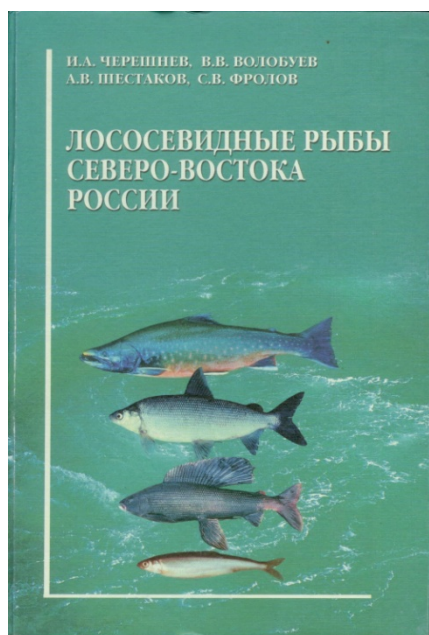


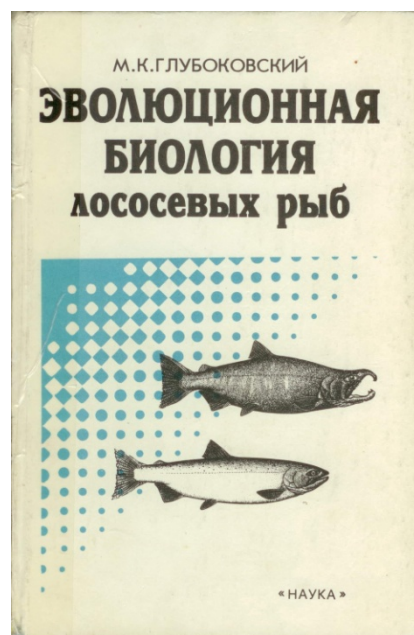
A photograph of a stream with many salmon jumping over a weir. The fish are in various stages of jumping, with some fully in the air and others just starting or landing. The water is turbulent and splashing. The background shows a grassy bank and some trees.

Генетическая история лососевых рыб рода *Oncorhynchus*

Л.А. ЖИВОТОВСКИЙ
ИОГен РАН
ВНИРО



И.А. Черешнев и
др. 2002



М.К. Глубоковский
1995



Д.С. Павлов, К.А
Савваитова и др.
2001

ИКА, 2015, том 51, № 5, с. 584–599

ОБЗОРНЫЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СТАТЬИ

57.5:57.06:575.8:597.55.2

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ ИСТОРИЯ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ РОДА *Oncorhynchus*

© 2015 г. Л. А. Животовский

Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова Российской академии наук,

Москва 119991

e-mail: levazh@gmail.com

Поступила в редакцию 30.10.2014 г.

Дан обзор генетических подходов к решению важных проблем эволюционной биологии лососевых рыб с акцентом на тихоокеанских лососей и форелей. Рассматриваются генетические проблемы филогении лососевых рыб, среди которых вопросы соответствия/несоответствия топологий филогенетических деревьев, построенных по генетическим и фенотипическим признакам, датировки основных филогенетических событий, отношения родства между различными таксонами, в т.ч. взаимный статус тихоокеанских лососей и форелей, и др. Рассмотрены проблема тетраплоидизации лососевых рыб, дилемма их пресноводного/морского происхождения, моноцикличность жизненного цикла ряда видов.

DOI: 10.7868/S0016675815050100

Класс Salmoniformes (Лососеобразные)

Семейство Salmonidae (Лососевые рыбы)

Подсемейство Coregoninae (Сиговые)

- Род *Coregonus* – сиги
- Род *Prosopium* – вальки
- Род *Stenodus* – нельмы

Подсемейство Thymallinae (Хариусовые)

- Род *Thymallus* – хариусы

Подсемейство Salmoninae (Лососевые)

- Род *Brachymystax* – ленки
- Род *Hucho* – таймени
- Род *Parahucho* – сахалинский таймень
- Род *Salvelinus* – гольцы

Класс Salmoniformes (Лососеобразные)

Семейство Salmonidae (Лососевые рыбы)

Подсемейство Coregoninae (Сиговые)

- Род *Coregonus* – сиги
- Род *Prosopium* – вальки
- Род *Stenodus* – нельмы

Подсемейство Thymallinae (Хариусовые)

