

## АЛГОРИТМЫ В БИОЛОГИИ

### §1. РУКОТВОРНЫЕ И НЕРУКОТВОРНЫЕ АЛГОРИТМЫ

До сих пор мы рассуждали об алгоритмах, которые придуманы *человеком*. Но существуют и иные процессы, к созданию которых человек не имеет никакого отношения.

Имеются в виду *нерукотворные* алгоритмы, созданные природой в ходе естественного развития. В результате миллиардов лет эволюции на Земле образовалась жизнь. И связанные с нею *естественные алгоритмы*.

Планета Земля – царство жизни. В каждом живом организме происходят процессы невообразимой сложности, необходимые для поддержания жизни.

Рассматривая жизнь с точки зрения молекулярной биологии, генетики и других биологических наук, мы сталкиваемся со сложнейшими процессами, которые можно и нужно назвать алгоритмами.

Алгоритмы существуют всюду, где есть жизнь. Они ухитряются жить в каждом живом существе, в каждой живой клетке – от холерного вибриона до забывки и слона.

Какова роль человека в естественных алгоритмических процессах? Она очевидна. Человек не проектирует, не творит и не создает эти алгоритмы. Он всего лишь *изучает* их.

Человечество заинтересовано в том, чтобы биологические науки продвигались вперед быстрыми темпами. От чего зависит скорость познания естественных алгоритмов? В частности, от формы представления алгоритмических процессов.

К сожалению, представители биологических наук не владеют эффективными способами записи естественных алгоритмов. Нынешний биологический язык отстал от жизни и превратился в тормоз развития науки.

## §2. ВИЗУАЛИЗАЦИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Чем глубже человеческий разум проникает в тайны живой материи, тем яснее становится, что живые существа во многих случаях ведут себя как информационные биомшины, перерабатывающие информацию с помощью биоалгоритмов.

Опыт показывает, что биологические алгоритмы очень похожи на самые обычные алгоритмы, с которыми мы постоянно сталкиваемся в технике. А раз так, язык ДРАКОН может стать удобным средством для выражения и накопления знаний об алгоритмических процессах, протекающих в живых организмах.

В качестве примера рассмотрим алгоритм работы человеческого сердца.

### Отрывок из школьного учебника

«Наше сердце постоянно в работе... Оно работает непрерывно 70–80 лет и более. В чем секрет его неутомимости?..»

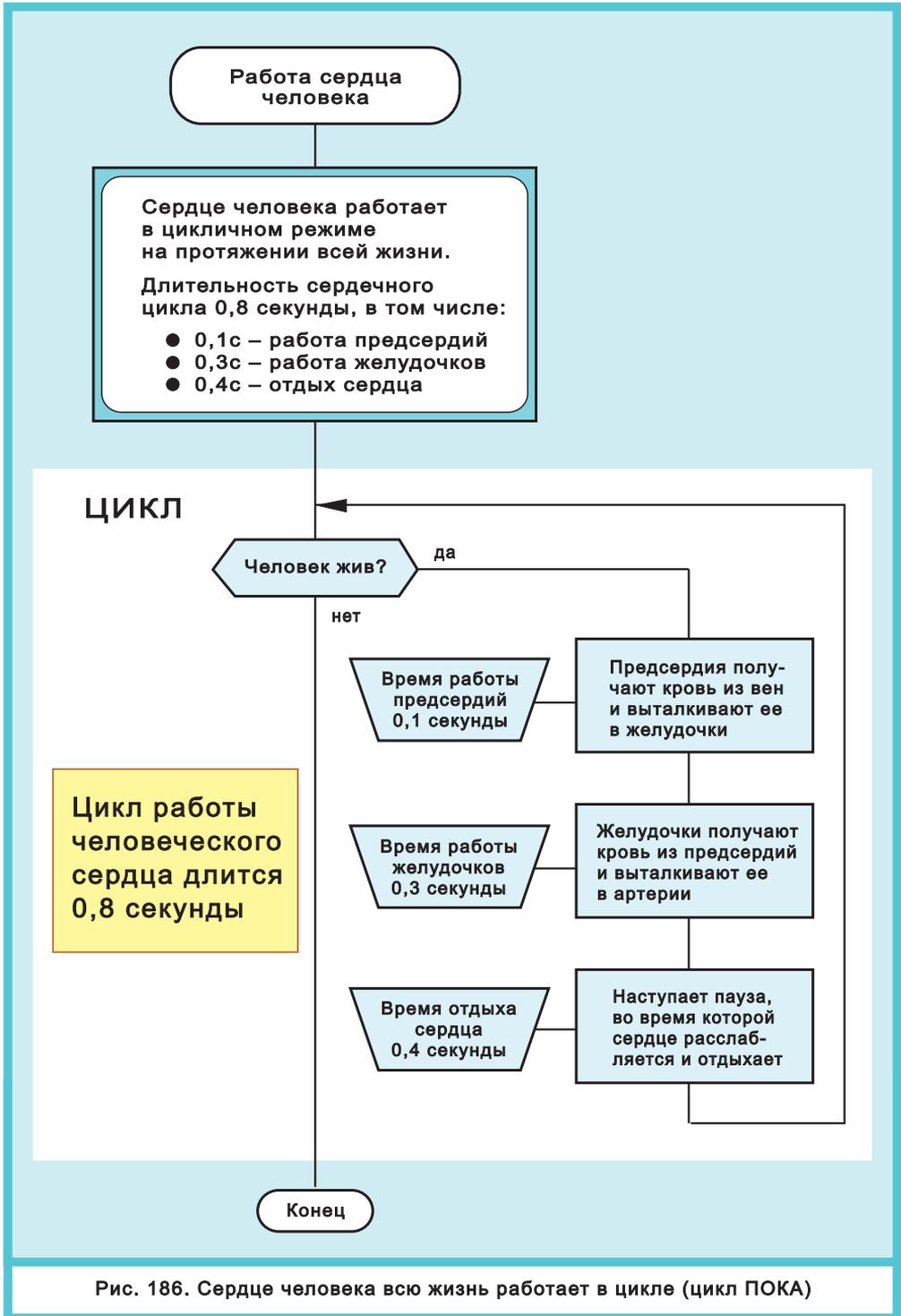
Во многом это объясняется особенностями работы сердца. Оно последовательно сокращается и расслабляется с короткими промежутками для отдыха. В одном сердечном цикле можно выделить три фазы.

