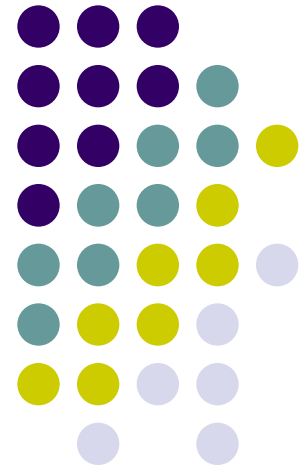
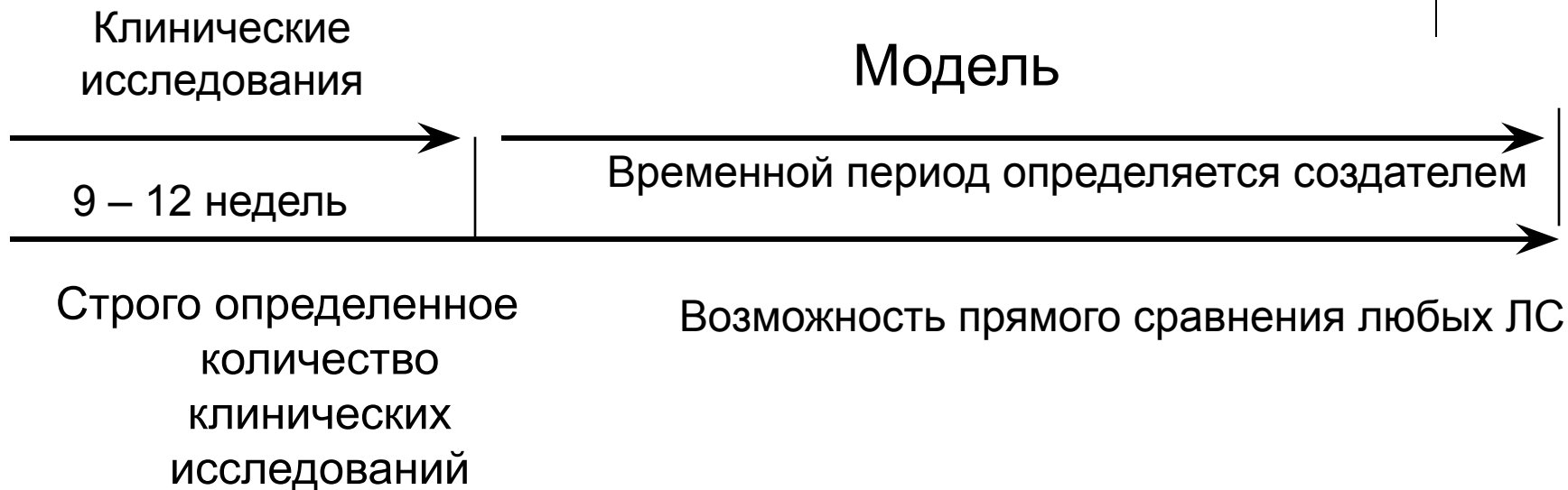


# Метод моделирования – поиск быстрых управленческих решений в условиях ограниченного финансирования



*Крысанов И.С. - лаборатория фармакоэкономики  
НИИ фармации ММА им. И.М. Сеченова*

# Причины использования моделей



# Моделирование используется:



- В случаях, когда в клинических исследованиях не изучались отдаленные или опосредованные результаты лечения
- При необходимости сделать заключение о целесообразности применения медицинских вмешательств у пациентов, не включавшихся ранее в исследование
- При переносе результатов экономического анализа из страны в страну

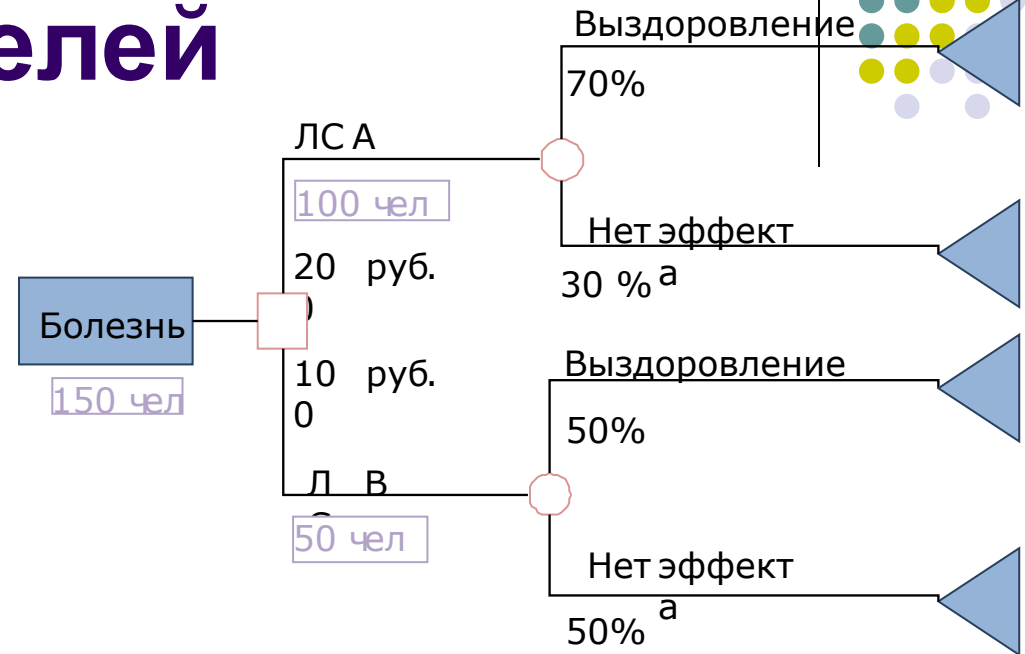
# Моделирование используется:



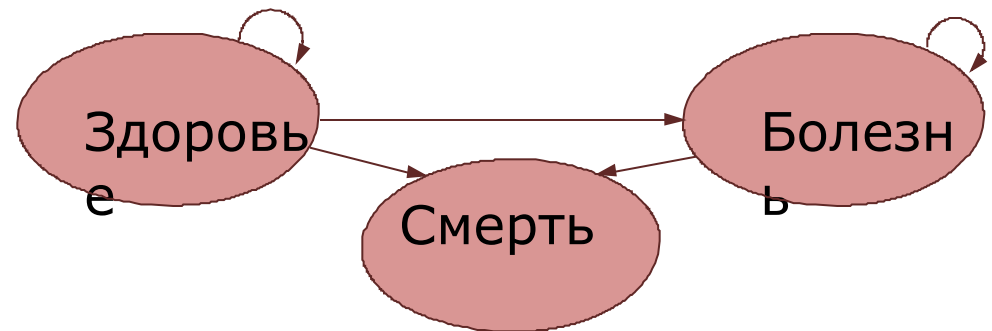
- В случаях, когда отсутствует сравнительные исследования тех методов лечения, которые предполагается сравнивать в экономическом анализе
- В случаях, когда клинические исследования отсутствуют или нет необходимости в их проведении.

