

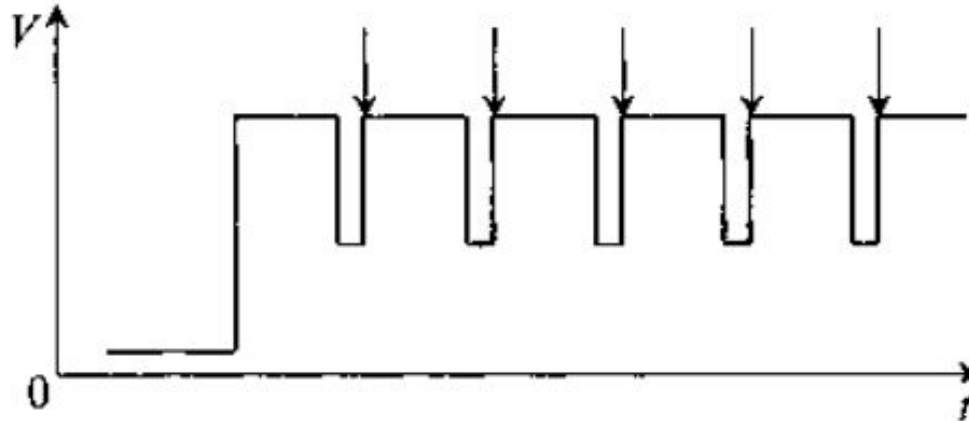
**Отъемно-доливной метод  
культивирования.  
Тубулярная культура.  
Хемотратный процесс непрерывного  
культивирования микроорганизмов**

Кочина Е.А.  
Якимова М.С.

# Отъемно-доливной (полунепрерывный) метод культивирования

- › Часть объема культуральной жидкости удаляют и вводят соответствующий объем свежей питательной среды
- › Циклы «ферментация-слив-долив» повторяются непрерывно
- › При использовании батареи биореакторов вся система непрерывно поставляет биомассу

# Отъемно-доливной (полунепрерывный) метод культивирования



**Рис. 4.4.** Изменение объема жидкости во времени в отъемно-доливном процессе ферментации. Стрелки указывают момент загрузки свежей среды

## По сравнению с многоциклическим процессом

- › Меньше отбираемая часть жидкости
- › Меньше интервалы между отборами
- › Больше число отборов

Таким образом осуществляется ЭКОНОМИЯ на посевном материале 

При расчете биореакторов задаются:

- › объемом реактора  $V$
- › концентрацией биомассы  $[X]_k$ , при которой осуществляется отбор и подпитка долей отбираемой и доливаемой жидкости  $P = V_c / V$

Концентрация после долива свежей культуры:

$$[X]_H = [X]_k * (V - V_c) / V = [X]_k (1 - P)$$

Концентрация субстрата в начале каждого из циклов:

$$[S]_H = [S]_k + P([S]_0 - [S]_k);$$

Производительность одного биореактора:

$$G_x = [X]_k * P / \tau$$

\* P зависит от  $\mu_{max}, K_s, [S]_0$

# Реальная продолжительность цикла ( $\tau_{\text{ц}}$ ) включает:

- > Время роста ( $\tau$ )
- > Продолжительность операции слива
- > Продолжительность операции долива культуральной жидкости

Ими  
пренебрегают



## Задача оптимизации

- › определение оптимальной доли отбираемой жидкости
- › определение оптимальной доли добавляемой жидкости
- › при заданных значениях  $[X]_k$  и  $t$  цикла

# Разновидности непрерывных процессов

- › Тубулярные - процессы полного вытеснения
- › Хемостатные - процессы полного перемешивания



## Тубулярный процесс

- Питательная среда и посевной материал непрерывно поступают в аппарат, в котором нет обратного смешения.

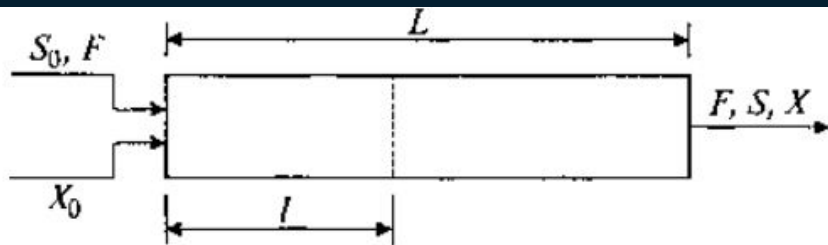


Рис.9.1. Схема тубулярного непрерывного процесса ферментации

## Тубулярный процесс

- › Необходимость непрерывной подачи посевного материала вызывает некоторую сложность
- › НО! Ее можно избежать путем организации рециркуляции