Во время первой фазы, которая у взрослого человека длится 0,1 с, сокращаются предсердия, а желудочки находятся в расслабленном состоянии. За ней следует вторая фаза (она более продолжительная – 0,3 с): желудочки сокращаются, а предсердия расслаблены. После этого наступает третья, заключительная фаза – *пауза*, во время которой происходит общее расслабление сердца. Ее продолжительность 0,4 с. Весь сердечный цикл занимает 0,8 с.

Вы видите, что в течение одного сердечного цикла предсердия тратят на работу 12,5% времени сердечного цикла, а желудочки 37,5%. Остальное время, а это 50%, сердце отдыхает.

В этом секрет долголетия сердца, удивительной его работоспособности. Небольшие промежутки отдыха, следующие за каждым сокращением, дают возможность сердечной мышце отдохнуть и восстановить силы» [1].

Работа сердца очень сложна. Поэтому мы выбрали лишь малую часть работы нашего главного насоса. И изобразили ее в виде упрощенного алгоритма (рис. 186).



### §3. КАК РАЗМНОЖАЮТСЯ ЖАБЫ

Рассмотрим еще один пример. Для начала приведем цитату из известной биологической книги, описывающую алгоритм размножения жаб.

«Рассмотрим изменения, происходящие в организме жабы в сезон размножения. Глаза жабы воспринимают свет и передают эту информацию в мозг, который определяет, что продолжительность светового дня увеличивается.

Гипоталамус направляет в гипофиз соответствующие рилизинг-факторы. Гипофиз начинает выделять в кровь различные гормоны...

Когда семенники и яичники «обнаруживают» их присутствие в крови, они начинают увеличиваться в размерах, продуцировать гаметы, а также выделять собственные гормоны и среди них – половые: тестостерон и эстроген. Реагируя на половые гормоны, мозг посылает нервные импульсы к мышцам – животное начинает поиск места для размножения и брачного партнера.

Так, благодаря сложному взаимодействию органов чувств, нервов, мозга, мышц и эндокринных желез животное адекватно реагирует на смену сезона – наступление весны» [2].

Описание этого алгоритма на языке ДРАКОН показано на рис. 187. Чтобы не утомлять читателя громоздкими биологическими терминами, мы упростили алгоритм. А в комментариях дали необходимые пояснения.

Следует подчеркнуть, что реальные биологические алгоритмы исключительно сложны. Традиционная для биологической литературы текстовая форма представления алгоритмических знаний вносит неоправданные трудности для читателей и является устаревшей.

### §4. КИШЕЧНАЯ ПАЛОЧКА И ФАГ ЛЯМБДА

Рассмотрим более сложный пример биологического алгоритма.

Бактериофаг (сокращенно фаг) – это вирус, который пожирает бактерии. Таких вирусов очень много. Один из них, *фаг λ* (фаг лямбда), при некоторых условиях уничтожает бактерии, которые живут в кишечнике. Эти бактерии называются «кишечная палочка».

Фаг и бактерия похожи на карлика и великана. Фаг крохотный, а бактерия громадная. И, тем не менее, победа всегда достается фагу.