# Виды ФЭ моделей

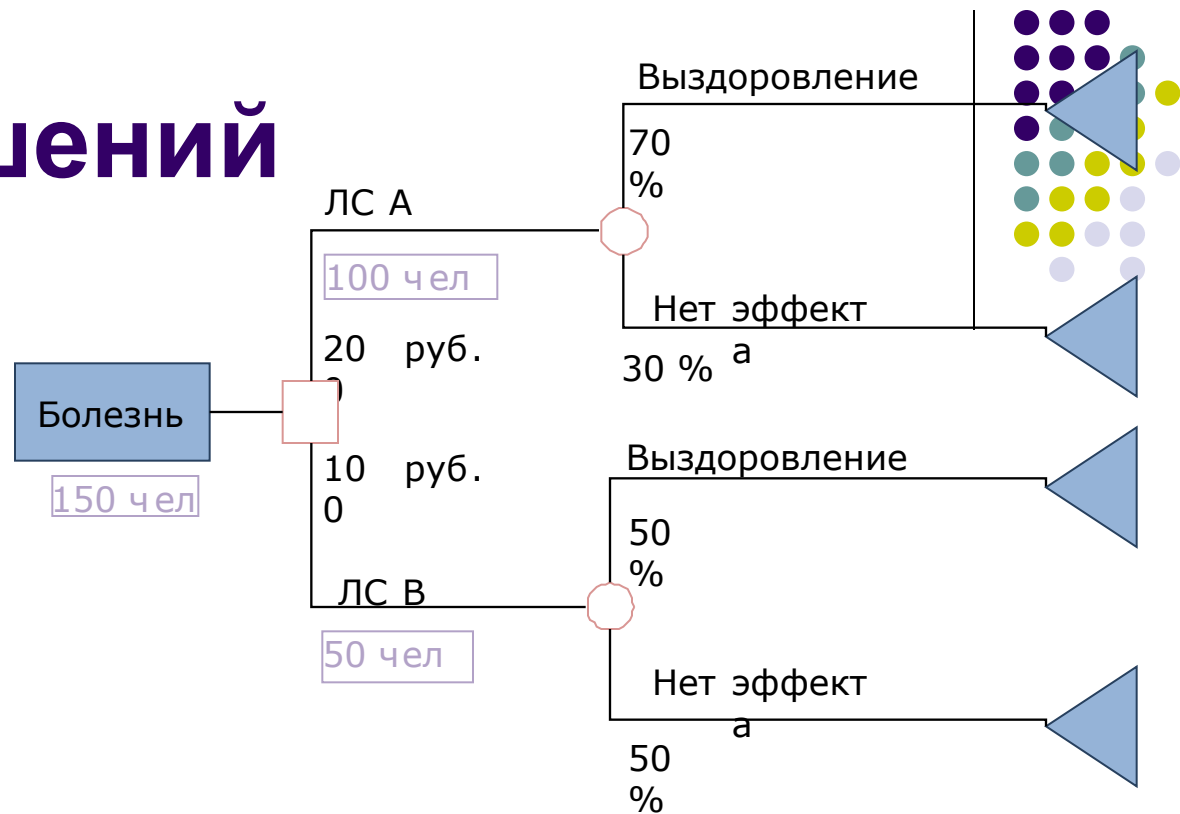
- Дерево решений



- Модель Маркова



# Дерево решений



- Есть, как минимум, два альтернативных варианта с различной вероятностью исходов
- Известна вероятность каждого из исходов при обоих вариантах
- Известна или рассчитана стоимость при каждом из вариантов

# Дерево решений



- Метод, структурирующий последовательность действий и исходов
- Использует данные о вероятности исходов, затрат и полезности
- Время неявно определено в модели
- Данные могут использоваться из разных источников, в т.ч. клинических исследований

# Дерево решений



- Исходы рассчитываются, исходя из вероятности их наступления
- Метод позволяет выбрать альтернативу с наилучшим возможным исходом
- Имеются две альтернативы с неизвестными исходами
- Вероятности исходов не меняются с течением времени

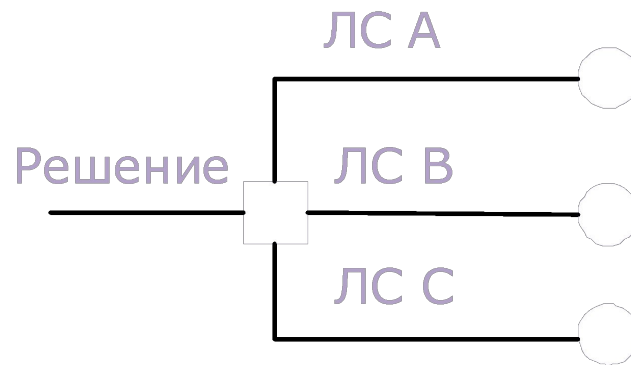




# Построение дерева решений

- Знак «решение»

- Представляет ситуацию с необходимостью принятия решения
- Ветви - альтернативы

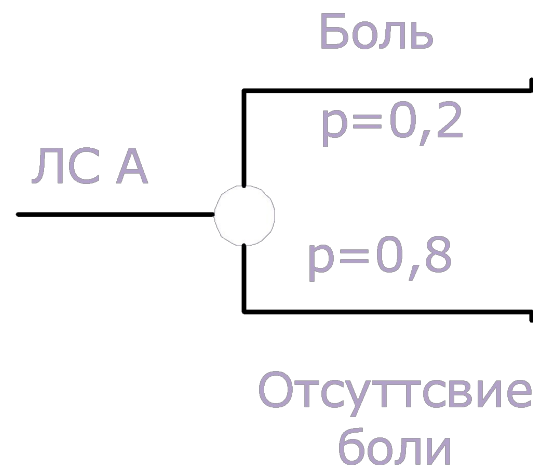


# Построение дерева решений



○ - Знак «вероятность»

- Представляет ситуацию неопределенности
- Ветви – возможные исходы
- Исходам присваиваются вероятности



# Построение дерева решений

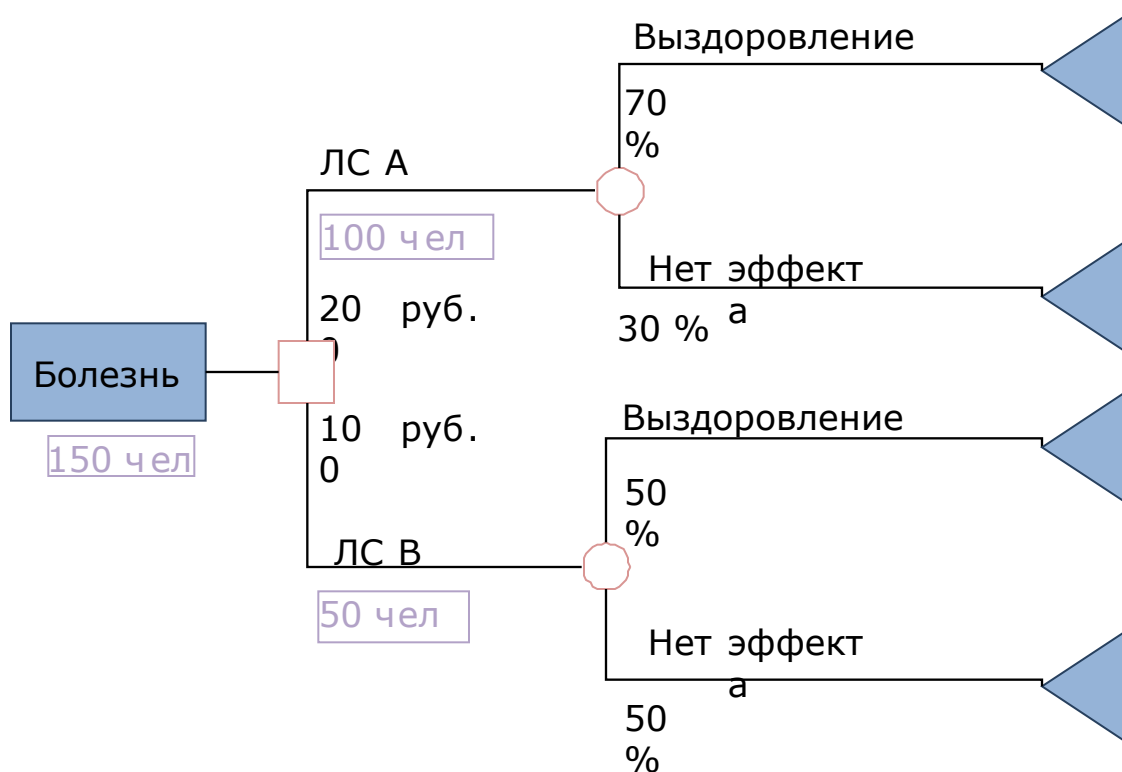


◁ - Знак «конечное состояние»

