

# Нормализация изображений планарии методом жирных линий в биологических исследованиях

*Местецкий Леонид Моисеевич*  
Москва, МГУ, ВМК

*Тирас Харлампий Пантелеевич*  
Пушино, Пушинский естественно-научный институт

Всероссийская конференция ММРО-17  
г. Светлогорск, 19–25 сентября 2015 г.

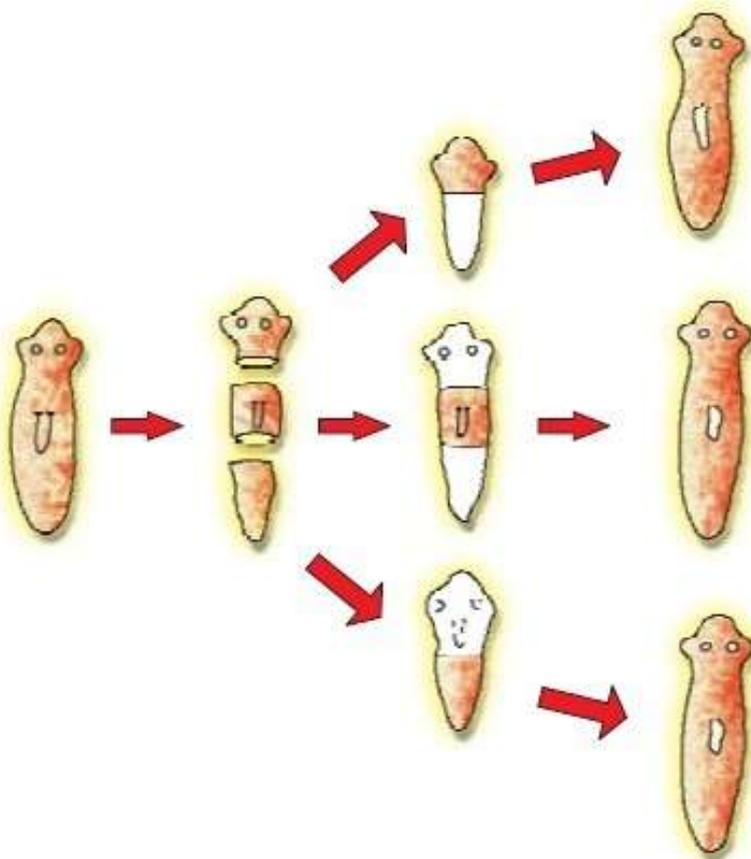
# Планарии



**Планарии** – это плоские черви с волосяным покровом в виде мелких ресничек. В основном обитают в пресноводных водоёмах.

Известны тысячи видов планарии, размерами взрослые особи могут быть от нескольких миллиметров до 35 см.

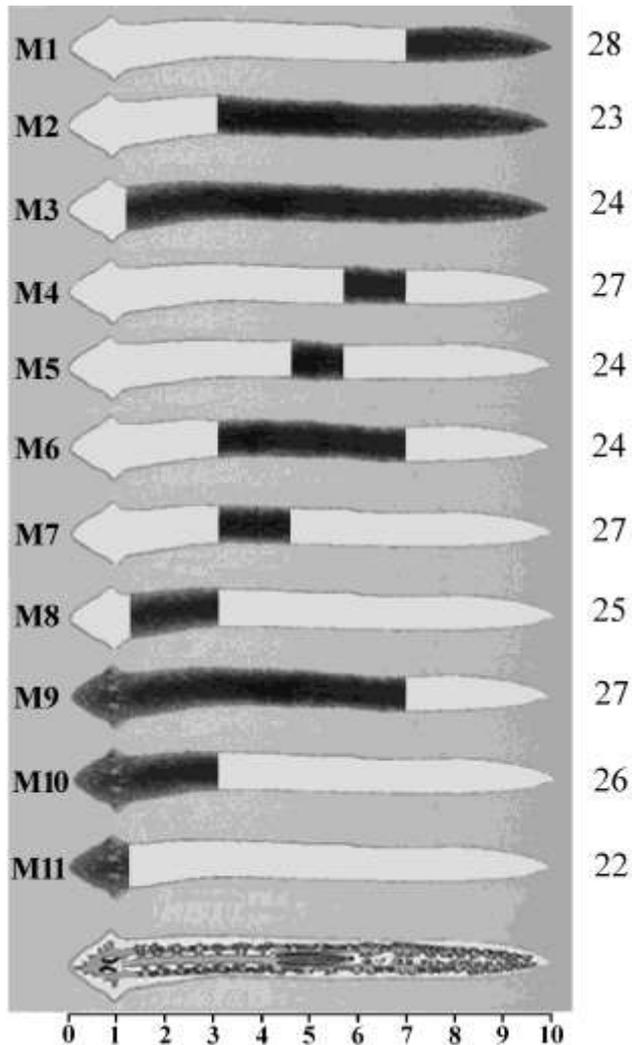
# Регенерация планарий



Ресничные плоские черви планарии обладают выдающимися способностями к регенерации - отрастанию утраченных частей тела после поперечной перерезки.