Фаг похож на клизму с острым концом. Этим кинжалом он легко протыкает стенку бедной бактерии. В шаре «клизмы» находится главное оружие фага – его генетический код. Через роковой прокол, этот

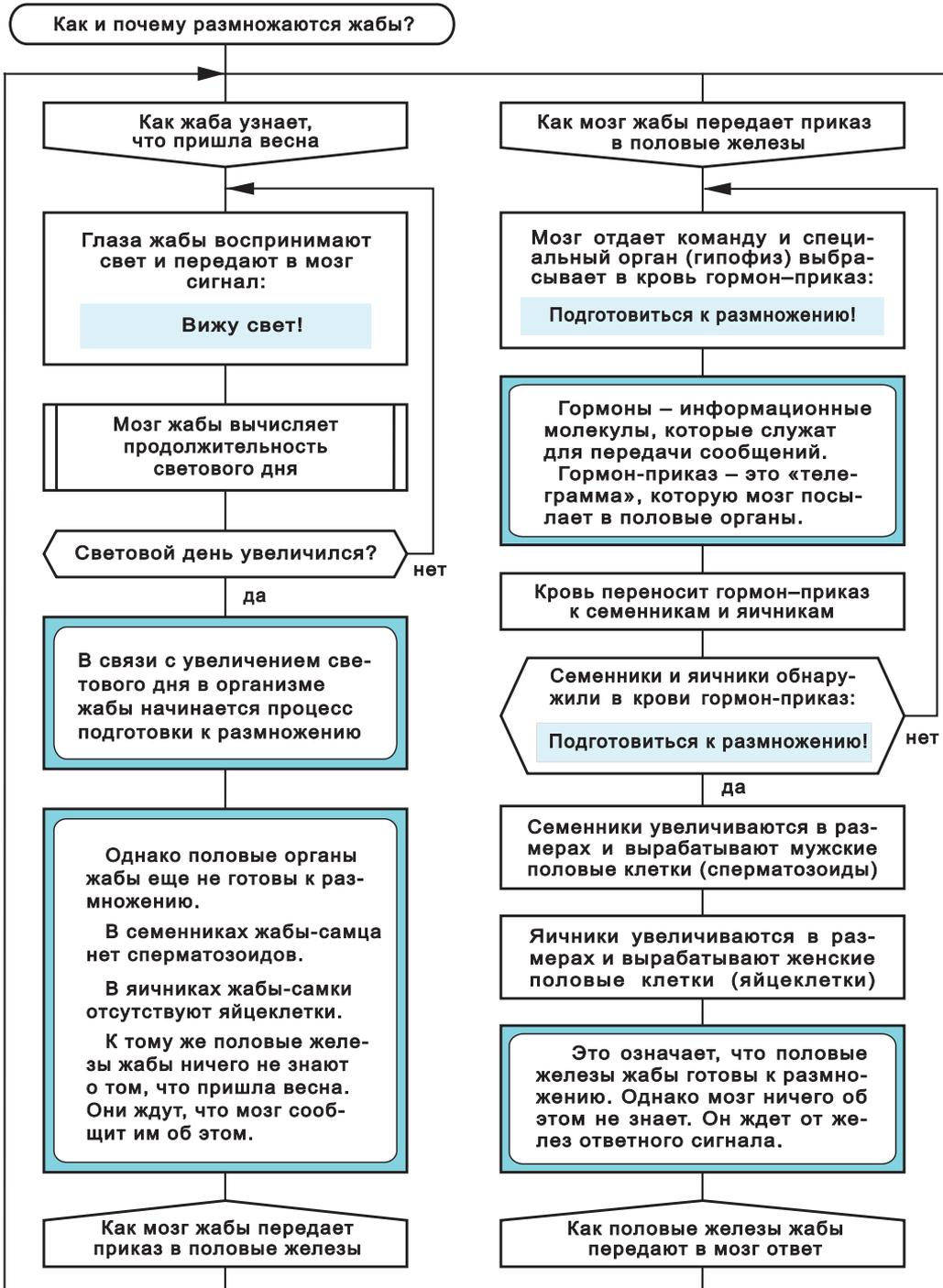
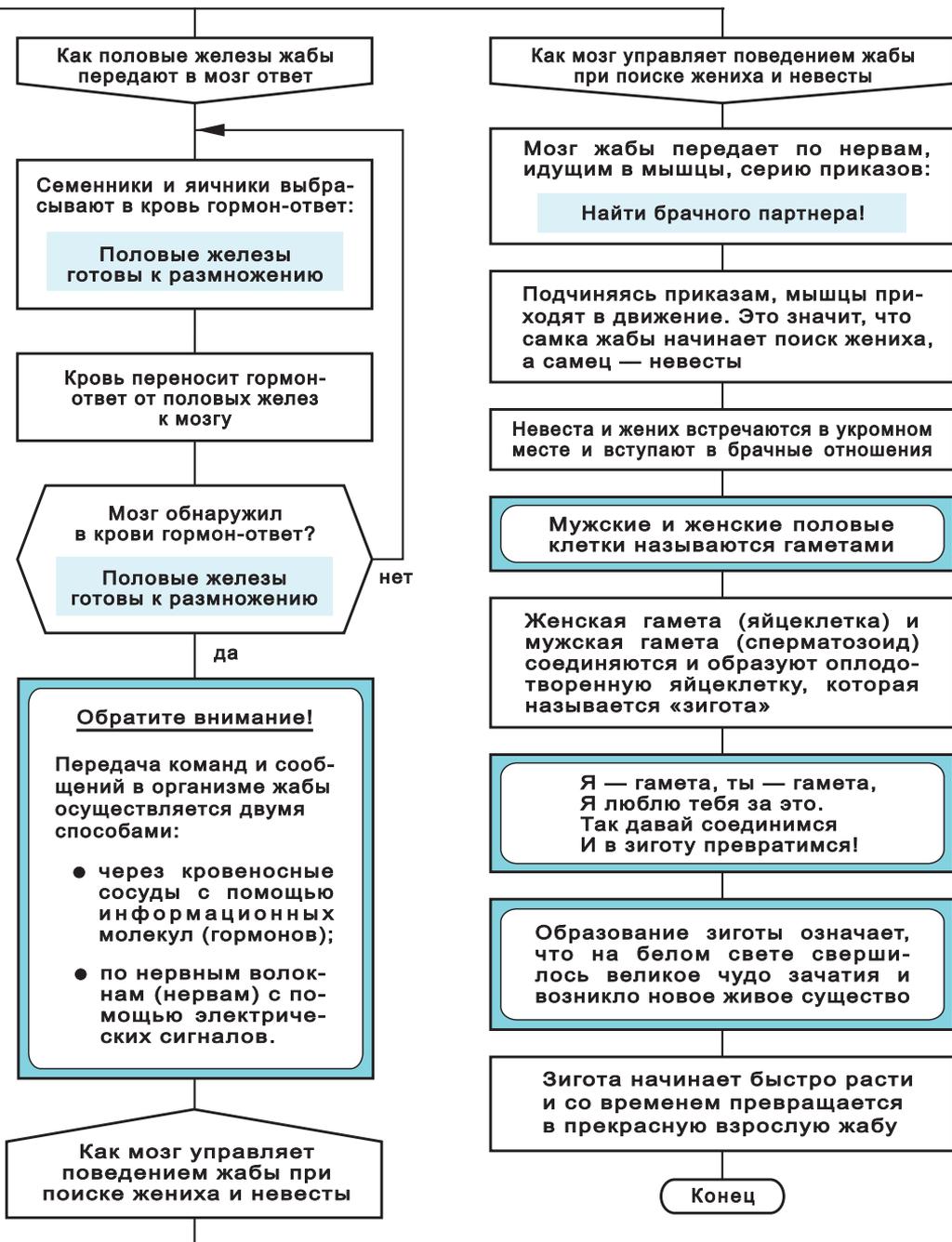


