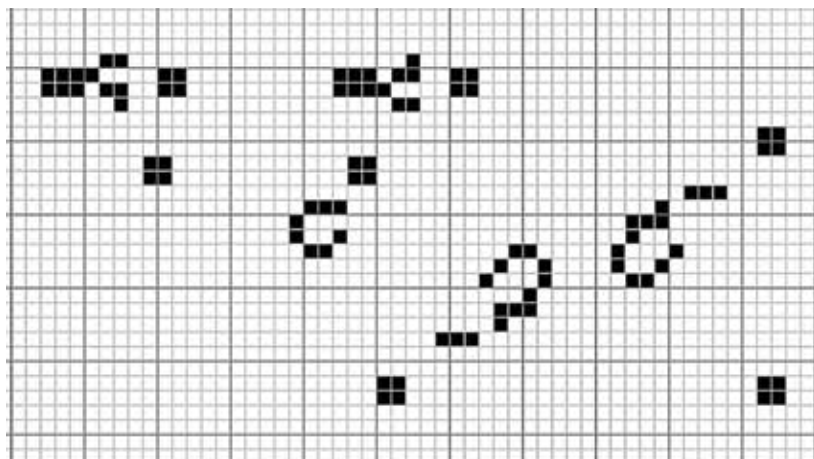
стоит одна лишь гипотеза Пуанкаре, на доказательство которой столько народа потратило уйму времени. Но «Жизнь» Конвея действительно оказалась чем-то выходящим из привычного русла представлений.

Одна из причин интереса к «Жизни» состоит в том, что игра позволяет ставить задачи и искать на них ответы. Не успел Джон Конвей назначить премию за ответ на вопрос, можно ли в «Жизни» создать конструкцию, размер которой будет непрерывно увеличиваться, как Билл Госпер уже в ноябре 1970-го нашел фигуру, названную затем в его честь — «ружье Госпера». Этот объект непрерывно (с периодом 12) генерирует планеры

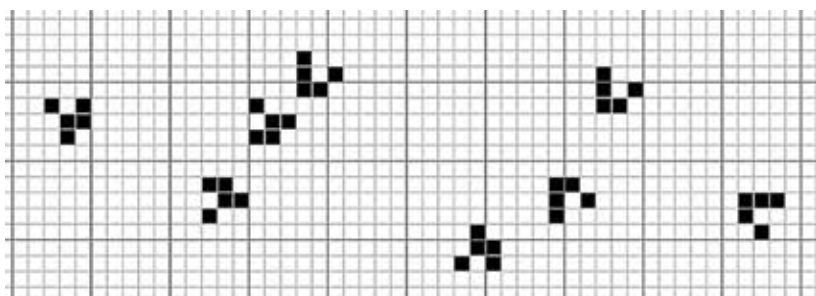
(как бы стреляет ими — отсюда и название для класса таких фигур, gun) (рис. 7). Очевидно, что количество активных ячеек (вес фигуры) на игровом поле при этом будет увеличиваться до бесконечности.

Позже были сконструированы — и это не описка — другие ружья, поочередно выпускающие планеры в противоположных направлениях (например, объект ak47). Созданы генераторы «одиночного выстрела», а также конфигурации, которые самоуничтожаются после одного или нескольких залпов. Можно сформировать конструкцию, которая сгенерирует цепочку из заданного числа планеров. Исследователи увлеклись также созданием ружей, которые выпускали планеры через большие интервалы времени. Есть примеры реализации подобного рода объектов с периодом 104, 132, 144 (рис. 8) и даже 247 тактов.

Но и это не предел. Известен объект (gunb856), который вырабатывает один планер за 856 тактов своей работы. Эта конфигурация напоминает нечто бюрократический механизм принятия решений чиновниками — чем медленнее, тем лучше; причем все эти 800 с лишним шагов «машина пыхтит и трясется», но безрезультатно.