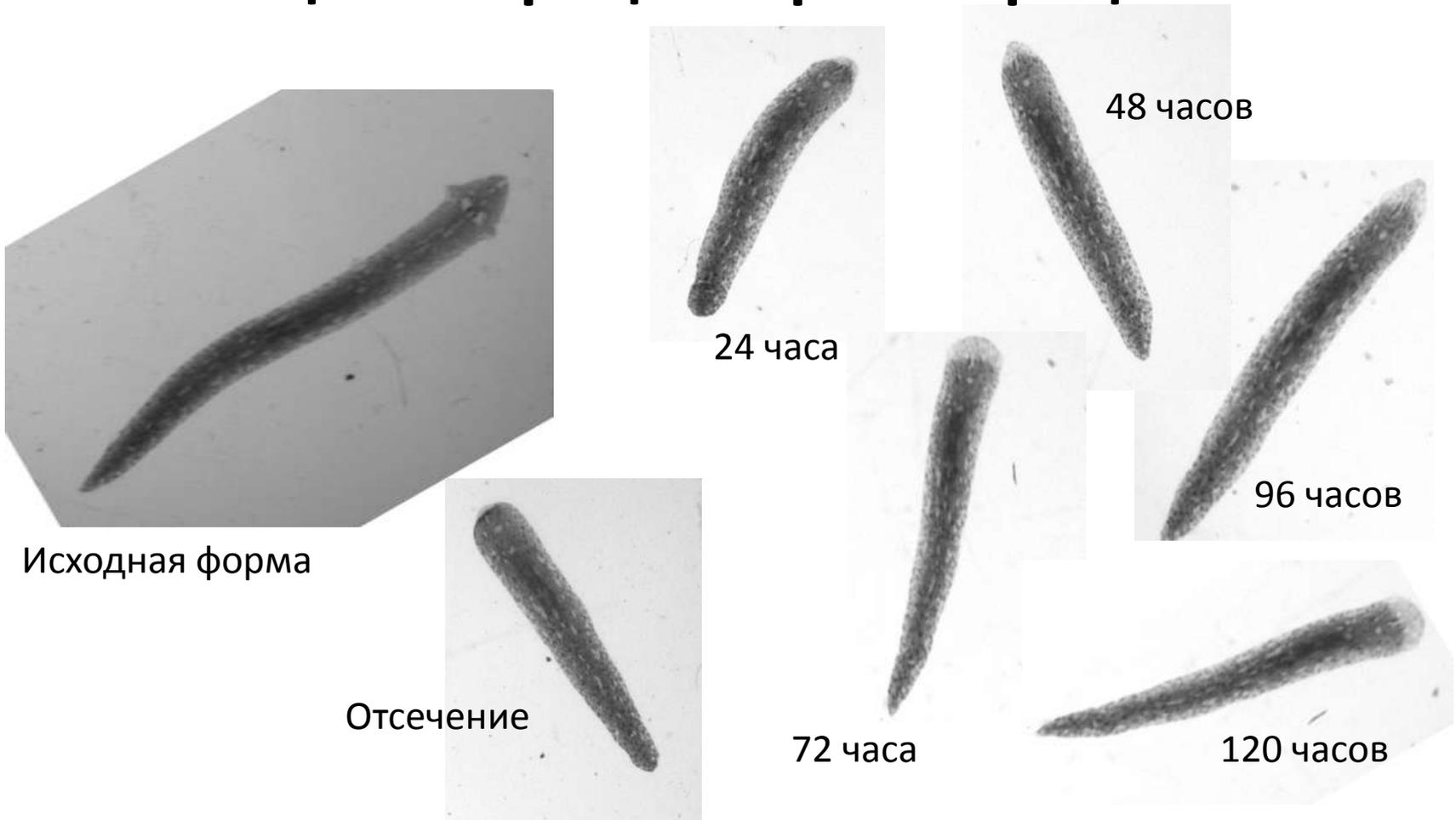
Планарии являются классической моделью для исследования процессов восстановления и обновления органов и тканей уже более 200 лет.

# Модели регенерации планарий



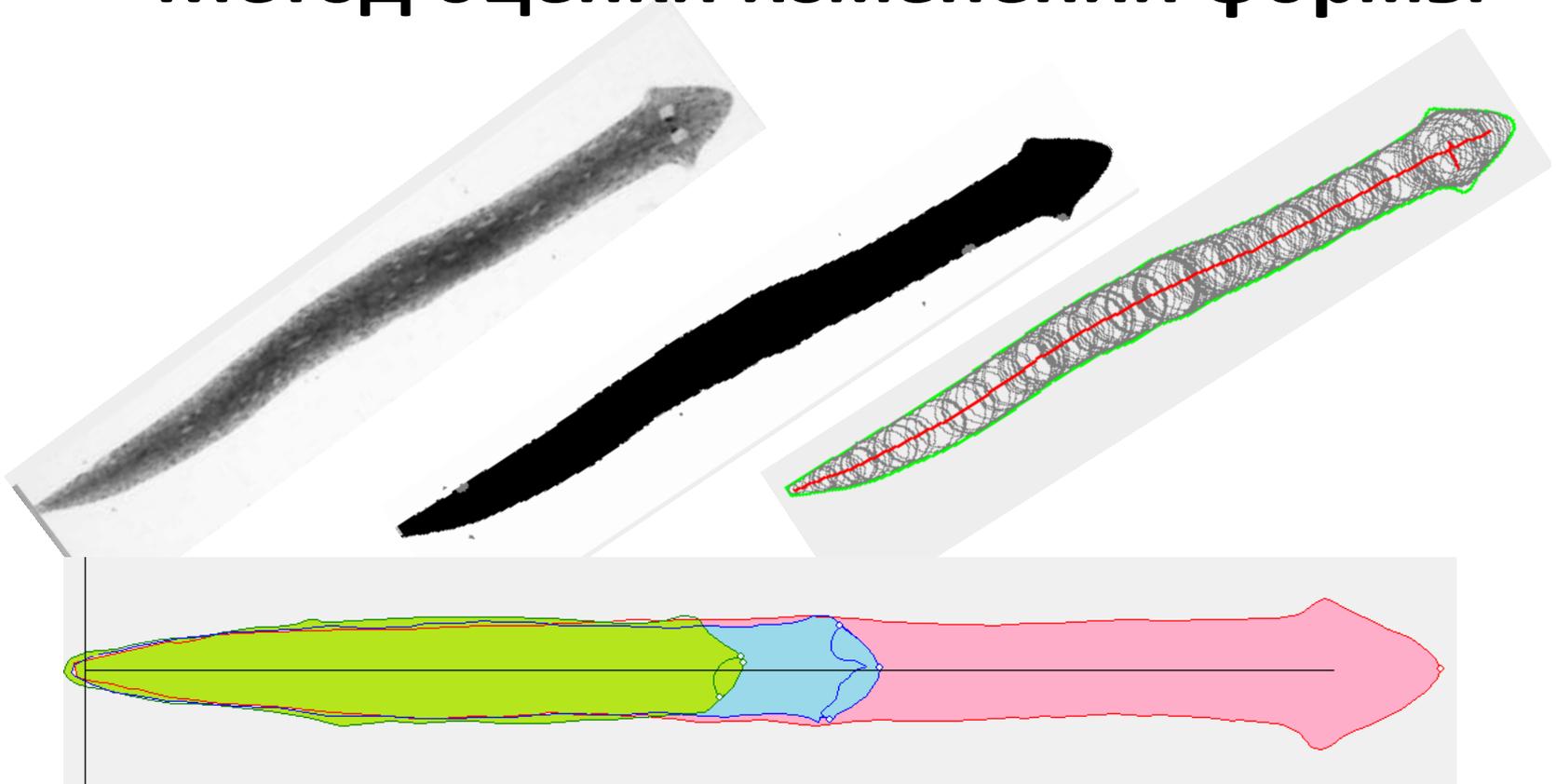
- Регенерирующие фрагменты окрашены в тёмные цвета, а ампутированные части - в светлые.