- Род *Thymallus* – хариусы

Подсемейство Salmoninae (Лососевые)

- Род *Brachymystax* – ленки
- Род *Hucho* – таймени
- Род *Parahucho* – сахалинский таймень
- Род *Salvelinus* – гольцы

Владыков 1963
Глубоковский, Глубоковская 1981

Класс Salmoniformes (Лососеобразные)

Семейство Salmonidae (Лососевые рыбы)

Подсемейство Coregoninae (Сиговые)

- Род *Coregonus* – сиги
- Род *Prosopium* – вальки
- Род *Stenodus* – нельмы

Подсемейство Thymallinae (Хариусовые)

- Род *Thymallus* – хариусы

Подсемейство Salmoninae (Лососевые)

- Род *Brachymystax* – ленки
- Род *Hucho* – таймени
- Род *Parahucho* – сахалинский таймень
- Род *Salvelinus* – гольцы

Класс Salmoniformes (Лососеобразные)

Семейство Salmonidae (Лососевые рыбы)

Подсемейство Coregoninae (Сиговые)

- Род *Coregonus* – сиги
- Род *Prosopium* – вальки
- Род *Stenodus* – нельмы

Подсемейство Thymallinae (Хариусовые)

- Род *Thymallus* – хариусы

Подсемейство Salmoninae (Лососевые)

- Род *Brachymystax* – ленки
- Род *Hucho* – таймени
- Род *Parahucho* – сахалинский таймень
- Род *Salvelinus* – гольцы

Кто из них сестринский к т/о лососям и форелям?

Основные вопросы

Филогения тихоокеанских лососей и форелей.

Тетраплоидное происхождение лососевых рыб.

Анадромность: пресноводное или морское происхождение лососевых рыб?

Моноцикличность тихоокеанских лососей.

ФИЛОГЕНИЯ ТИХООКЕАНСКИХ ЛОСОСЕЙ И ФОРЕЛЕЙ

Филогения: Методы и проблемы.

Структура рода *Oncorhynchus* по ДНК-маркерам.

Соответствие/несоответствие
молекулярной и морфологической
филогений.

НУКЛЕОТИДНЫЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ

ААТАСGGT**C**GАТТТССТТАGGAAGAGATCTCTC
ААТАСGGTTGАТТТССТТАGGAAG АТСТСТС

Стохастичность (*неизбежность*)

Селективная нейтральность (*требование*)

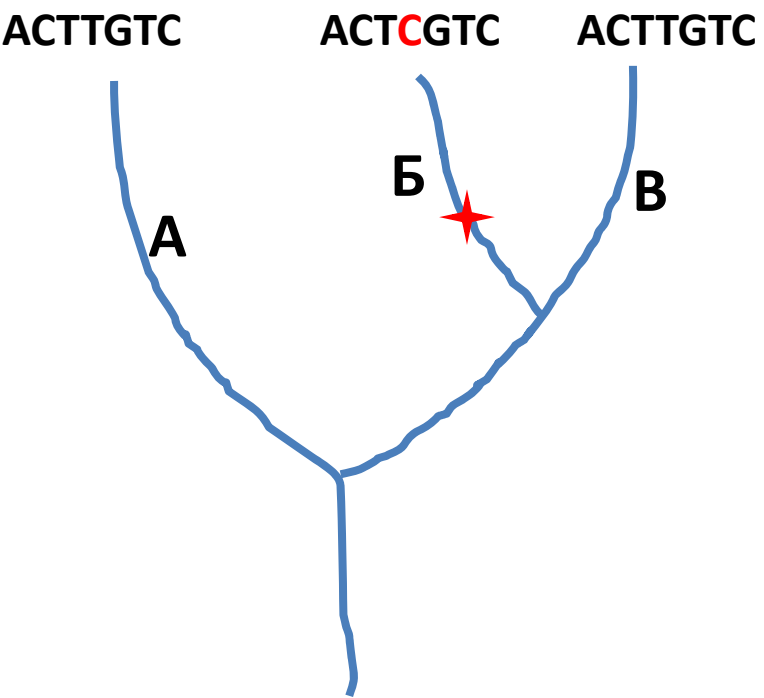
Ассоциативные изменения (*опасность*)

Различия в темпах замещения (*опасность*)

Различные участки генома (*осторожно!*)

Различные методы кластеризации (*осторожно!*)