**Рис. 8.** Ружье, испускающее планер единожды в течение 144 тактов, было сконструировано Биллом Госпером на основе известных осцилляторов, найденных другими исследователями



**Рис. 9.** Ружье Госпера чудесным образом образуется в результате взаимодействия (коэволюции) восьми планеров

татно. Да, у создателей этого объекта с юмором было все в порядке. Хорошее название для этой фигуры — «Советский Союз в период застоя» ☺. В общем, все эти примеры демонстрируют, что настоящая игра «Жизнь» — вовсе не пассивное наблюдение за процессами на игровом поле. Это творческая работа по созданию новых объектов с заданными свойствами. Приятно почувствовать себя демиургом.

Планеры вообще оказались очень интересными объектами для экспериментов. Появились поглотители и отражатели, меняющие направление движения на 90 градусов или разворачивающие их обратно к источнику (ружьё). Оказалось, что в результате столкновения определенного количества планеров можно сформировать множество известных уже фигур. Но для этого их следует расположить на игровом поле неким загадочным и никому не

ведомым образом. Оказалось, что даже ружье Госпера можно создать в результате столкновения восьми планеров (**рис. 9**).

Понятно, что для создания простых фигур можно использовать метод перебора. Но как удалось решить эту задачу для сложных объектов, трудно объяснить.

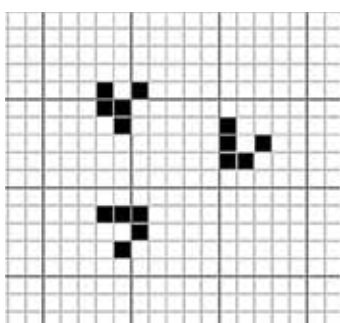
На **рис. 10** показана конфигурация из трех планеров, которые в результате эволюции образуют «пентадекатлон». Эту замечательную триаду выявил в апреле 1997 года Генрих Кэниг, что стало неожиданностью, поскольку казалось, что все варианты, использующие три планера, на тот момент уже были известны.

Факт появления различных фигур в результате столкновений планеров привел к возникновению уже чисто научной гипотезы о том, что «любую фигуру «Жизни» можно получить в результате спланированного столкновения некоторого чис-

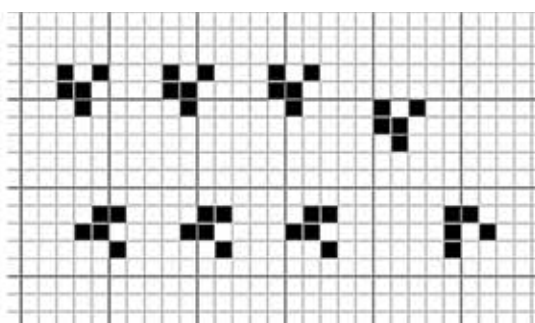
ла планеров». Доказано ли это на настоящий момент строгим образом, автору неизвестно.

Позже были найдены и другие объекты, дающие бесконечное потомство. Это огромный класс фигур совершенно другого типа под общим названием *дымящих поездов* (puffer trains), оставляющих после себя либо фиксированные конфигурации, либо непрерывно расширяющийся «шлейф дыма».

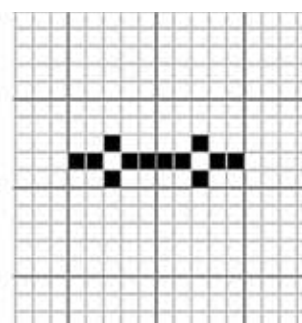
В 1993 году Хартмут Хольцварт придумал первый из объектов, которые вошли в группу так называемых *заполнителей пространства* (spacefiller). В процессе эволюции они формируют вокруг себя некий «агар» (пространство, максимально плотно упакованное фишками, которые и сами не погибают, и не создают условий для рождения). Свойства этих объектов таковы, что с каждым шагом они заполняют все игровое поле «студнем из фишек», формируя однородное «мертвое пространство». Действительно, природный агар — это продукт, образующий в водных растворах плотный студень, высокомолекулярный полисахарид, который содержится в некоторых морских водорослях. Желеобразующая способность этого продукта в 10 раз выше, чем у желатина. Без такого биохимического отступления трудно объяснить, с чем мы имеем дело.