# Морфометрия планарий – количественная оценка процесса регенерации



Регенерация планарии через 1, 2, 3, 4, 5 суток

# Метод оценки изменений формы



- Сегментация – отделение объекта от фона
- Построение непрерывной модели
- Нормализация – деформация (распрямление)
- Сравнение формы разных изображений

# Задача сегментация планарий



B2\_2.bmp



B2\_3.bmp



B2\_4.bmp



B2\_5.bmp



B5\_1.bmp



B5\_4.bmp



B5\_5.bmp



B6\_1.bmp



B6\_2.bmp



B6\_3.bmp



D1\_1.bmp



D1\_2.bmp



D1\_3.bmp



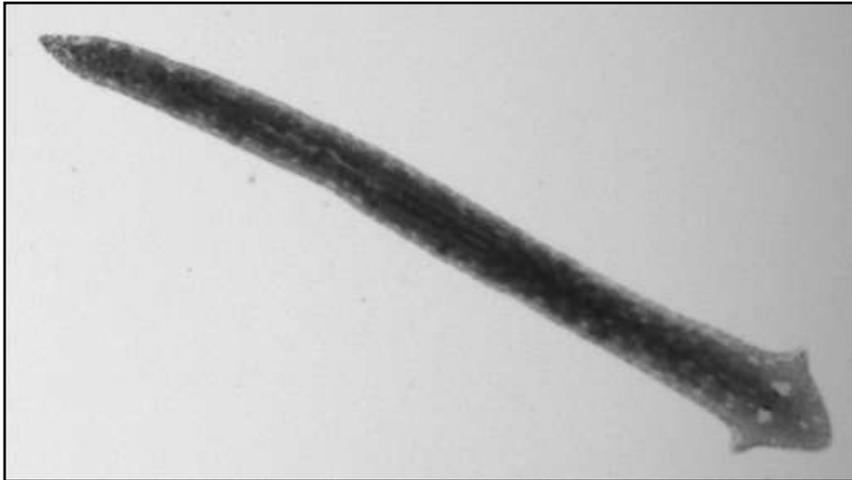
D1\_4.bmp



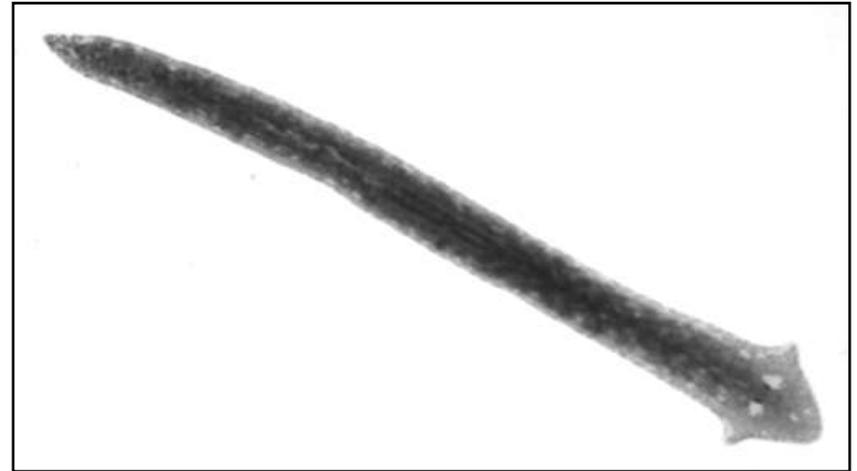
D1\_5.bmp

- Локализация объекта в изображении  $1388 \times 1040$
- Выравнивание яркости (вычисление фона)
- Выделение объекта (бинаризация)