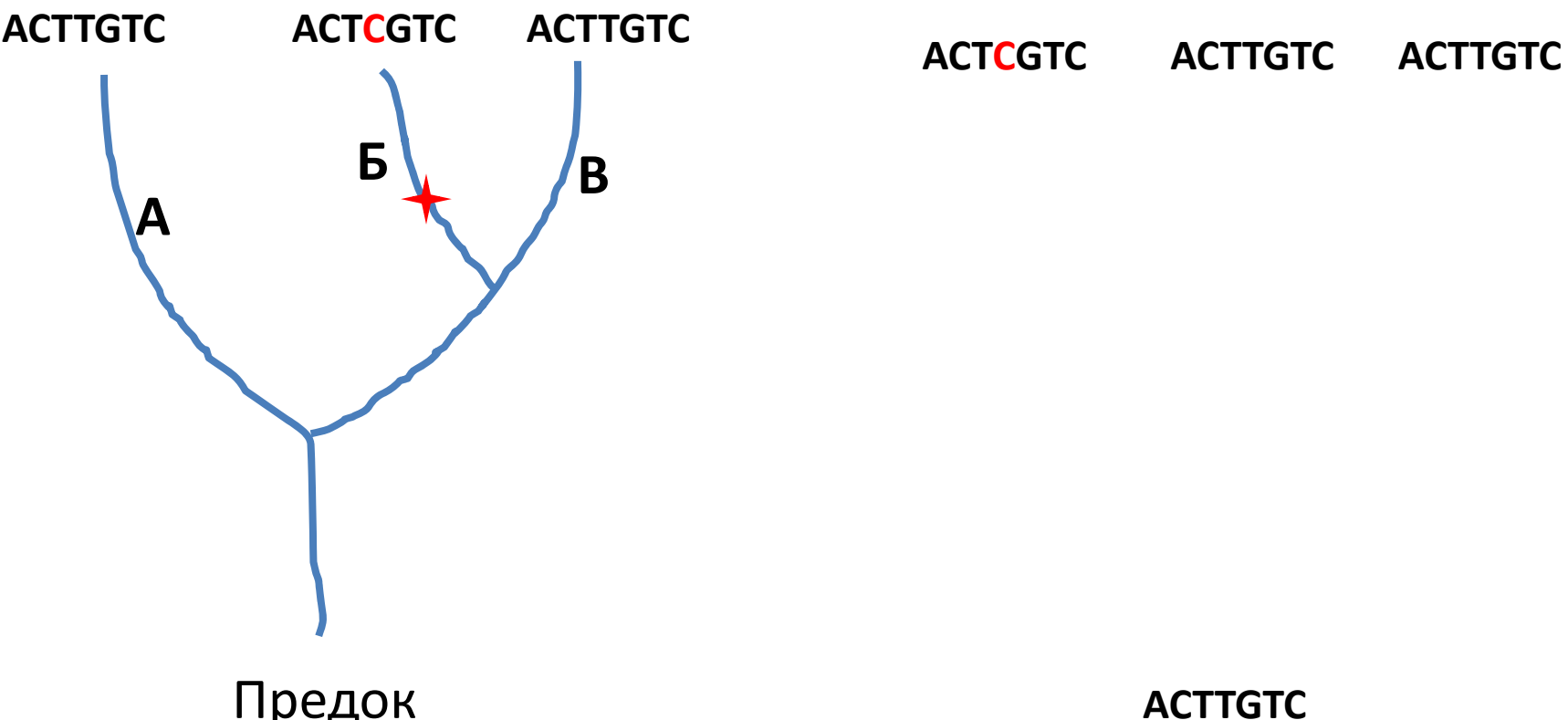
Стохастичность



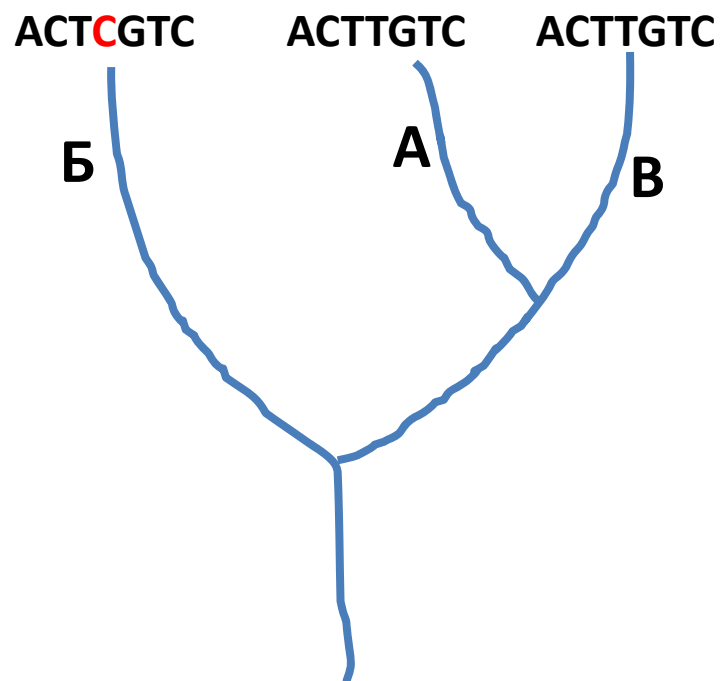
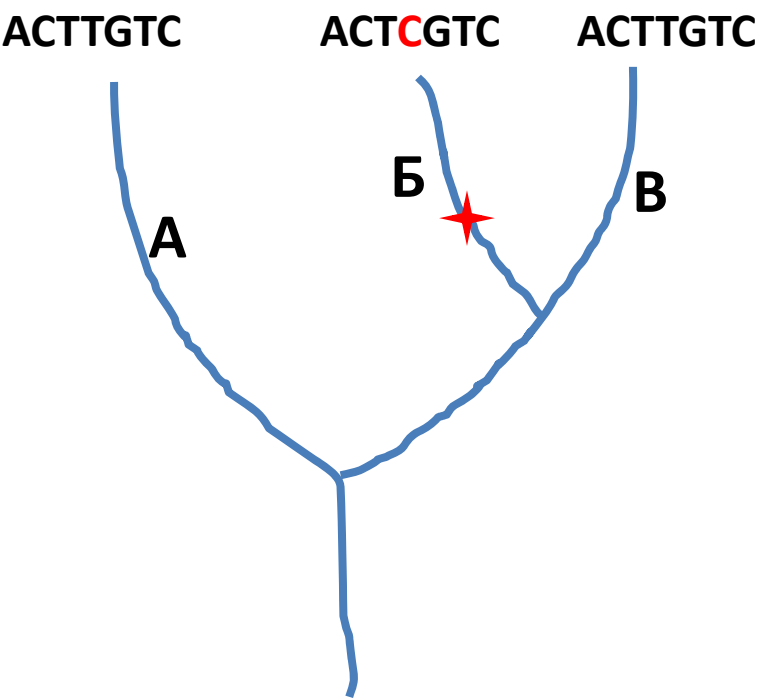
A	АСТТGTC
Б	АСТCGTC
В	АСТТGTC