а)



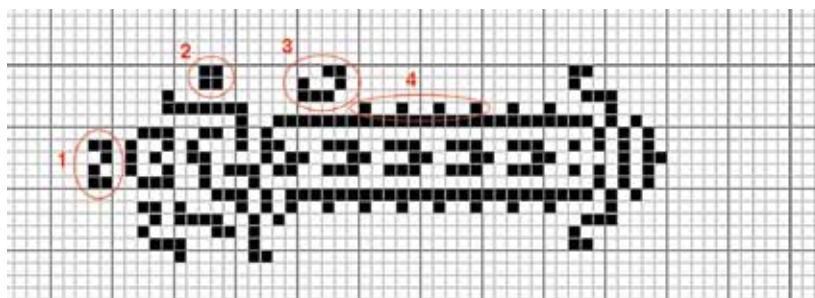
б)



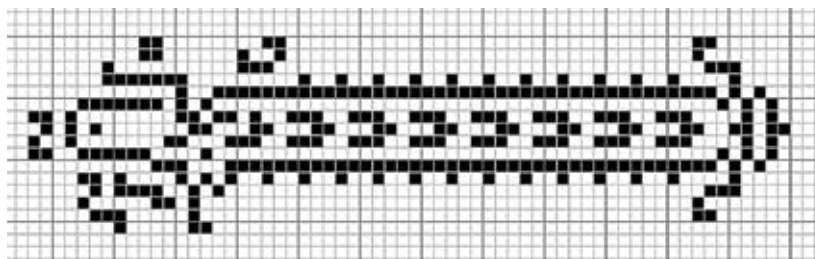
в)

**Рис. 10.** Образование циклического «пентадекатлона» троицей планеров

а) замечательная триада планеров; б) восьмерка планеров также образует «пентадекатлон»; в) «пентадекатлон» собственной персоной



а)



б)

Рис. 11. Световод: а) исходный размер оригинала; б) удлинённый световод

## Что за «Жизнь» без компьютера

Появление любого нового открытия в игре «Жизнь» в 70-е годы вызывало восторг и бурную реакцию исследователей. Успехи коллег воодушевляли остальных к поиску других фигур с такими же или несколько отличными свойствами, а также к постановке собственных задач и их решению. Для этого начали создавать специальные программы, позволяющие методом перебора находить объекты с нужными свойствами. Например, если мы хотим получить какой-то объект, то у него на предыдущем шаге игры с большой вероятностью может оказаться предшественник. А у того — свой прародитель и т.д. Управляя процессом поиска и двигаясь в обратном направлении по оси времени, можно решать нужную задачу.

Для поиска объектов «Жизни» существуют справочники, которые позволяют узнать, кто, где и когда придумал ту или иную фигуру и в чем ее особенности. Один из таких каталогов создал Стивен Сильвер ([http://www.argentum.freemove.co.uk/lex\\_home](http://www.argentum.freemove.co.uk/lex_home).

<http://beluch.ru/life/lifelex/lexr.htm>). Русский перевод выполнил Николай Белюченко (<http://beluch.ru/life/lifelex/lexr.htm>).

Программы для запуска «Жизни» на компьютере также содержат библиотеки, позволяющие выбрать нужную фигуру из базы данных, открыть ее на экране и проследить эволюцию.

## Знание — сила

Чтобы научиться создавать объекты с заданными свойствами, для начала следует изучить правила и особенности взаимодействия простых объектов.

Поскольку читателей журнала интересует телекоммуникационная тематика, интересно проследить за эволюцией фигуры под названием «световод» (она доступна под именем zip2.lif в каталоге объектов «Жизни») (рис. 11), которая появилась в 1995 году благодаря стараниям Дина Хикерсона. С формальной стороны — это циклическая фигура с периодом 5. Но если внимательно на нее посмотреть, то вырисовывается некий фрагмент оптического волокна, внутри которого (слева направо) перемещают-