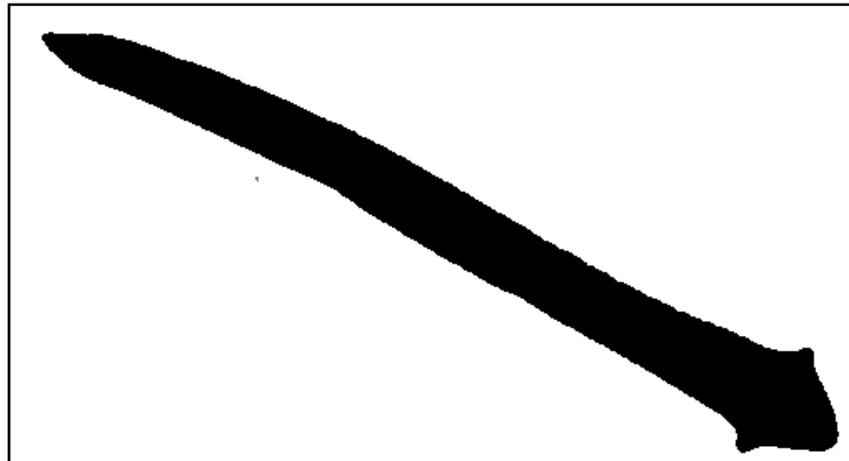
# Сегментация



Локализация объекта в изображении

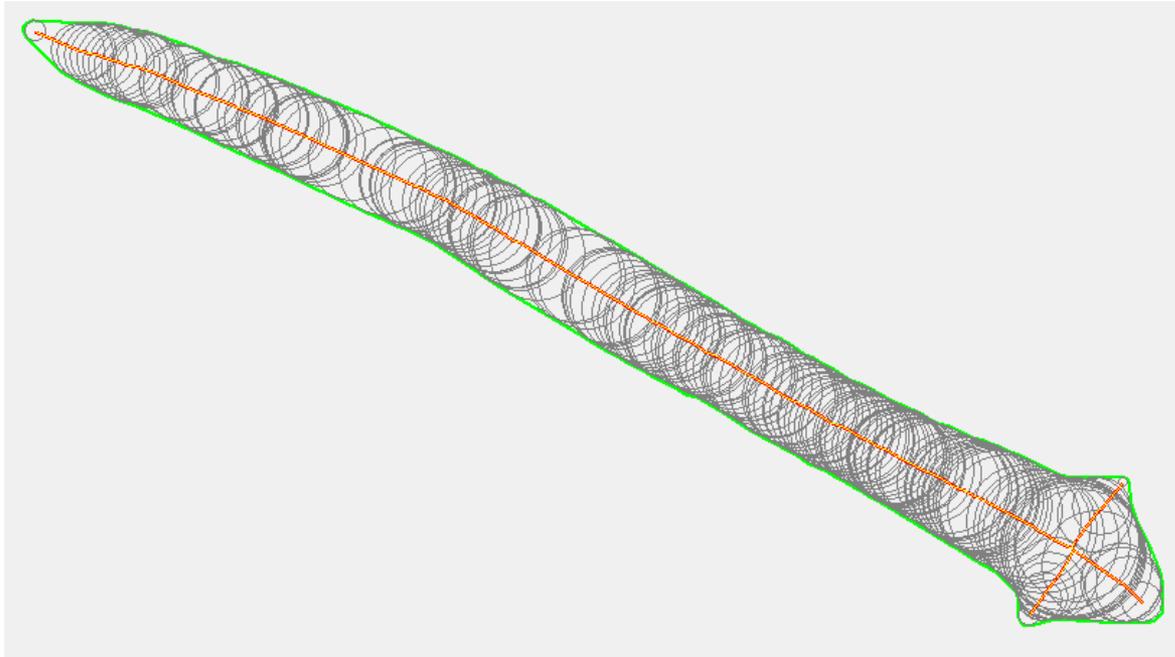


Выравнивание яркости (вычисление фона) и деление «образ : фон»



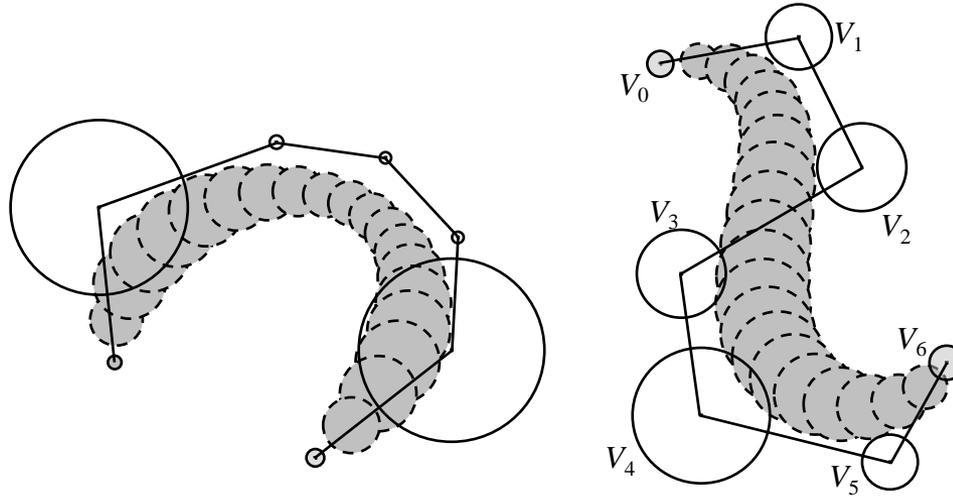
Выделение объекта (пороговая бинаризация)