Предок

Стохастичность



Стохастичность



Предок

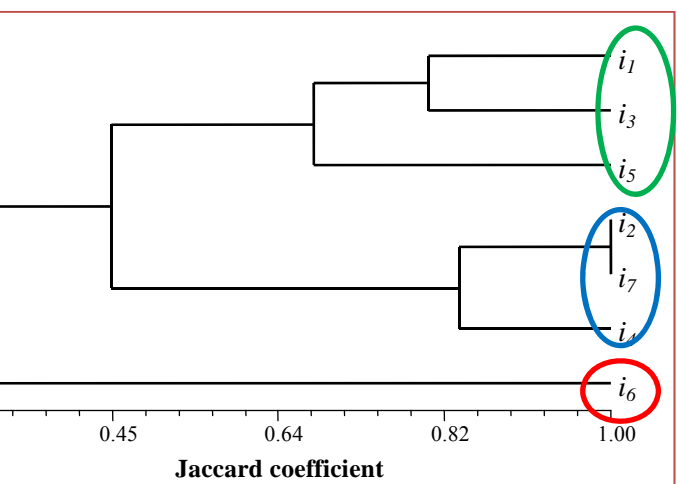
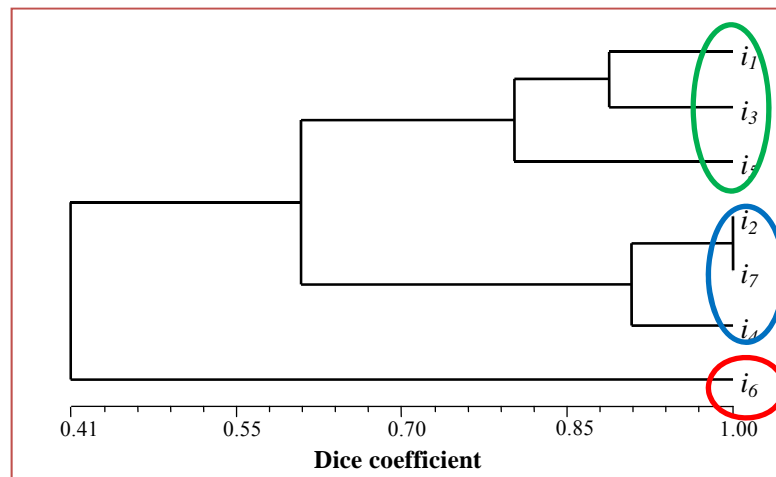
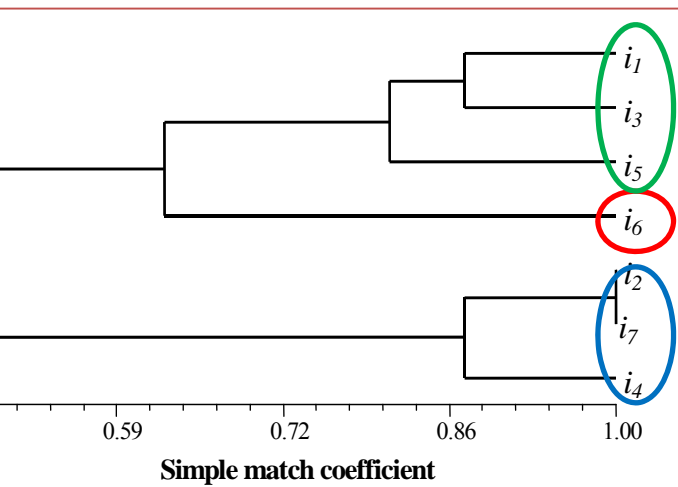
АСТТGTC

Пример. Пусть 7 группировок
тестировано по 8 бинарным признакам