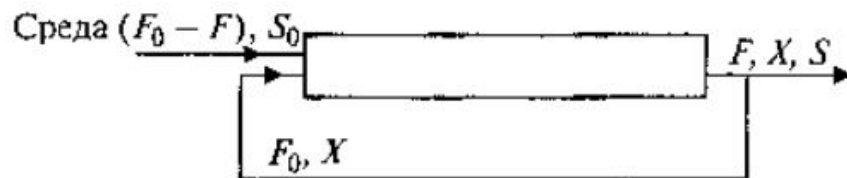


Рис. 9.2. Схема тубулярного непрерывного процесса с рециркуляцией посевного материала

# Тубулярный процесс



- › более полное истощения субстрата



- › невозможность организовать аэрацию во всех зонах по длине аппарата
- › большая склонность к инфицированию

# Хемостатный процесс непрерывного культивирования микроорганизмов



- > подводится свежая питательная среда
- > отводятся ферментационная среда, содержащая биомассу, продукт метаболизма и остатки субстрата
- > в любой точке аппарата и на выходе из него концентрации  $S$ ,  $X$  и  $P$  равны

# Хемостатный процесс непрерывного культивирования микроорганизмов

- Устанавливается стационарное состояние
- Скорость роста биомассы становится равной скорости ее вымывания из реактора

$$\frac{dX}{dt} = 0$$

- Скорость притока субстрата за вычетом оттока остаточного субстрата равна скорости его расходования на рост м/о

$$\frac{dS}{dt} = 0$$

- В таких условиях удельная скорость роста становится равной скорости разбавления  $D$

$$\mu X - DX = 0 \text{ и } \mu = D$$

# Хемостатный процесс непрерывного культивирования микроорганизмов

- Если в момент  $t_0$   $\mu \neq D$ , возникает переходный процесс по биомассе

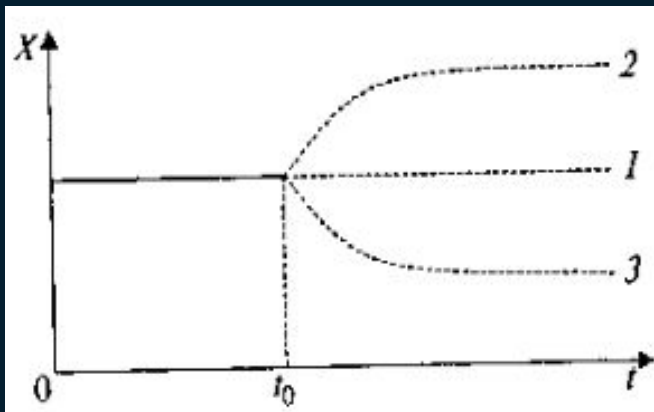


Рис. 9.4. Переходные процессы, возникающие в непрерывном хемостатном процессе при изменении скорости разбавления или удельной скорости роста биомассы:

1 — исходное состояние культуры и продолжение процесса после  $t = t_0$  при  $\mu_1 = D$ ; 2 — переходный процесс при увеличении  $\mu$  в момент времени  $t = t_0$  при  $\mu_2 > D$ ; 3 — переходный процесс при снижении  $\mu$  в момент времени  $t = t_0$  при  $\mu_3 < D$

# Хемостатный процесс непрерывного культивирования микроорганизмов

- Хемостатные кривые - графические зависимости между установившимися значениями  $X$  и  $S$  в хемостатном процессе и скоростью разбавления  $D$

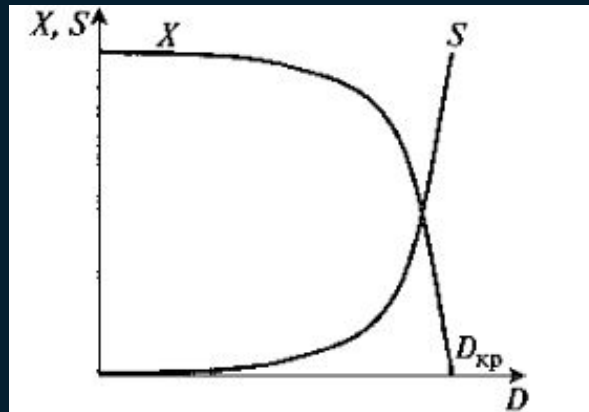


Рис. 9.5. Хемостатные кривые  $X(D)$  и  $S(D)$  в стационарном состоянии

# Хемостатный процесс непрерывного культивирования микроорганизмов

Определим, при каких значениях  $D_{кр}$  происходит вымывание культуры:

$$X = Y_{XS} \left( S_0 - \frac{K_S D}{\mu_m - D} \right) = 0; \quad (9.23)$$

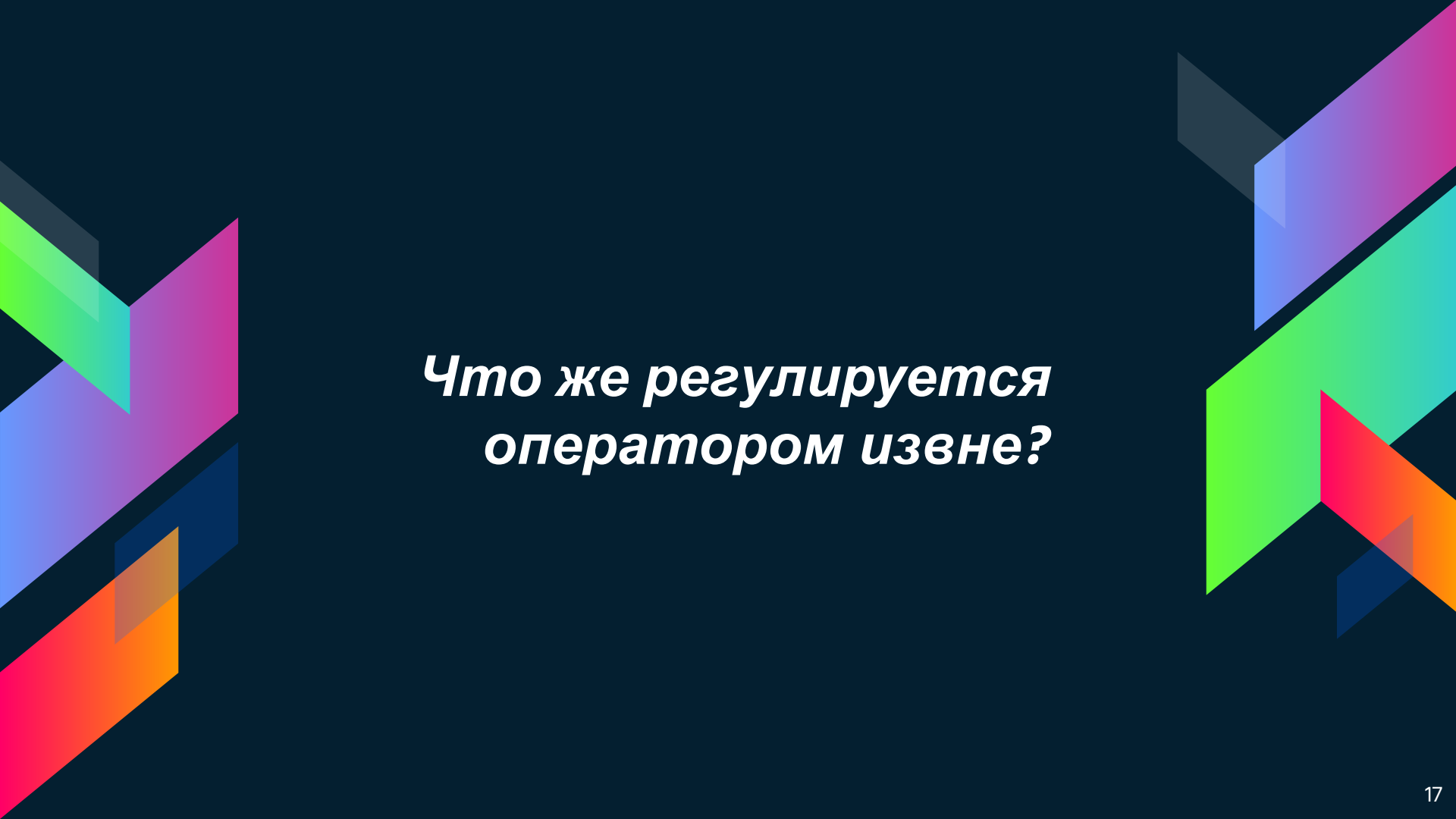
$$S_0 = \frac{K_S D_{кр}}{\mu_m - D_{кр}}; \quad D_{кр} = \frac{\mu_m S_0}{K_S + S_0}. \quad (9.24)$$