# Непрерывная модель – медиальное представление



- Аппроксимация границы многоугольником
- Построение скелета многоугольника – линии центров вписанных окружностей
- Построение радиальной функции скелета, определяющей радиусы вписанных окружностей

# Жирные кривые



$$V=(x,y,r)$$

$$\sum_{j=0}^m V_j B_j^m(t), \quad t \in [0,1]$$

$$V = \{V_0, V_1, \dots, V_m\}$$

$$B_j^m(t) = \frac{m!}{(m-j)!j!} (1-t)^{m-j} t^j$$

$$j = 0, \dots, m \quad t \in [0,1]$$

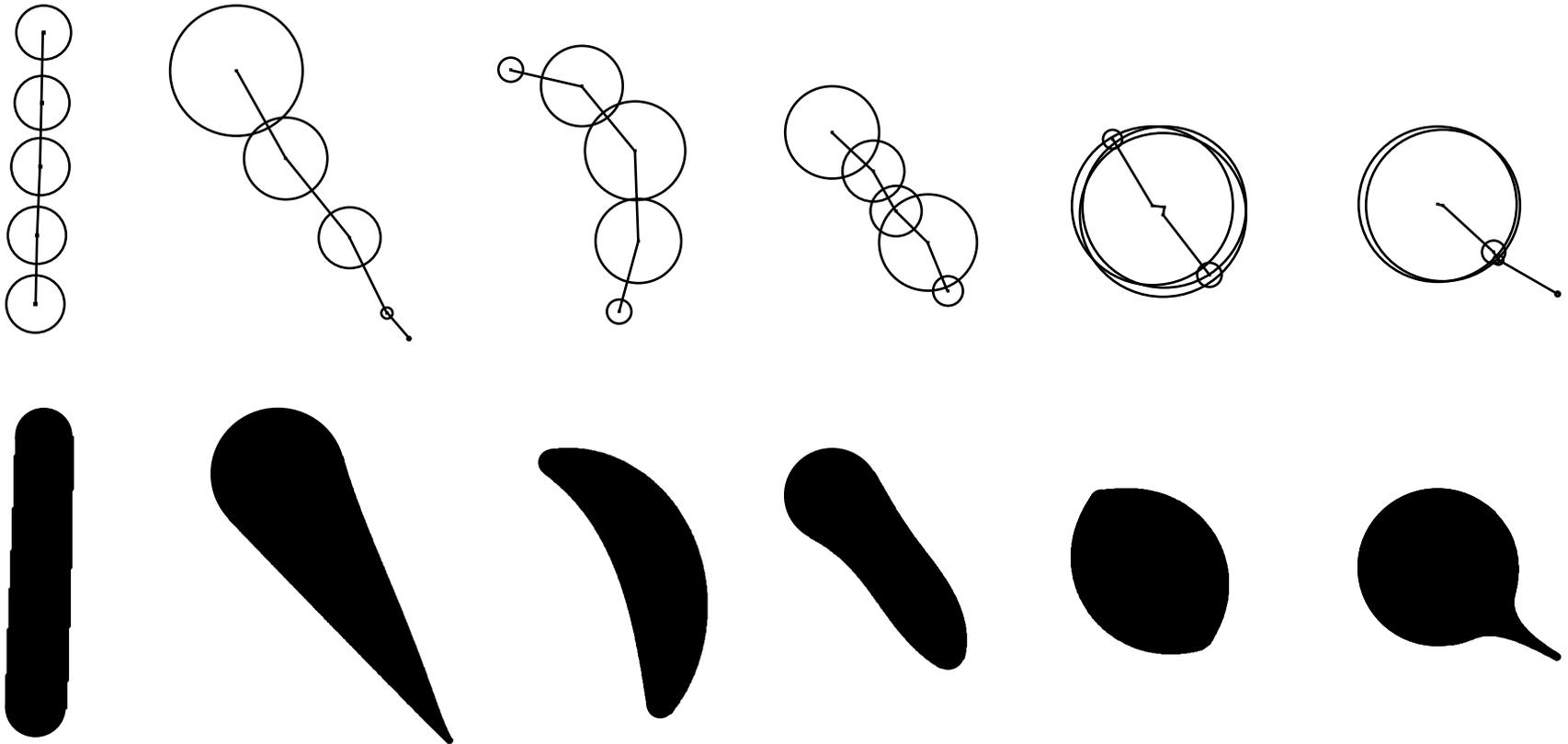
– окружность с центром  $(x,y)$  и радиусом  $r$

- кривая Безье  $m$ -го порядка

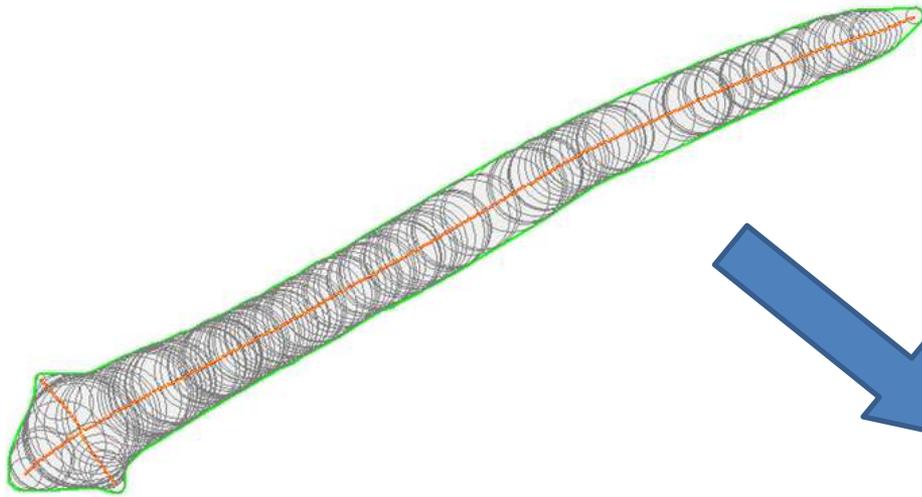
- характеристический многоугольник  
кривой Безье