Рис. 187. Как размножаются жабы? Использование языка ДРАКОН для описания биологических процессов



код, подобно диверсанту со взрывчаткой, проникает внутрь бактерии и «взрывает» ее.

Рассмотрим эту историю подробнее.

## §5. ДВА СПОСОБА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ФАГА И БАКТЕРИИ

В начале фаг прокалывает оболочку бактерии (рис. 188). Затем генетический код фага через образовавшуюся дырку проскальзывает внутрь бактерии (рис. 189).

Дальнейшие события в бактериальной клетке могут развиваться двумя путями.

## §6. РАЗМНОЖЕНИЕ ФАГОВ И ГИБЕЛЬ БАКТЕРИИ

В первом случае внутри клетки происходит интенсивное размножение фагов. Этот процесс идет очень быстро.

Примерно через 45 минут происходит гибель бактерии. Внутри бактерии скапливается огромное число фаговых частиц. Эти частицы в буквальном смысле разрывают бактериальную клетку.

Из лопнувшей бактерии высвобождаются около 100 фагов (рис. 190). Алгоритм пожирания бактерии фагами показан на рис. 192 [3].

## §7. ГИБЕЛЬНОЕ ДЕЙСТВИЕ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Во втором случае в дело вступают тормозящие вещества. Они запрещают размножение фагов. Вместо этого генетический код фага замирает и «прячется» внутри генетического кода бактерии.