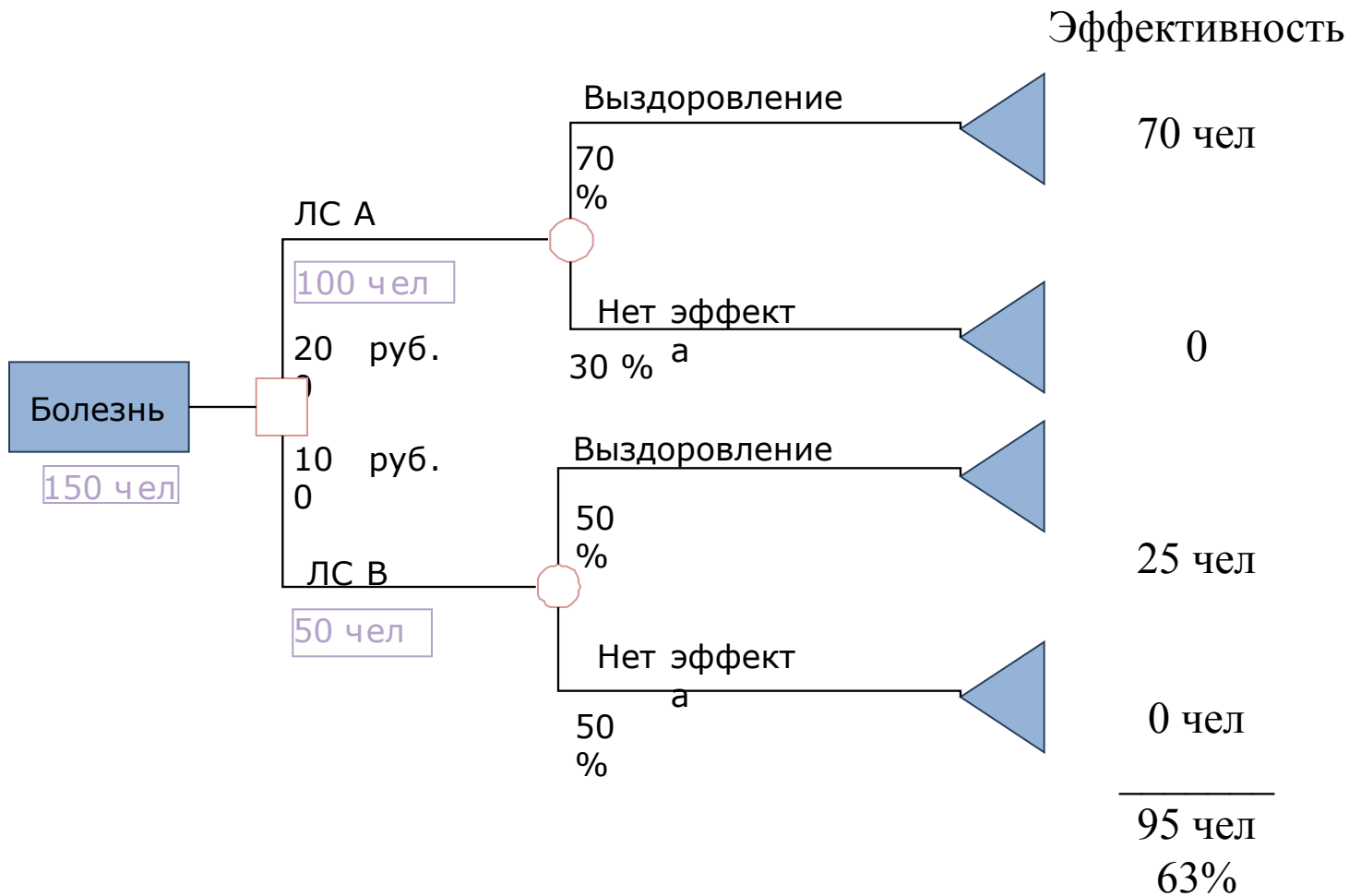
- Представляет конечный исход
- Состоянию присваиваются некоторые эффективность и размер затрат



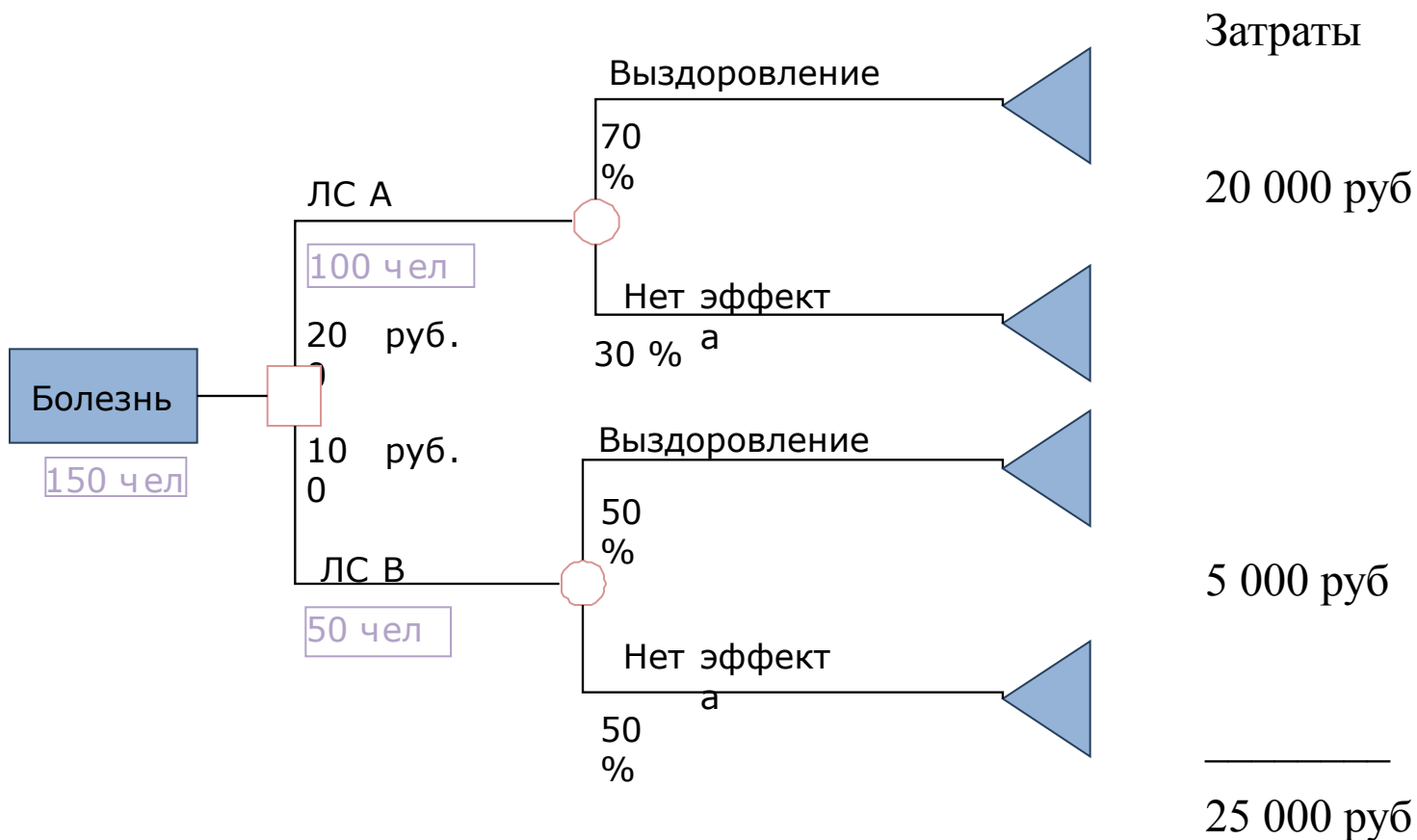
# Пример «Дерево решений»