- полиномы Бернштейна

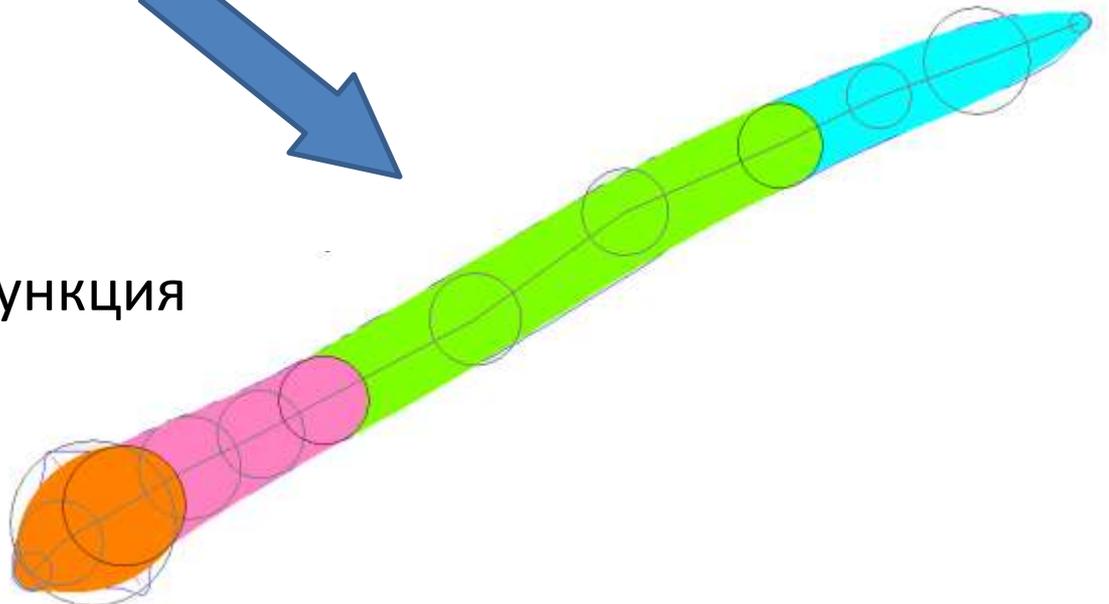
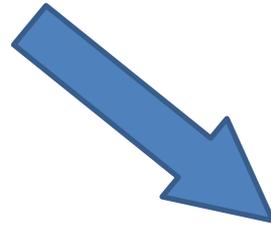
# Подгонка жирных кривых Безье