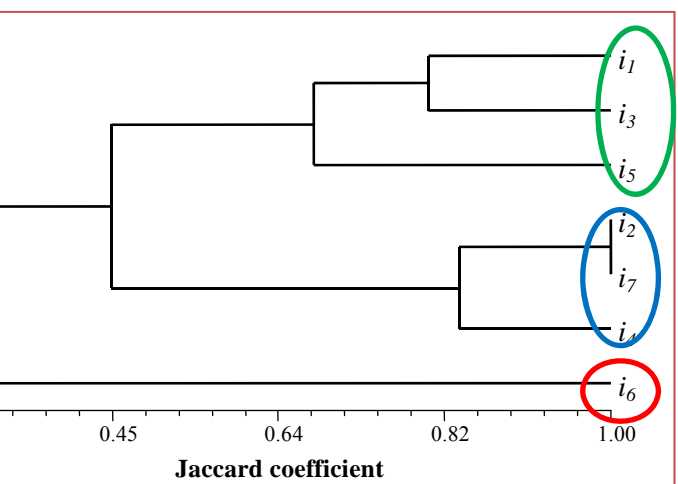
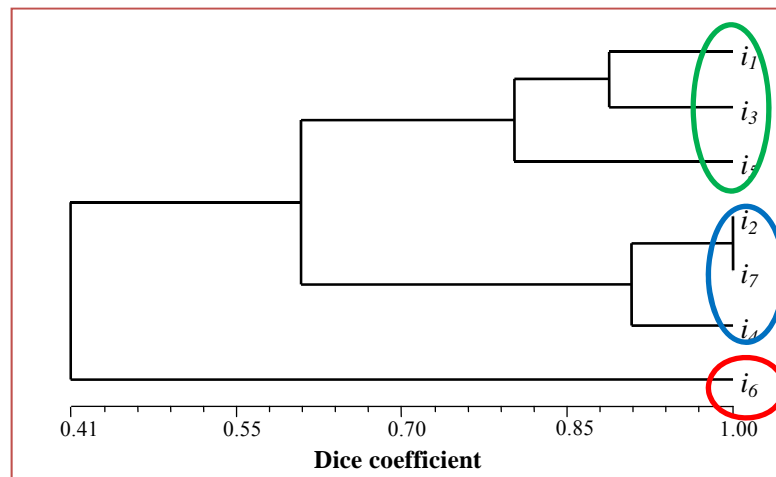
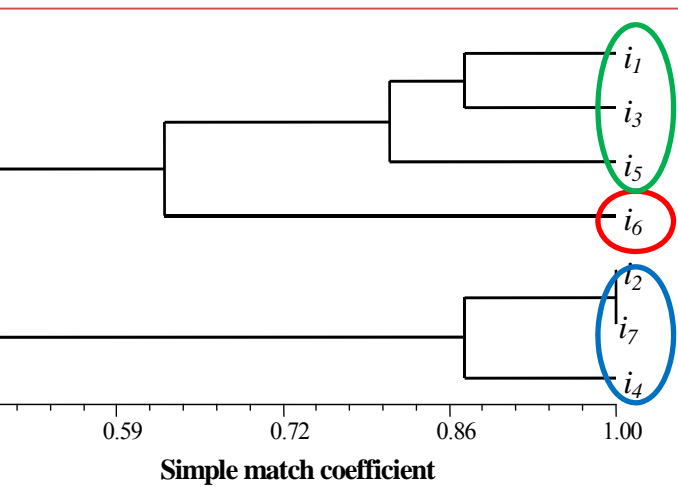
i_1	1	1	1	1	0	0	0	0
i_2	0	1	1	1	1	1	1	0
i_3	1	1	1	1	1	0	0	0
i_4	0	1	1	1	1	1	0	0
i_5	1	1	1	0	0	0	0	0
i_6	1	1	0	0	0	0	0	1
i_7	0	1	1	1	1	1	1	0