# Дерево решений. Эффективность.

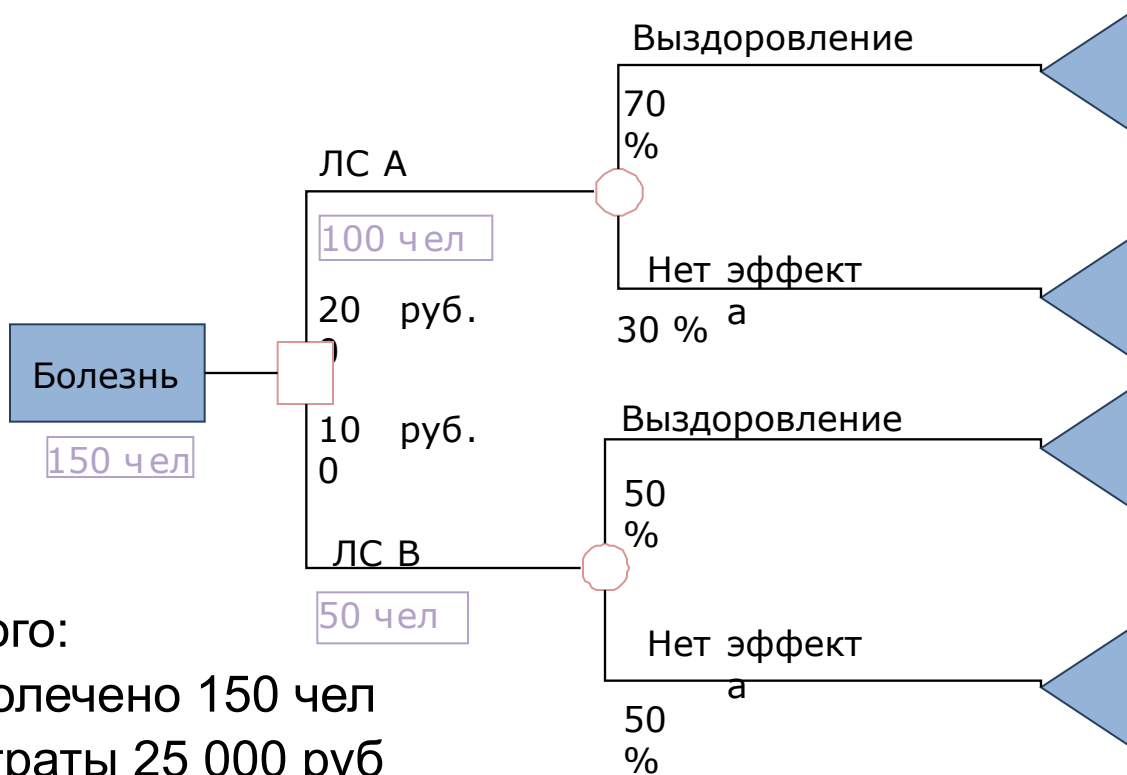


# Дерево решений. Затраты.





# Дерево решений. Результат.



Итого:

Пролечено 150 чел

Затраты 25 000 руб

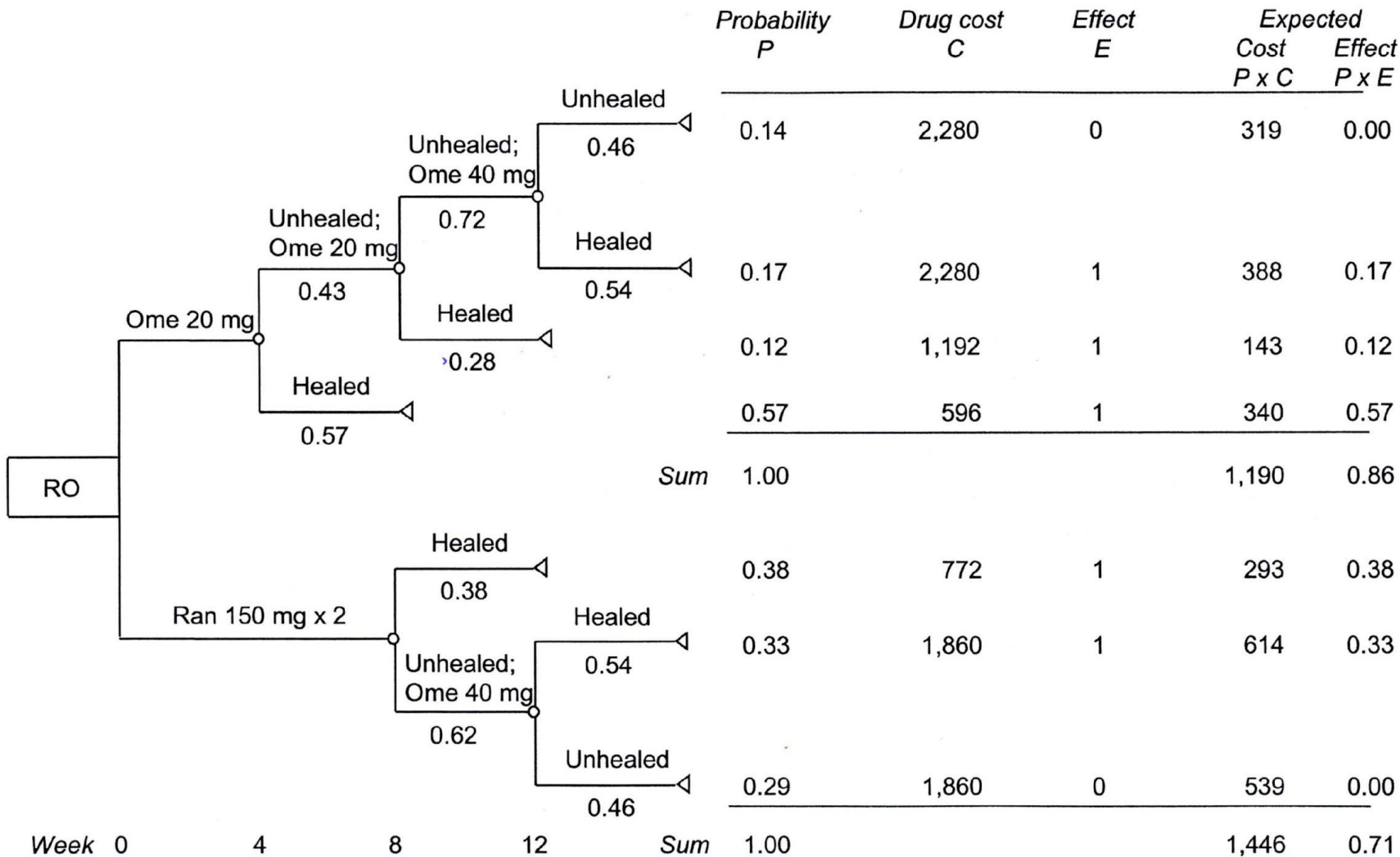
Эффективность 63%

$CER = 25\ 000 / 63\% = 397$  руб. на 1 % вылеченных больных.