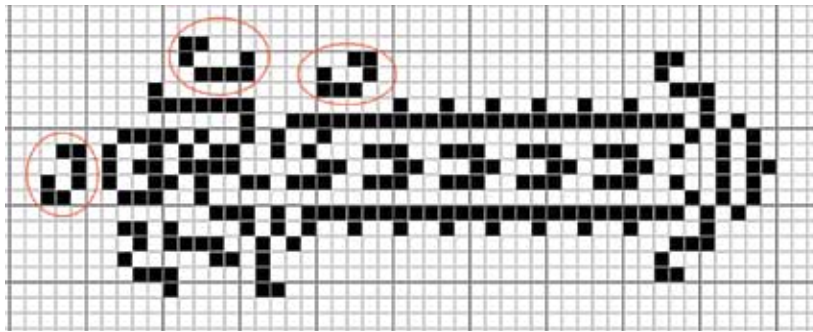
ся как бы кванты света. При этом слева (в торце) имеется генератор квантов, а справа — их приемник или поглотитель. Формирование и движение световых импульсов хорошо видны в динамике.

Одно из важных свойств «световода» — возможность его увеличения на длину, кратную трем «квантам света». Это позволяет формировать «волоконно-оптическую линию» необходимой протяженности. Хотелось бы найти такую конструкцию, которая могла бы позволить «квантам света» распространяться по «световоду» не только прямолинейно, но и поворачивать на 90 градусов. Ведь при укладке кабеля возможны изгибы ☺. Однако о решении этой задачи, к сожалению, пока ничего не известно.

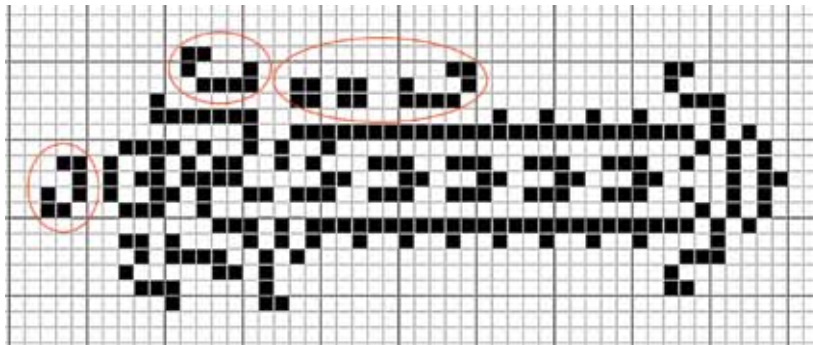
Но данный объект нам интересен не только интерпретацией. В рассмотренном выше «световоде» осуществляется движение «квантов света» в неизменном и неподвижном «канале». Разработчику пришлось придумать «генератор», «поглотитель» и внутреннее пространство, которое является как бы «оболочкой кабеля». На рис. 11а выделены четыре пронумерованных элемента (из которых два фиксированных: 1 — «змея»; 2 — «блок»; 3 — «стабилизатор»; 4 — цепочка одиночных фишек). Задача их всех состоит в том, чтобы препятствовать рождению новых фишек, фиксируя внешнюю структуру объекта.

Попробуем выполнить еще одну простую модификацию данной конструкции, поменяв там, где можно, указанные стабилизирующие элементы местами. Оказывается, что вместо «змеи» можно поставить «стабилизатор», а вместо «блока» установить удлинённый вариант стабилизатора (рис. 11б).





а)



б)

**Рис. 12.** Пример модификации обрамляющих элементов «световода»  
а) замена стабилизирующих элементов «змеи» и «блока» на иные, но такие же функциональные фрагменты;  
б) замена горизонтального стабилизирующего обрамления

Но и это еще не все. Стабилизирующую цепочку в верхней горизонтальной части объекта («стабилизатор» и цепочка одиночных фишек) легко заменить двумя «блоками» или же «блоками» и «удлиненным стабилизатором» (рис. 12б).

Наши «творческие старания» принесли ожидаемый результат, поскольку в результате поток квантов по «световоду» остался без изменений. С таким же успехом можно экспериментировать с нижней горизонтальной стабилизирующей цепочкой, причем изменения можно выполнять в любом месте. Аналогичным образом ставится задача модификации генератора и поглотителя импульсов или же поиска других объектов, которые могли бы передвигаться в неподвижном канале.