Отсюда следует, что вид хемостатной кривой зависит от  $S_0$ .  
При  $D = 0$

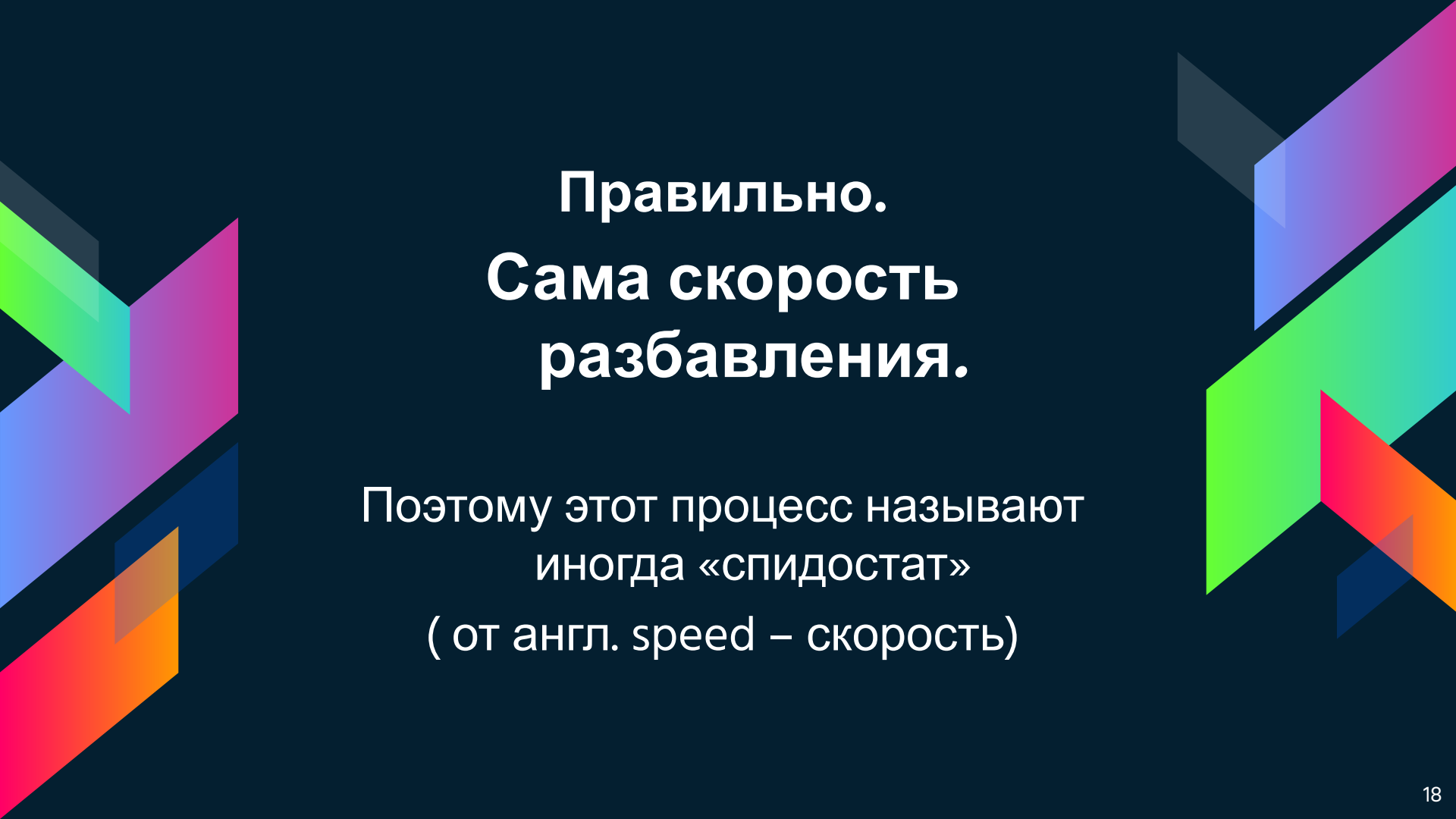
$$X = Y_{XS} S_0. \quad (9.25)$$

- Интересно, что при любом изменении концентрации субстрата во входящем потоке  $S_0$  в стационарном состоянии при заданной скорости разбавления устанавливается одна и та же остаточная концентрация субстрата  $S$  - это свойство хемостата дало ему название





*Что же регулируется  
оператором извне?*



**Правильно.  
Сама скорость  
разбавления.**

Поэтому этот процесс называют  
иногда «спидостат»  
(от англ. speed – скорость)