# Пример Дерево решений



## Decision tree comparing omeprazole and ranitidine in reflux oesophagitis (Based on Lindberg & Jönsson, Läkartidningen 1992;89:2530-3)





# Модель Маркова



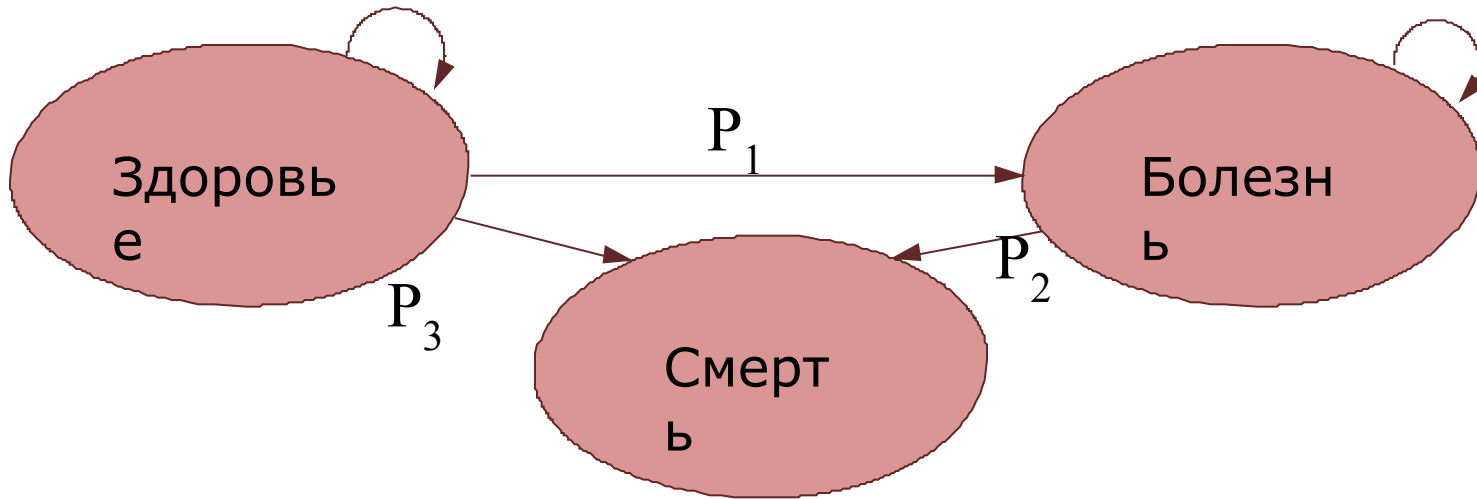
- используется для моделирования повторяющихся событий
- лучше подходит для моделирования хронических заболеваний



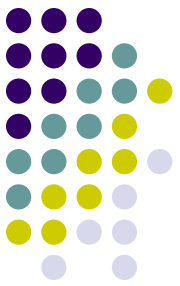
# Модель Маркова

- Строится вместо чрезмерно разветвленных деревьев
- Основана на предположении, что болезнь представляет из себя цепь определенных состояний
- На протяжении болезни человек последовательно переходит из одного состояния в другое, т.е. учитывается временной фактор

# Модель Маркова



$P$ - вероятность перехода из одного состояния в другое



# Основные характеристики модели Маркова

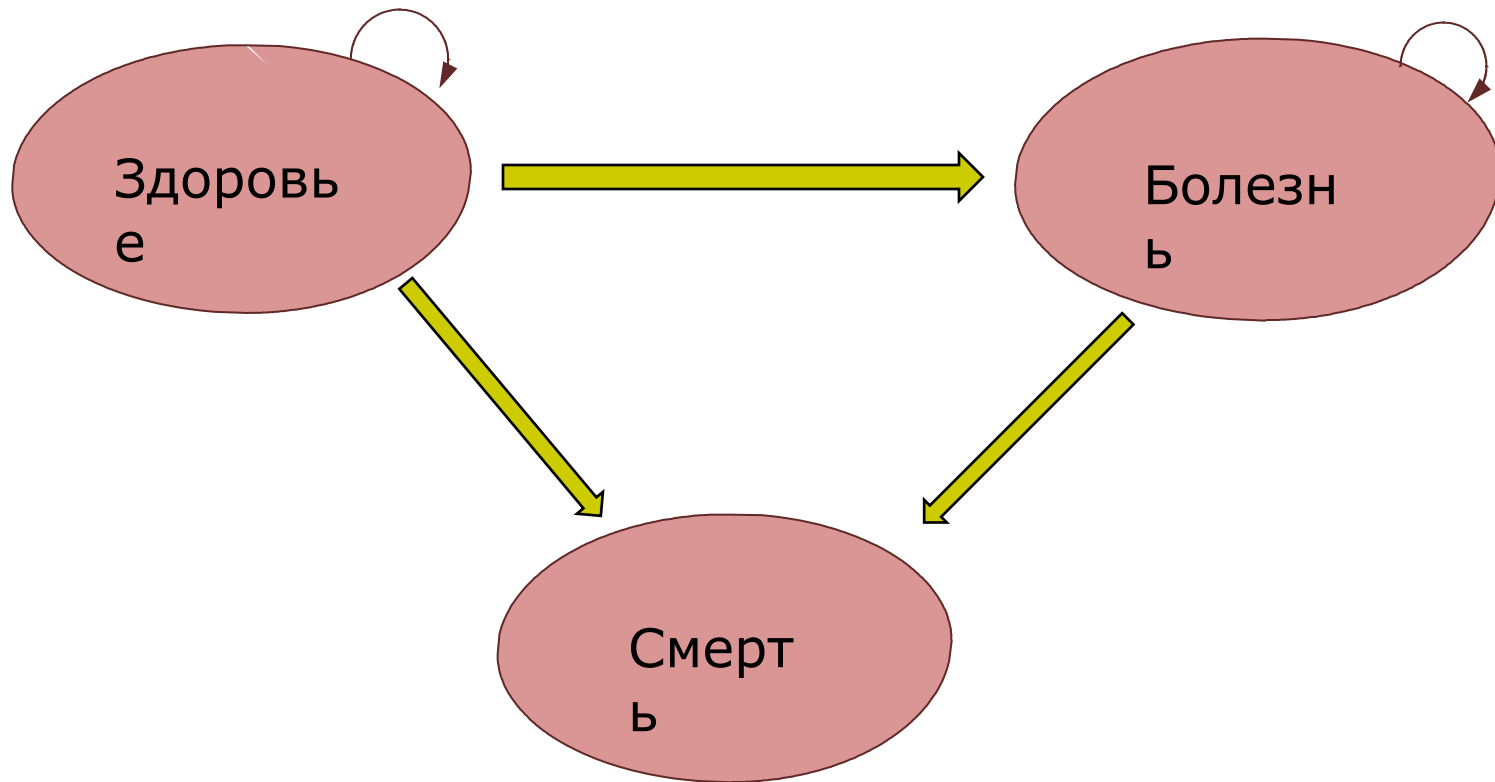


- Марковское состояние (состояние здоровья)
- Марковский цикл (временной период)
- Вероятность перехода (вероятность эффекта при медицинском вмешательстве)
- Временной горизонт
- Каждому состоянию соответствуют определенные затраты и эффект
- Простое представление: диаграмма перехода состояний