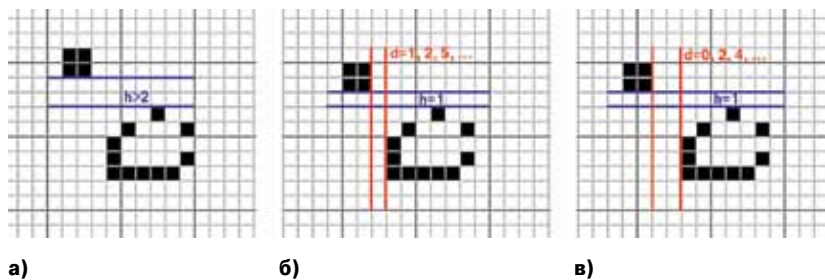
Взаимодействие некоторых объектов «Жизни», тем более таких, которые свободно движутся в пространстве, можно проиллюстрировать на примере

прохождения среднего космического корабля MWSS между «блоками» (рис. 13).

В зависимости от взаимного расположения объектов корабль

свободно проходит мимо одиночного «блока» (а) либо продолжает свой путь, разрушив и уничтожив «блок» (б), или же оба объекта разрушаются (в). Причем одиночный блок уничтожается, если расстояние между крайними фишками по вертикали равно 1 ячейке, а по горизонтали — 1, 3, 5 и т.д. Если по горизонтали блок находится на расстоянии четного числа ячеек, а по вертикали на расстоянии одной, то разрушаются оба объекта.

Добавим к начальному объекту рис.13 б еще один «блок», только снизу (рис. 14). Казалось бы, верхний «блок» будет разрушен, а поскольку от нижнего корабль отделяет две пустых строки, то он «проплывет» мимо. Но не тут-то было — конструкция разрушается в процессе эволюции. Оказывается, что нижний «блок» расположен слишком близко. Даже если переместить его ниже на одну ячейку (б), то результат будет тем же. И только сдвиг влево (или вправо) на одну ячейку

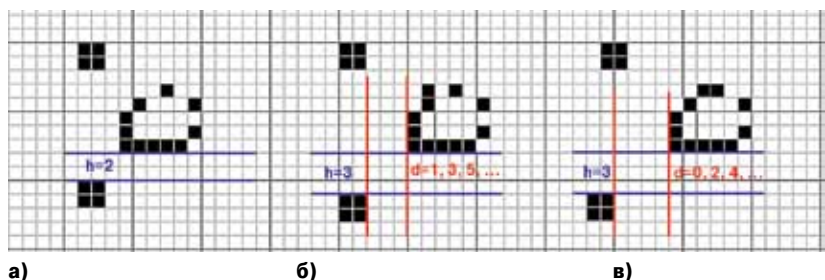


а)

б)

в)

**Рис. 13.** Прохождение «среднего космического корабля» мимо «блока»  
а) MWSS свободно проходит мимо «блока», не задевая его;  
б) MWSS проходит своим путем, разрушая «блок»;  
в) оба объекта разрушаются

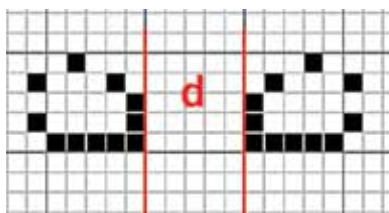


а)

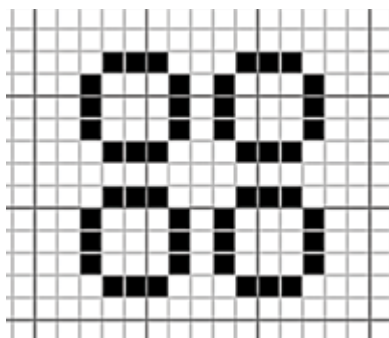
б)

в)

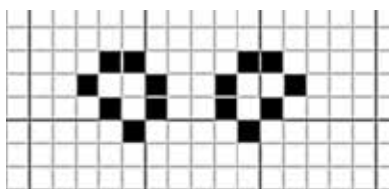
**Рис. 14.** Прохождение MWSS между двумя блоками  
а) конструкция разрушается;  
б) конструкция разрушается;  
в) MWSS проходит своим путем, разрушая оба «блока»



а)



б)