# Непрерывная модель – Жирная кривая

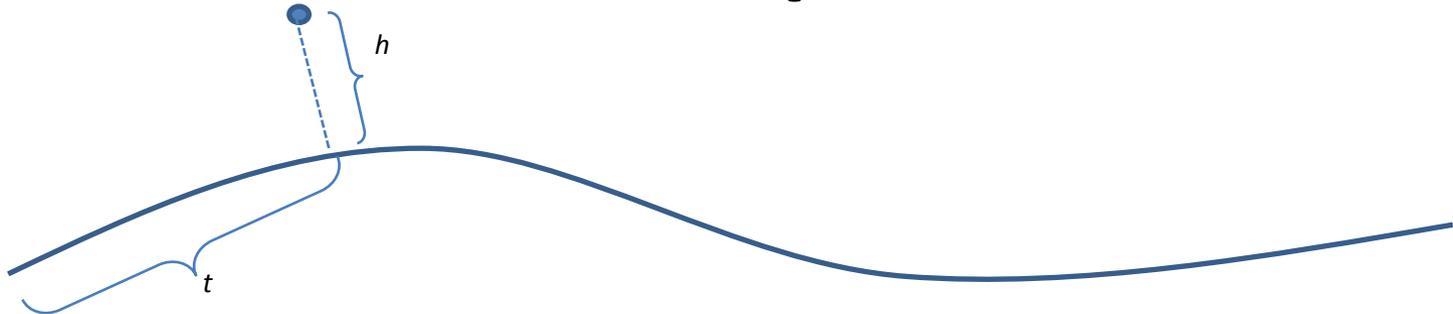


Скелет + Радиальная функция



Составная жирная кривая Безье 3 степени

# Нормализация – распрямление планарии



Координаты точки относительно оси жирной кривой

$t$  – параметр точки проекции

$h$  – расстояние до кривой



Преобразование границы в координаты  $(t, h)$

# Сравнение формы



1.bmp



2.bmp



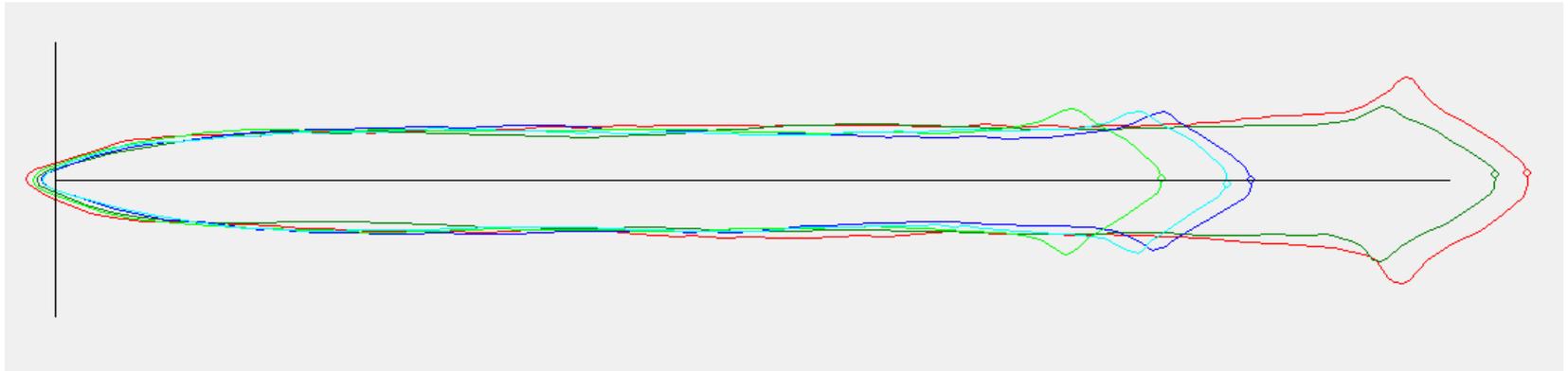
3.bmp



4.bmp

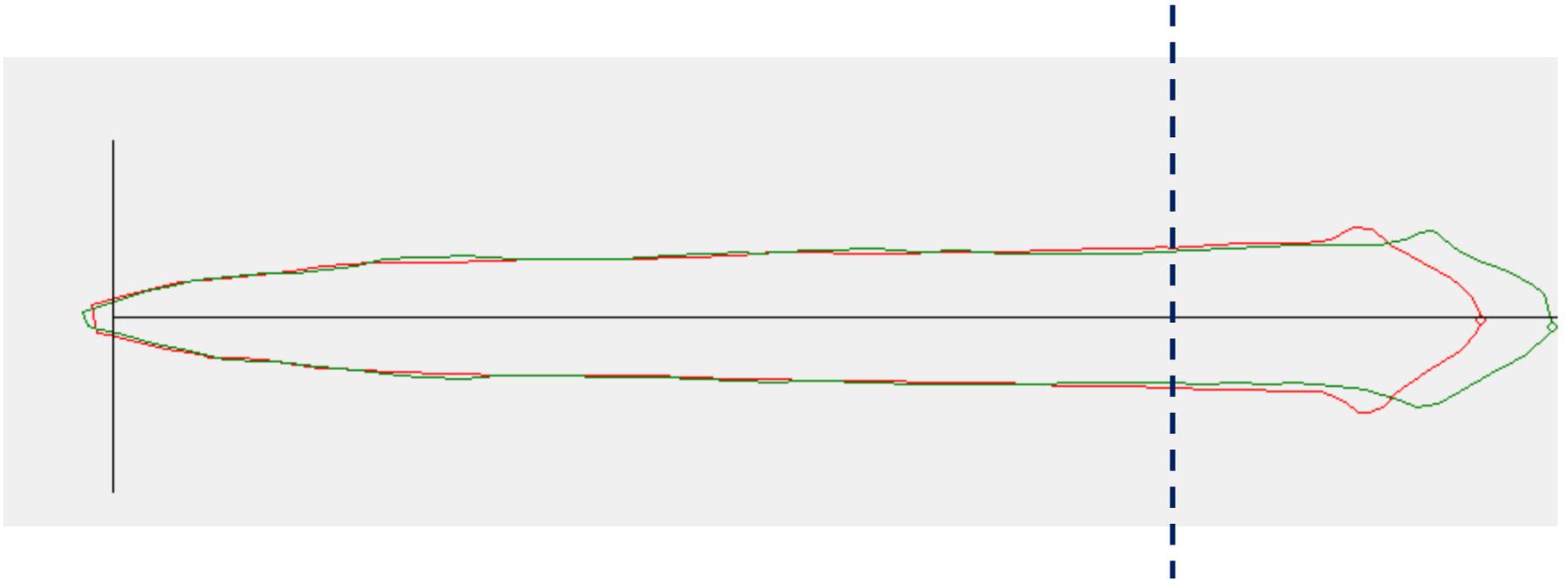


5.bmp



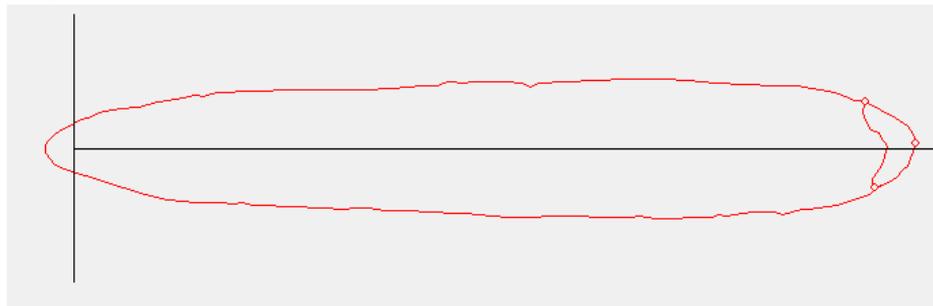
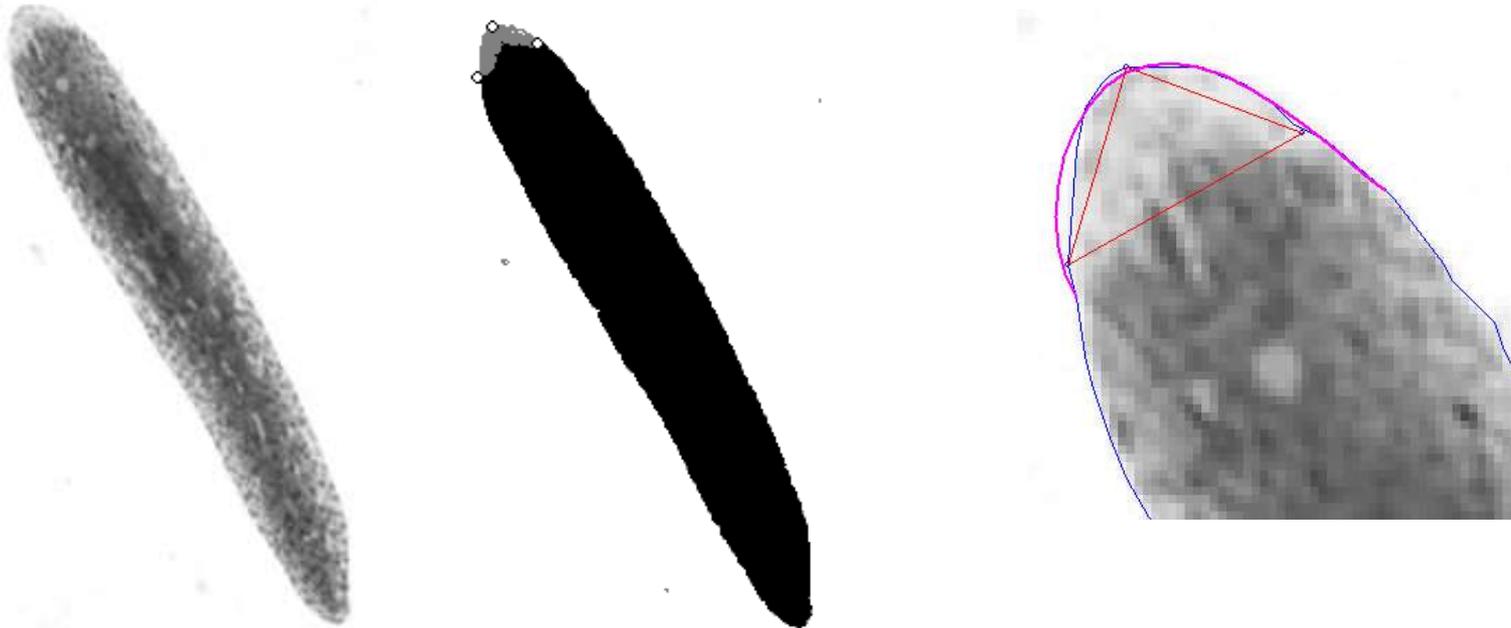
Наложение нормализованных изображений

# Обнаружение «шеи»



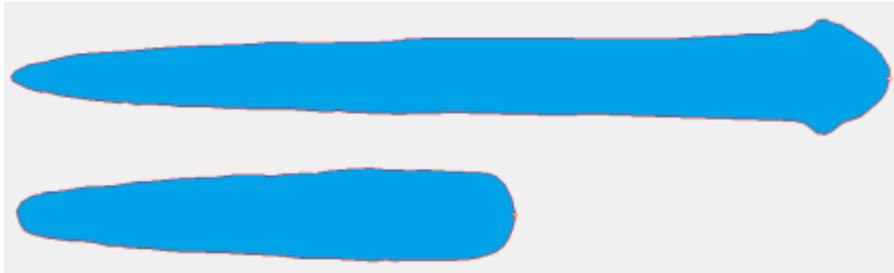