# Марковское состояние

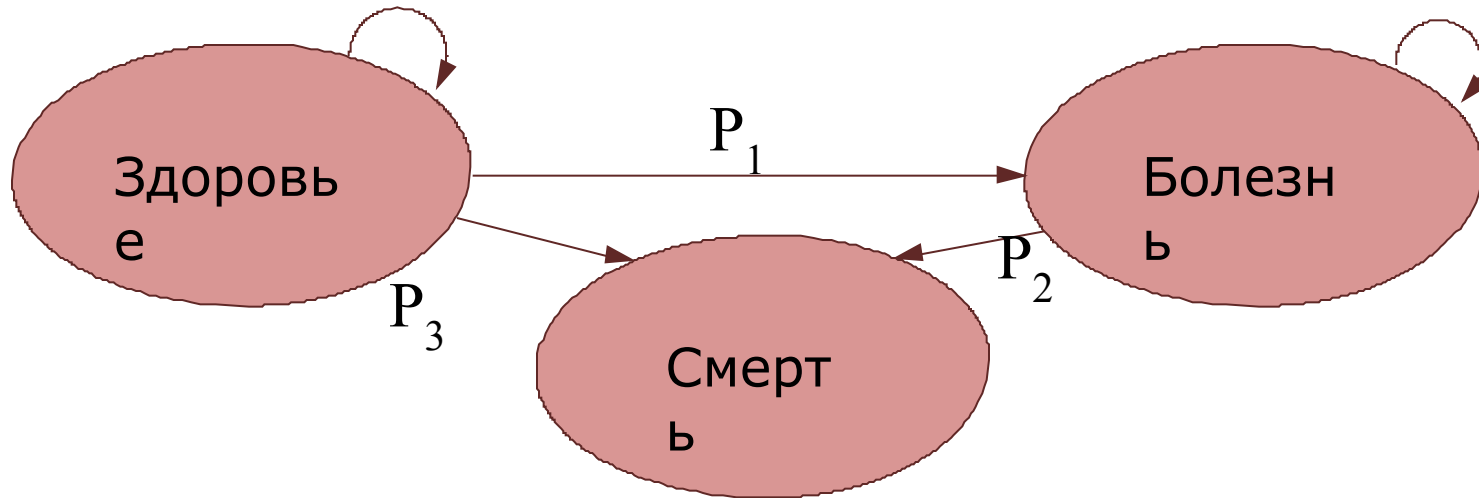


# Марковский цикл



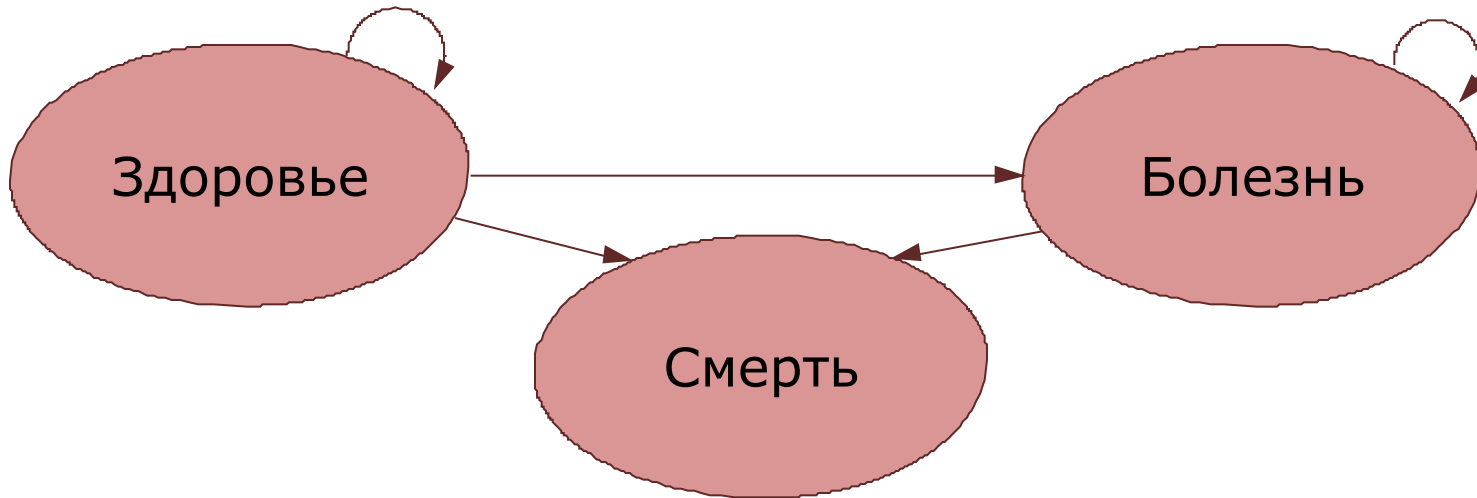


# Вероятность перехода



- $P$  - вероятность перехода
- В модели с количеством состояния  $N$  возможно  $N \cdot N$  переходов (в реальности не все переходы возможны)

# Пример: Модель Маркова



Переходы из	Переходы в			Итого
	Здоровье	Болезнь	Смерть	
Здоровье	$0,7$ ( $1-0,2-0,1$ )	$0,2$	$0,1$	$1$
Болезнь	$0$	$0,6$ ( $1-0,4$ )	$0,4$	$1$
Смерть	$0$	$0$	$1$	$1$





# Вероятность перехода

- Два типа модели Маркова
  - «Марковская цепь» - вероятность переходов не меняется со временем
  - Зависимые от времени Марковские процессы - вероятность переходов может меняться со временем.  
Решение:
    - Таблица
    - Функция (  $f(x)$  )
- Вероятность перехода не зависит от предыдущих переходов

# Учет временной зависимости вероятности перехода с использованием таблицы



## А. Фиксированная вероятность

Переходы из	Переходы в			
	Здоровье	Болезнь	Смерть	Итого
Здоровье	0,6	0,3	0,1	1
Болезнь	0	0,6	0,4	1
Смерть	0	0	1	1

## Б. Вероятность зависящая от времени

Переходы из	Переходы в			
	Здоровье	Болезнь	Смерть	Итого
Здоровье	$1-P(t)-0,1$	$P(t)$	0,1	1
Болезнь	0	0,6	0,4	1
Смерть	0	0	1	1