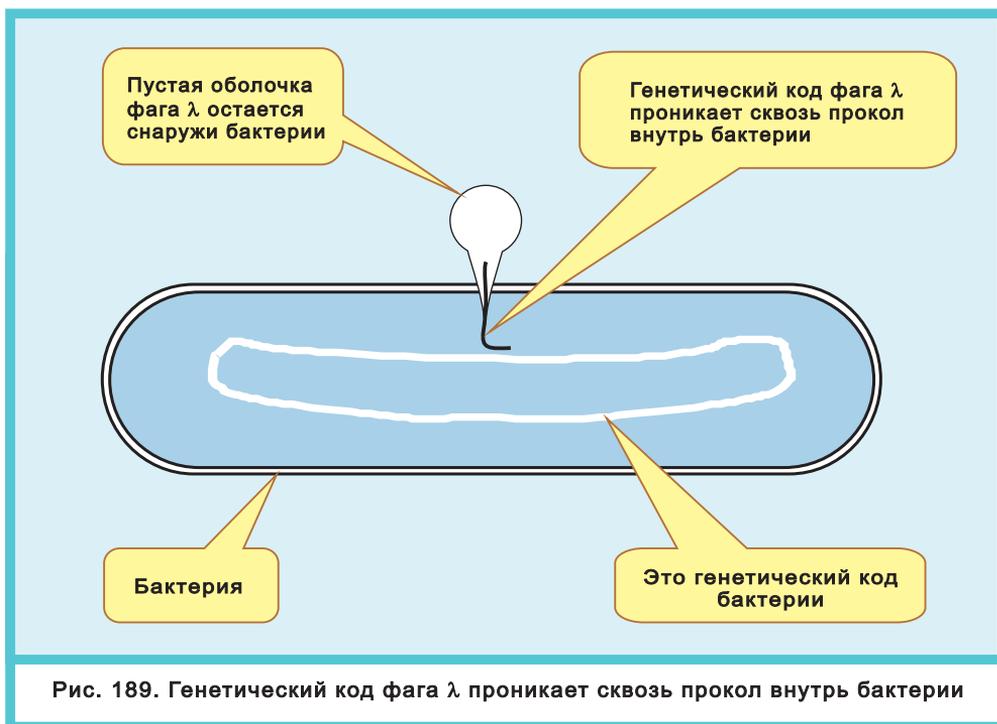
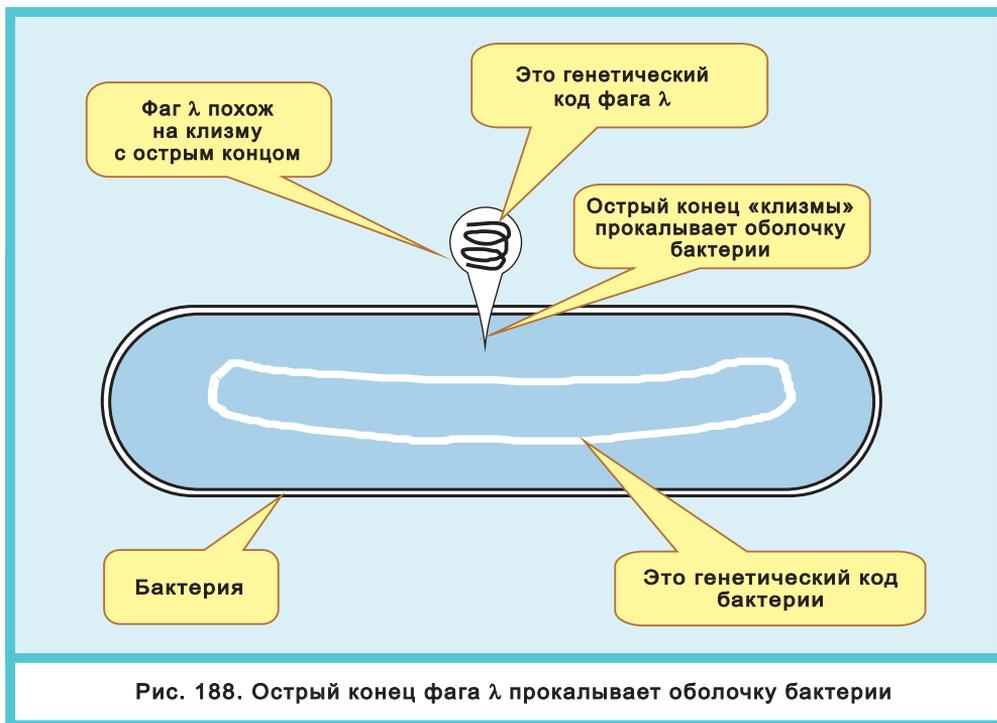
На рис. 191 показана ситуация, когда фаг становится пассивным. Он не размножается. Не причиняет бактерии никакого вреда. В этот период бактерия спокойно размножается. И спрятанный в ней фаг пассивно размножается вместе с ней.

Если же в этот момент на фаг и бактерию брызнет ультрафиолетовый свет, произойдет катастрофа. Ультрафиолет резко меняет свойства фага. Мирное сосуществование кончается. Фаг «просыпается» и начинает быстро размножаться внутри бактерии (рис. 193).

Через 45 минут бактерия разрывается и погибает. И новая сотня ужасных фагов вырывается наружу через стенки лопнувшей бактерии.

Таким образом, мы рассмотрели два алгоритма:

- фаг уничтожает бактерии (рис. 192);
- имеет место «мирное сосуществование» фага и бактерии, которое «трагически» заканчивается при попадании ультрафиолетового излучения (рис. 193).