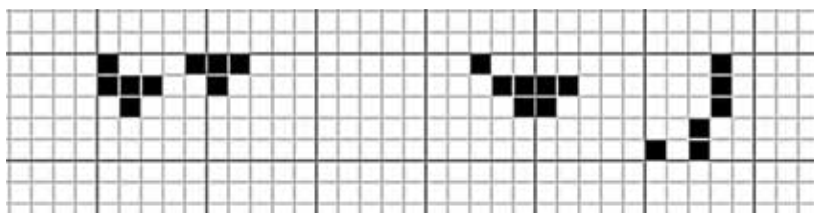


в)

**Рис. 15.** Результаты лобового столкновения двух средних кораблей а) исходная позиция до столкновения; б) результат лобового удара при  $d=1, 3, 5, \dots$ ; в) результат лобового удара при  $d=2, 4, 6, \dots$ ;

(в) позволяет решить задачу — «корабль» проплывает, разрушая по ходу оба «блока».

А вот лобовое столкновение двух средних кораблей (рис. 15) в лучшем случае может поро-



а)

б)

**Рис. 16.** Фигура «кролики» (а) размножается в течение 17 331 шага, оставляя после себя огромное число объектов с общим весом 1744 единицы; объект «блом» (б) имеет время жизни 23 314 шагов и оставляет после себя сонм объектов весом 2740

дить либо такой вот осциллятор (б), либо два каравая (в).

Пример с космическим кораблем MWSS иллюстрирует, что для постановки и решения каких-либо собственных задач следует тщательно изучить возможности, которые предоставляют объекты «Жизни».

### «Долгожители» — небольшие, но производительные

Определенный интерес представляют небольшие объекты (чем их вес меньше, тем круче), которые демонстрируют очень большое время жизни, не исчезая и не переходя в циклическую или другую регулярную фазу. Такие объекты, названные *долгожителями*, вероятно, невозможно сконструировать, заложив в начальной форме какие-то особенности, благодаря которым конструкция про-

должает развиваться в течение 17 331 шага, оставляя после себя на игровом поле огромное количество «блоков», «семафоров», «бакенов» и других простых фиксированных и циклических фигур общим весом 1744 фишки. В данном случае такие метаморфозы умудряется проделать фигура под названием «кролики» (рис. 16а), найденная в 1986 году Эндрю Треворроу. Еще больше впечатляет объект, открытый Дином Хикерсоном в июле 2002 года (рис. 16б), обладающий временем жизни 23 314 шагов и весом оставленного «мусора» 2740 активных ячеек.

### Есть ли Жизнь «на других планетах»

Если под «другими планетами» понимать другие правила или иные формы доски (гексагональную, например, или торроидальную), то «Жизнь» есть и там. Понятно, что правила выживания и смерти в этих мирах могут отличаться. Многие компьютерные программы игры «Жизнь» предусматривают возможность установки иных правил. Поэкспериментировать с ними достаточно интересно, но стоит отметить, что Конвей удивительным образом выбрал наиболее красивый и гармоничный вариант развития картины жизни на игровом поле. Другие правила не настолько зрелищны.

Правила существования и гибели фишки на поле можно записать формальным способом. Например, классические



Фишки для игры в Го Джон Конвей использовал в своих первых экспериментах с «Жизнью»

правила Конвея записываются как s23/b3. Слева от косой линии — условия выживания; справа — рождения. Действительно, фишка переходит на следующий этап игры при наличии у нее двух или трех соседей; при этом новая фишка рождается на пустом поле, у которого три соседа.

Альтернативные правила могут задавать другие условия рождения, позволяя, например, появляться новым фишкам при наличии любого другого количества соседей. Отсюда можно посмотреть, как ведут себя жизни типа s34/b3, s3/b3, s34/b34 и другие. Существующая бесплатная программа Life32, (создана для Windows Иоганном Бонтесом) позволяет не только задать любые правила и проверить, насколько зрелищно для них протекает эволюция, но и установить, какие клетки в данной игре будут считаться соседями (рис. 17).