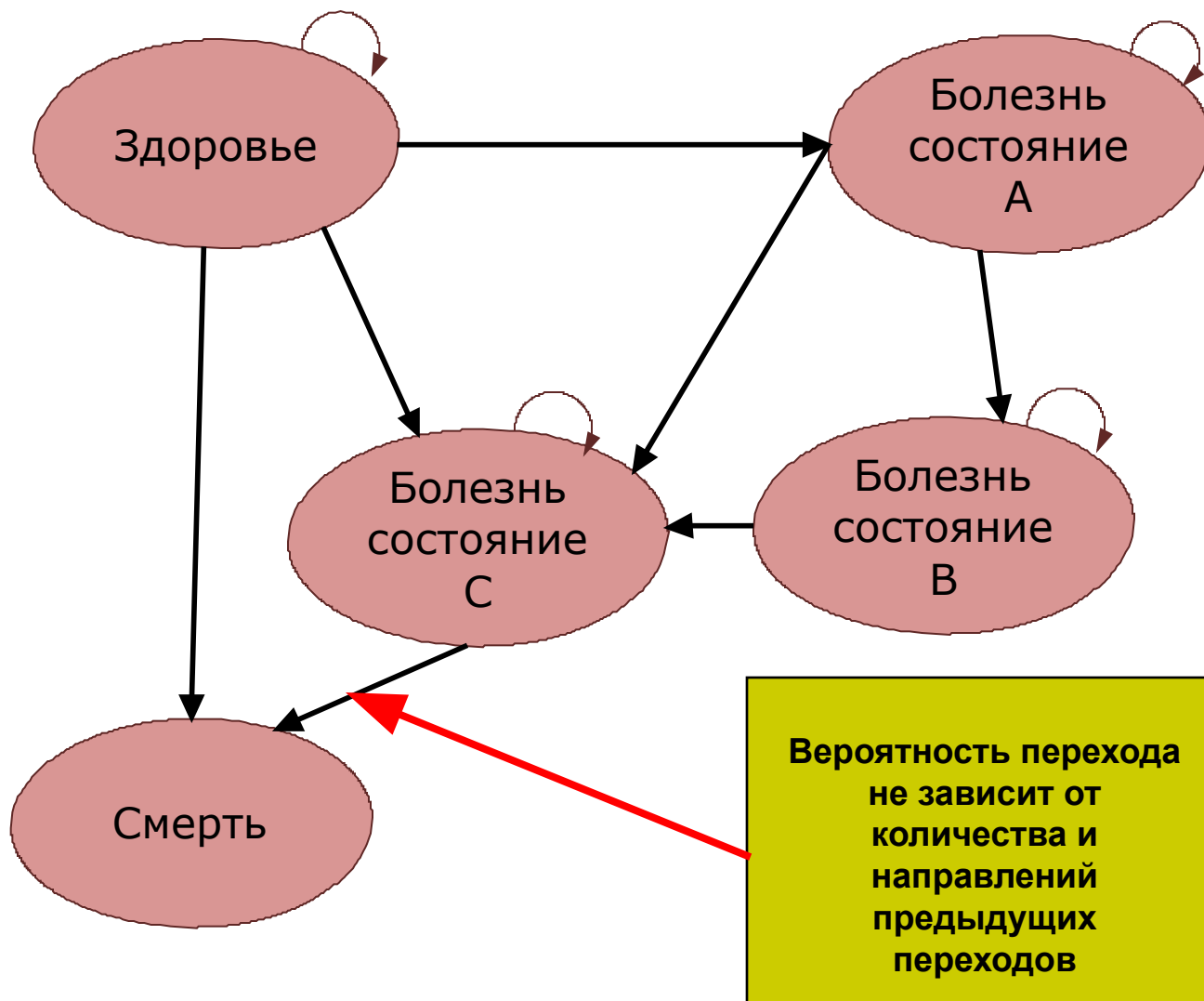
Цикл	$P(t)$
1	0,18
2	0,21
3	0,24
4	0,27
5	0,3
6	0,33
7	0,36
8	0,39
9	0,42
10	0,45

# Учет временной зависимости вероятности перехода с использованием функции



- При наличии клинических данных в некотором временном промежутке, возможно рассчитать вероятность перехода как функцию времени
- Необходимо использовать принципы анализа выживаемости

# Отсутствие эффекта «памяти»



# Корректировка затрат и эффектов



- Использование дисконтирования затрат и эффектов
- «Полуцикловая коррекция» - пациенты находятся между состояниями в середине цикла



# Анализ чувствительности

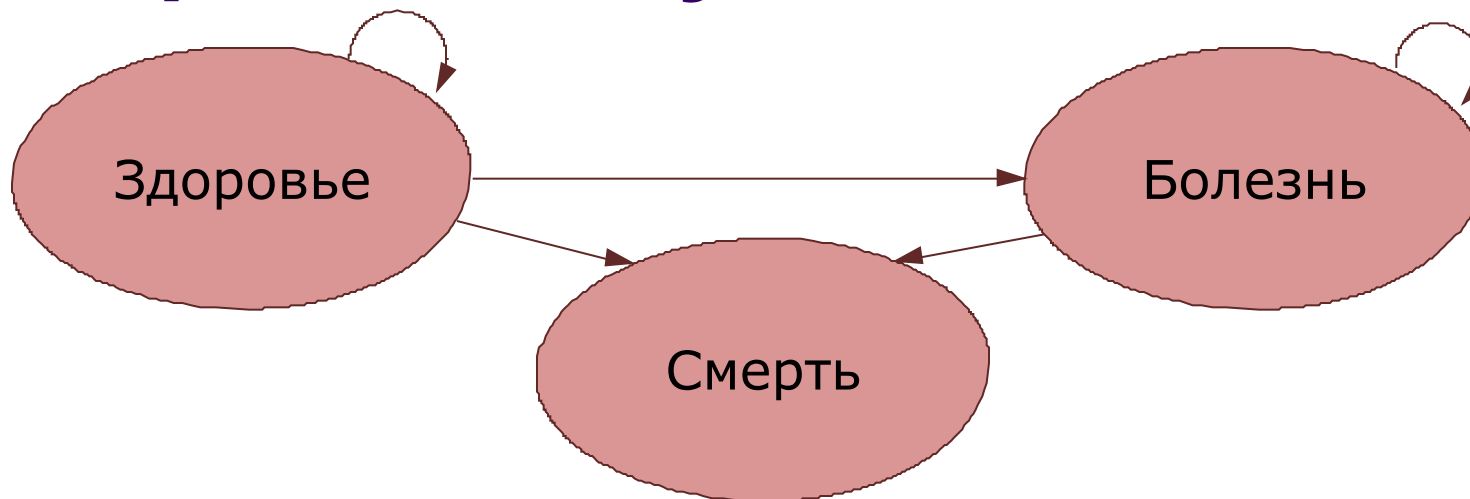
- Какой параметр необходимо выбрать ?
- На сколько изменить ?
- Как изменить ?
  - Экстремальный сценарий
  - Простой анализ чувствительности, одновариантный, мультивариантный

# Расчет затрат и эффективности в модели Маркова



- Матричный подход
  - Невозможно учесть дисконтирование
- Монте-Карло симуляция первого порядка
- Когортная симуляция