## РАЗМНОЖЕНИЕ ФАГА И ГИБЕЛЬ БАКТЕРИИ

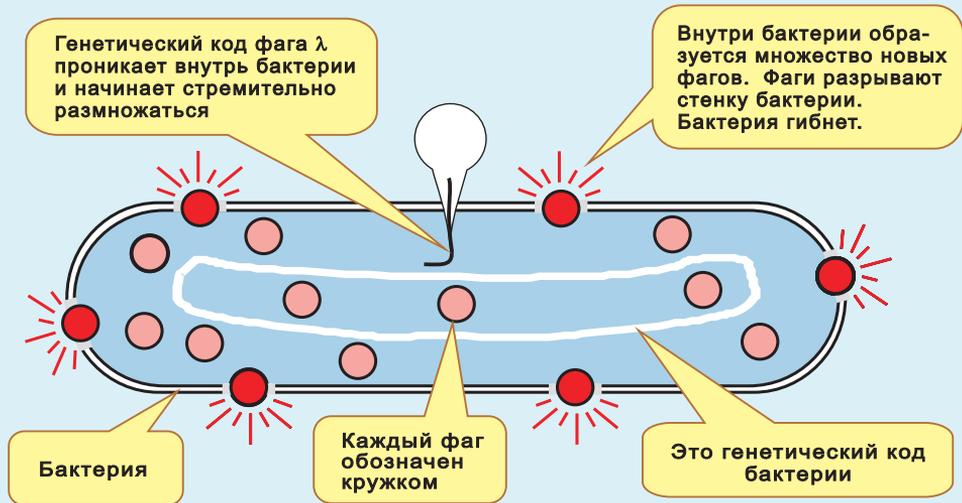


Рис. 190. Размножение фага внутри бактерии и гибель бактерии

## ФАГИ НЕ РАЗМНОЖАЮТСЯ. ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД ФАГА ВСТРОЕН В КОД БАКТЕРИИ

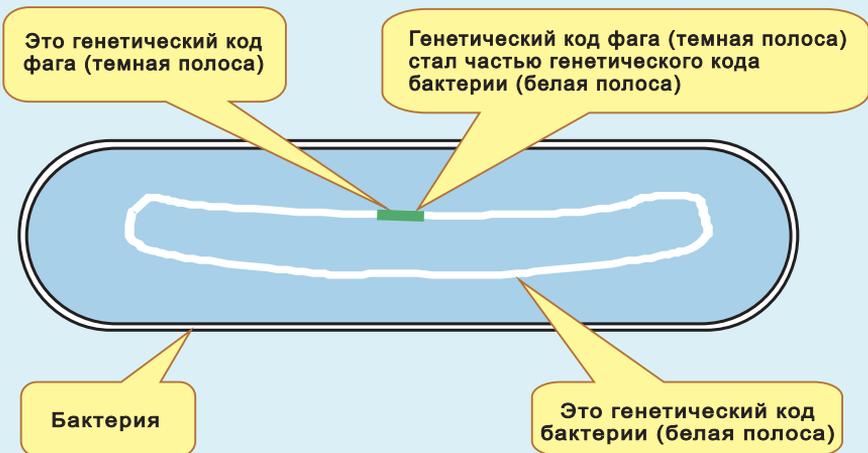


Рис. 191. Размножение фагов не происходит. Генетический код фага (темная полоса) пассивно покоится внутри кода бактерии (белая полоса).