Комбинируя правила существования, смерти и рождения, можно задавать свои правила

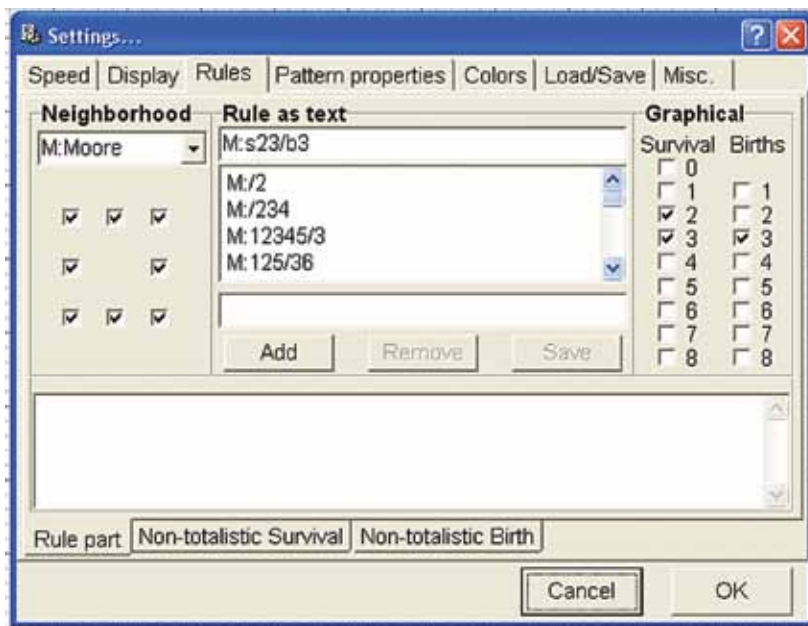


Рис. 17. Установка по умолчанию классических правил «Жизни» в программе Life32

«Жизни» и наблюдать на экране эволюцию. Правда, мы довольно быстро увидим, что правила рождения и смерти нужно увязывать друг с другом, иначе мы получим на игровом поле (экране монитора) либо горы мусора, либо пустыню.

Если установить расширенные правила воспроизводства (например, правило s23/b23 или s23/b34), то практически для большинства начальных объектов мы получим бесконечную эволюцию. Спонтанная генерация планеров, характер-

### «Жизнь», которую создал Конвей

Вот «Жизнь», которую создал Конвей,  
Рожденья и смерти чудной чародей.

А вот пульсар, ни много ни мало,  
К концу такой же, как и в начале,  
В «Жизни», которую создал Конвей,  
Рожденья и смерти чудной чародей.

А вот часы, у которых стрелка  
В циклической вертится переделке.  
Рядом с пульсаром, ни много ни мало,  
К концу таким же, как и в начале,  
В «Жизни», которую создал Конвей,  
Рожденья и смерти чудной чародей.

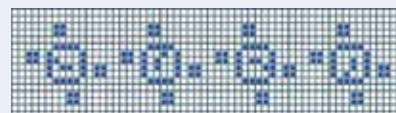
Там фениксы в пламени жарком сгорают,  
И снова, из пепла восстав, улетают,  
Туда, где часы, у которых стрелка  
В циклической вертится переделке.  
Рядом с пульсаром, ни много ни мало,  
К концу таким же, как и в начале,  
В «Жизни», которую создал Конвей,  
Рожденья и смерти чудной чародей.

А мимо летают разные планеры,  
Туда и сюда, как рекламные баннеры,  
Там фениксы в пламени жарком сгорают,  
И снова, из пепла восстав, улетают,  
Туда, где часы, у которых стрелка  
В циклической вертится переделке  
Рядом с пульсаром, ни много ни мало,  
К концу таким же, как и в начале,  
В «Жизни», которую создал Конвей,  
Рожденья и смерти чудной чародей.

А вот, как ГАИшник в тени, пожиратель.  
Он планеры ищет, чтоб пожевать их,  
И мимо не все пролетают планеры,  
Туда и сюда, как рекламные баннеры,  
Там фениксы в пламени жарком сгорают,  
И снова, из пепла восстав, улетают,  
Туда, где часы, у которых стрелка  
В циклической вертится переделке  
Рядом с пульсаром, ни много ни мало,  
К концу таким же, как и в начале,  
В «Жизни», которую создал Конвей,  
Рожденья и смерти чудной чародей.