# Когортная симуляция



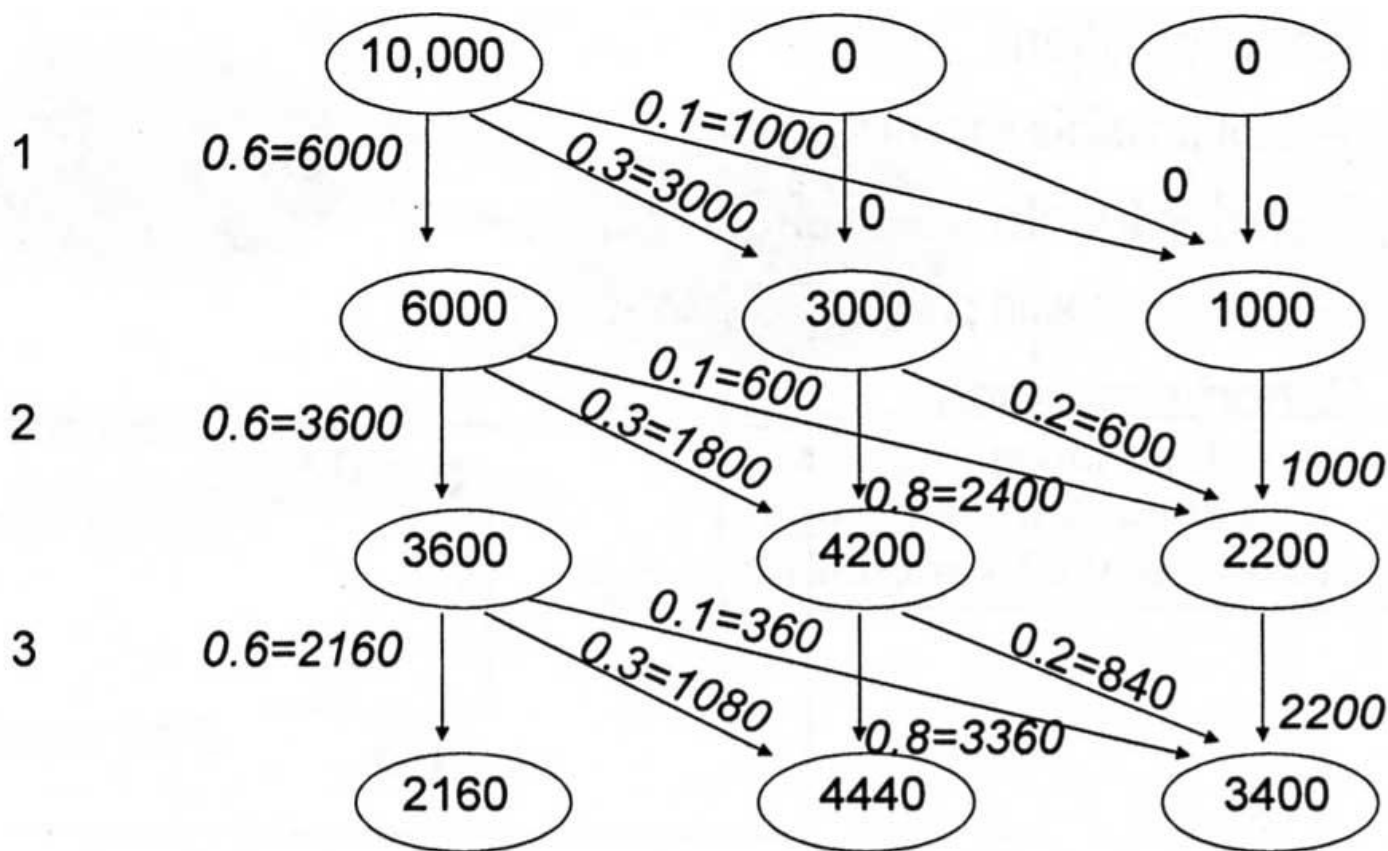
Переходы из	Переходы в			
	Здоровье	Болезнь	Смерть	Итого
Здоровье	0,6	0,3	0,1	1
Болезнь	0	0,8	0,2	1
Смерть	0	0	1	1



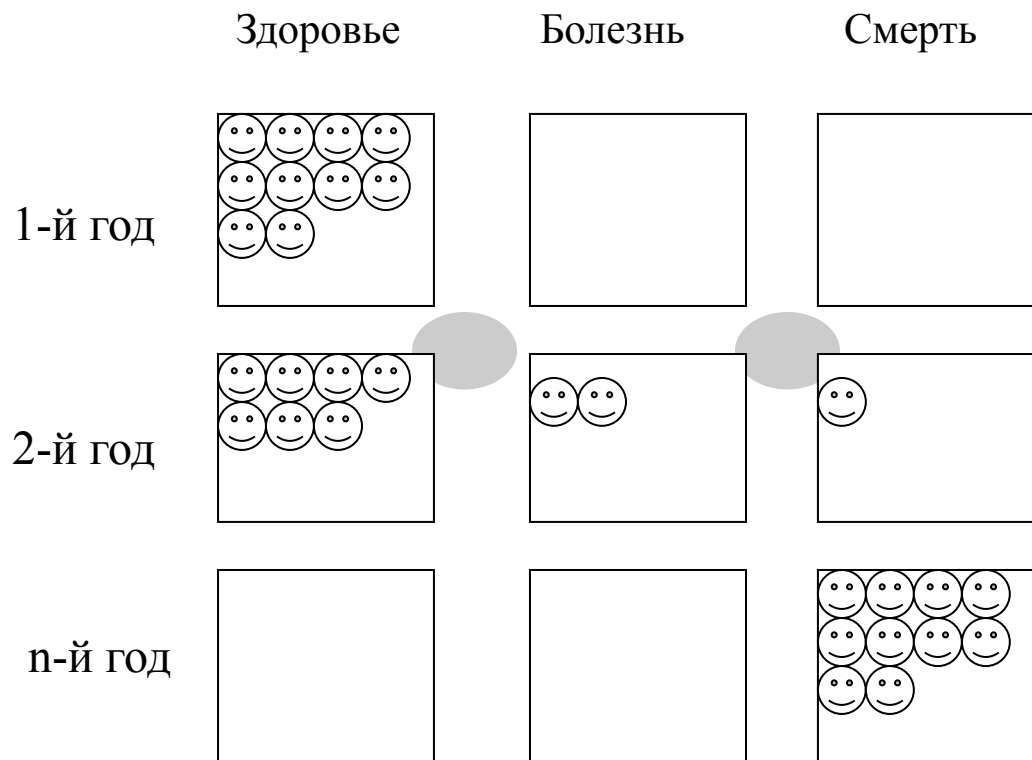
# Когортная симуляция



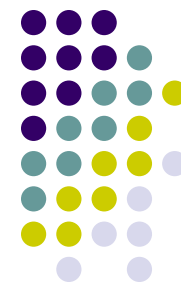
Год                      Здоровье                      Болезнь                      Смерть



# Когортная симуляция



# Когортная симуляция



Определение стоимости пребывания пациента в каждом состоянии и расчет суммарной стоимости когорты пациентов за все годы

Цикл	Здоровье	Болезнь	Смерть	Затраты	
				На цикл	Кумулятивные
0	1000				
1	600	300	100	30 000р.	30 000р.
2	360	420	220	42 000р.	72 000р.
3	216	444	340	44 400р.	116 400р.
4	130	420	450	42 000р.	158 400р.
5	78	375	547	37 488р.	195 888р.
6	47	323	630	32 323р.	228 211р.
7	28	273	699	27 258р.	255 469р.
8	17	226	757	22 646р.	278 116р.
9	10	186	804	18 621р.	296 737р.
10	6	152	842	15 199р.	311 936р.
<b>Ожидаемые затраты на одного пациента после 10 циклов =311936р./1000</b>					<b>312р.</b>

Здоровье – 0 руб.  
Болезнь – 100 руб.  
Смерть – 0 руб.

# Когортная симуляция

Расчет сохраненных лет жизни:



Цикл	Здоровье	Болезнь	Смерть	Продолжительность жизни	
				На цикл	Кумулятивные
0	1000				
1	600	300	100	900	900
2	360	420	220	780	1680
3	216	444	340	660	2340
4	130	420	450	550	2890
5	78	375	547	453	3342
6	47	323	630	370	3712
7	28	273	699	301	4013
8	17	226	757	243	4256
9	10	186	804	196	4452
10	6	152	842	158	4610
<b>Средняя выживаемость после 10 циклов, лет</b>					<b>4,61</b>

Средняя  
стоимость  
сохраненного  
года жизни  
312р/4,61года

# Возможные ошибки в моделировании



- Неправильное использование клинических данных
  - Выбор показателя эффективности
  - Экстраполяция данных из другой страны
- Ошибки в допущениях

Некоторые модели иногда «черный ящик»

# Рекомендации по моделированию ([www.ispor.org](http://www.ispor.org))



- Простота модели
- «Прозрачность» модели
- Использование достоверных данных
- Проведение анализа «чувствительности»



# Недостатки моделирования

- Данные для моделирования берутся из разных источников
- Приходится делать много допущений
- Недостаточная достоверность

# Преимущества моделирования



- Дешево
- Помогает восполнить пробелы, связанные с недостатком достоверных данных



**Спасибо за  
внимание!**