Определение вытягивающейся части тела планарии

# Сегментация бластемы

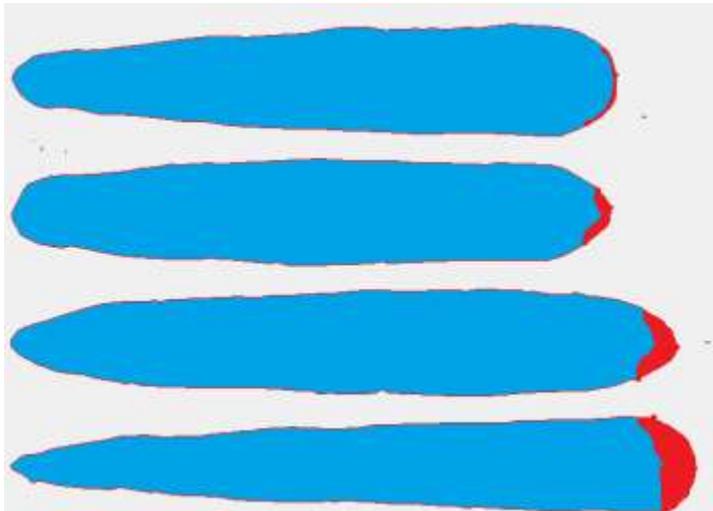


Векторное представление бластемы регенерирующей планарии позволяет оценить скорость регенерации

# Морфометрия регенерации



- Исходная форма
- 12 часов после перерезки



- 24 часа
- 48 часов
- 72 часа
- 120 часов

Изменение бластемы регенерирующей планарии в течение пяти суток после перерезки

# Описание формы бластемы

- Описание изменения размера бластемы – фактор роста
- Описание изменения формы бластемы – фактор морфогенеза

# Экспериментальные задачи

- Экологический мониторинг и качество воды
- Биотестирование фармпрепаратов
- Контроль качества пищевых продуктов и БАД