А вот и я, Конвеев наместник  
И волей его немного кудесник,  
А там, как ГАИшник в тени, пожиратель  
Планеры ищет, чтоб пожевать их,  
И мимо не все пролетают планеры,  
Туда и сюда, как рекламные баннеры,  
Там фениксы в пламени жарком сгорают,  
И снова, из пепла восстав, улетают,  
Туда, где часы, у которых стрелка  
В циклической вертится переделке  
Рядом с пульсаром, ни много ни мало,  
К концу таким же, как и в начале,  
В «Жизни», которую создал Конвей,  
Рожденья и смерти чудной чародей.

**Марина Молодчик,**  
почетный жизнелюб  
«Клуба любителей Жизни»



ная для классического правила  $s_{23}/b_3$ , в этих модификациях отсутствует.

Наиболее близким к классике оказался вариант  $s_{34}/b_3$ . Но при этом развитие популяций затухает гораздо быстрее, чем в классических правилах. Хотя найдены необычные формы циклических фигур, отсутствующие в «Жизни»  $s_{23}/b_3$ .

Правила игры «Жизни» можно произвольно менять, приближая их, например, к условиям биологической эволюции. А в природе, как мы знаем, младенцы и старики чаще гибнут от болезней и врагов. Для воспроизведения потомства нужны сильные зрелые особи. Активность биологической популяции зависит от наличия пищи, врагов, ее плотности, времени года.

Исходя из этого, правила жизни можно менять в зависимости от сезона. Летом это может быть классическая формула  $s_{23}/b_3$ , весной —  $s_{23}/b_{34}$ , зимой —  $s_{234}/b_4$ .

Поскольку количество особей популяции должно быть достаточным для «прокорма», то правила могут быть адаптивными. Например, можно задать диапазон количества особей в популяции и от шага к шагу менять правила игры таким образом, чтобы количество фишек находилось в определенном диапазоне.

Все это достаточно сложно и может оказаться, что вся красота «Жизни» Конвея исчезнет с усложнением правил. Поэтому модернизацию необходимо выполнять очень осторожно. К примеру, нас не устраивает, что старые и молодые фишки в равной степени устойчивы и способны к воспроизведению себе подобных? Нет проблем. Будем отмечать только что родившиеся особи и задавать для их существования специальное правило. Например, фишка,



Джон Конвей (справа) с коллегой из Станфордского университета, Тейном Плеймбеком

появившаяся на предыдущем шаге, на следующем этапе не может погибнуть от перенаселения, а только от одиночества. А кроме того, она не может участвовать в воспроизводстве себе подобных. То есть если свободная ячейка имеет трех соседей, один из которых еще молод, то новая особь на этом месте не появляется. Тогда целесообразно будет расширить правило появления новых фишек, установив расширенный закон воспроизводства, например,  $s_{23}/b_{23}$ , но приняв, что «молодежь» и «старики» живут по своим правилам. Очевидно, что в этом случае мы приходим к цветной маркировке фишек. Фишка, появившаяся на предыдущем шаге эволюции, считается юной (зеленой), зрелые фишки могут быть окрашены в синий цвет, «старички» — в черный.

Однако если все это проделать, исчезнет то главное, что превратило заурядный клеточный автомат в увлекательную «Жизнь» Конвея. Став на такой путь, мы создадим не новую игру,

а скорее модель биологических или социальных процессов. Да и усложнение уже устоявшихся игр не всегда приносит ожидаемые результаты (достаточно вспомнить шахматы Тамерлана, попытки увеличить размеры игрового поля или добавить туда новые фигуры). Хотя в целом занятие это весьма увлекательное. Собственно, создание новых правил как в шахматах, так и в «Жизни» — своего рода «игра в игре».

*Описать все проблемы, задачи и направления, по которым развивалась «Жизнь» Конвея все эти 44 года, прошедшие с момента ее появления, невозможно. Каждый исследователь находил неизученные темы и с энтузиазмом разрабатывал их, предлагая собственные.*

*Это происходит и сегодня. Поиному и быть не может. Ведь это «Жизнь», которую придумал Конвей. Рождения и смерти чудной чародей. И она продолжается.*

**Владимир СКЛЯР, Сиб**