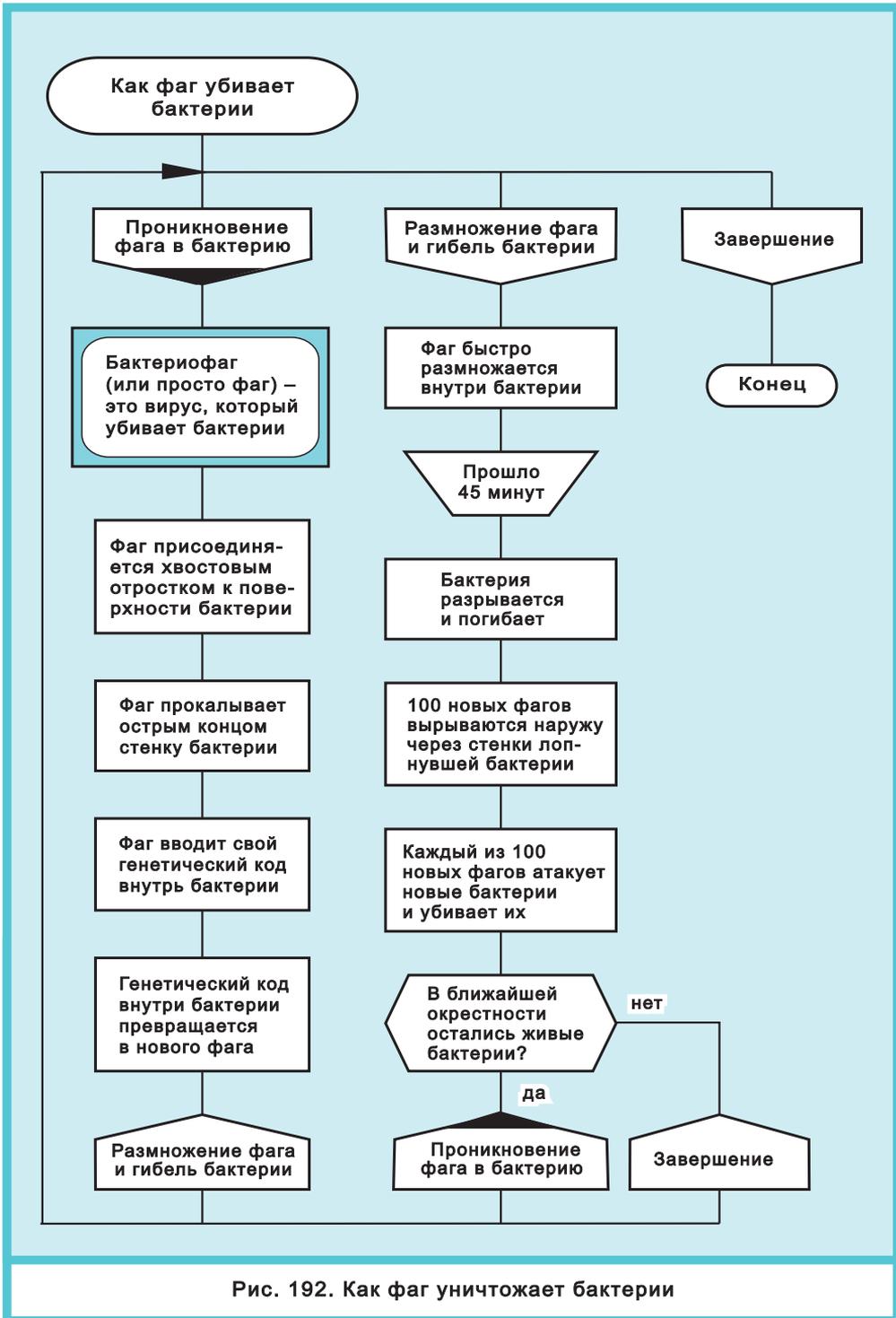
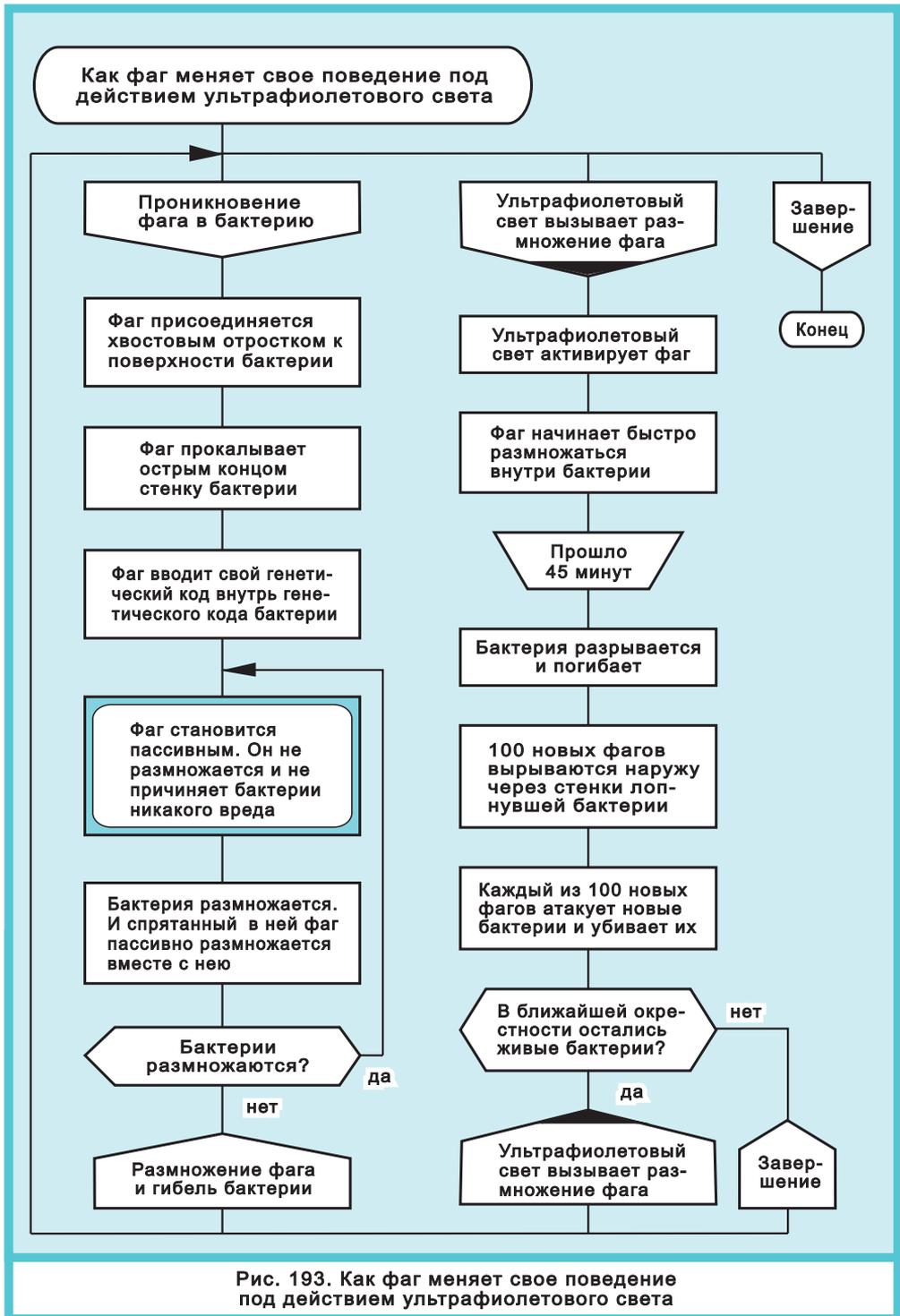


Рис. 192. Как фаг уничтожает бактерии



## §8. НУЖНЫ НОВЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОПИСАНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

Чтобы биологическая наука интенсивно развивалась, она должна овладеть новым языком для описания биологических знаний. Этот язык должен быть очень хорошим. Он должен позволять создавать высококачественные биологические алгоритмы – доступные, удобные, легкие для понимания.

Существуют ли такие алгоритмы? Нет, не существуют! Это вносит значительные трудности в работу биологов.

Имеющиеся биоалгоритмы, как правило, имеют низкое качество. Они изложены трудным, запутанным языком. Они непригодны для эффективного обучения, так как требуют слишком большого времени для понимания. Чтобы поправить дело, нужен новый язык, способный внести в алгоритмы ясность.

## §9. ЯЗЫК ДРАКОН И БИОЛОГИЯ

Язык ДРАКОН может оказать существенную помощь биологам. Создание бумажных альбомов и компьютерных библиотек биологических драконсхем даст возможность улучшить форму представления биологических знаний. Сделать ее более строгой и наглядной. Выявить и устранить алгоритмические пробелы в знаниях. Укрепить позиции информационной биологии. Облегчить дальнейшее исследование таинственного механизма функционирования живых организмов.

## §10. НЕОБЫЧНАЯ РОЛЬ СИНХРОНИЗАТОРА

Мы знаем, что икона «синхронизатор» представляет собой перевернутую трапецию с боковым отростком справа (рис. 17, пункт И19). На рис. 186 эта икона повторяется три раза. Но! На этом рисунке икона «синхронизатор» используется необычно, в несвойственной для себя роли. Поясним.

- Верхняя икона «синхронизатор» говорит, что длительность работы предсердий равна 0,1 секунды.
- Средняя икона говорит, что длительность работы желудочков равна 0,3 секунды.
- Нижняя икона – что длительность отдыха сердца равна 0,4 секунды.

Что здесь необычного? А вот что. Внутри иконы указана *длительность* процесса, изображенного справа от синхронизатора – в иконе действие.

Парадокс в том, что на рис. 186 три иконы «синхронизатор» не выполняют никаких функций. Эти три иконы можно безболезненно удалить из схемы (при условии, что длительность будет указана внутри трех икон действие).

Например, внутри верхней иконы действие можно написать: «Предсердия получают кровь из вен и выталкивают ее в желудочки. Длительность этого процесса равна 0,1 секунды». Беда в том, что высказывание получилась слишком длинным и неудобным для чтения. Чтобы облегчить труд читателя, длинную словесную глыбу надо разбить на два предложения. И поместить их в две разные иконы – синхронизатор и действие. Именно так и сделано на рис. 186.

Отсюда следует, что необычная роль иконы «синхронизатор» на рис. 186 состоит в следующем:

- Икона не выполняет никаких действий. Она служит только для того, чтобы разбить текст на мелкие порции и облегчить чтение дракон-схемы.
- Икона «синхронизатор» ничего не синхронизирует. Она выполняет чисто иллюстративную функцию – сообщает читателю *длительность* действия или процесса.

Еще один пример, когда синхронизатор выполняет иллюстративную функцию, приведен в следующей главе (рис. 195).

Таким образом, мы познакомились с *иллюстративной* функцией иконы синхронизатор.

В заключение напомним, что *основная* функция синхронизатора используется при алгоритмизации процессов реального времени. При решении основной задачи надо *указать точный момент времени* по таймеру, чтобы задержать процесс, изображенный справа от синхронизатора. Задержать до тех пор, пока таймер отсчитывает время до момента, *указанного в иконе «синхронизатор»*. Основная функция подробно рассмотрена в главах 13 и 14.

## §11. ВЫВОДЫ

1. Алгоритмы удобно разделить на две группы:
  - рукотворные (создаваемые человеком и выполняемые компьютером или вручную);
  - нерукотворные (биологические) алгоритмы.
2. Представители биологических наук не владеют эффективными способами записи биологических алгоритмов. Нынешний биологический язык отстал от жизни и превратился в тормоз развития науки.
3. Различные типы алгоритмов (рукотворные и нерукотворные) принято описывать по-разному, с помощью различных и часто неудобных средств.
4. Язык ДРАКОН устраняет этот разноречивый. Он позволяет описывать все алгоритмы *единообразно*, стандартным способом, с помощью одной и той же удобной системы чертежей (одной и той же эргономичной графической нотации).