Пример. Пусть 7 группировок
тестировано по 8 бинарным признакам

i_1	1	1	1	1	0	0	0	0
i_2	0	1	1	1	1	1	1	0
i_3	1	1	1	1	1	0	0	0
i_4	0	1	1	1	1	1	0	0
i_5	1	1	1	0	0	0	0	0
i_6	1	1	0	0	0	0	0	1
i_7	0	1	1	1	1	1	1	0

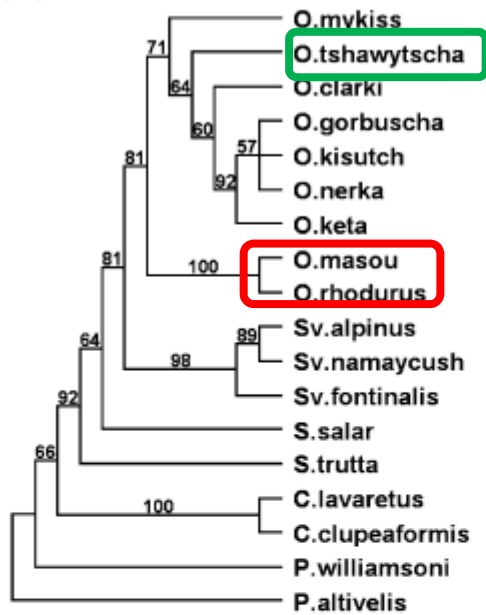


Дендрограммы, построенные методом UPGMA по трем разным метрикам

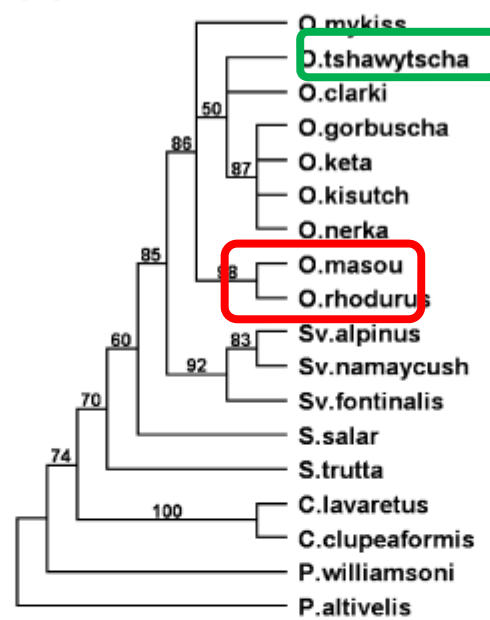


Дендрограммы, построенные методом UPGMA по трем разным метрикам

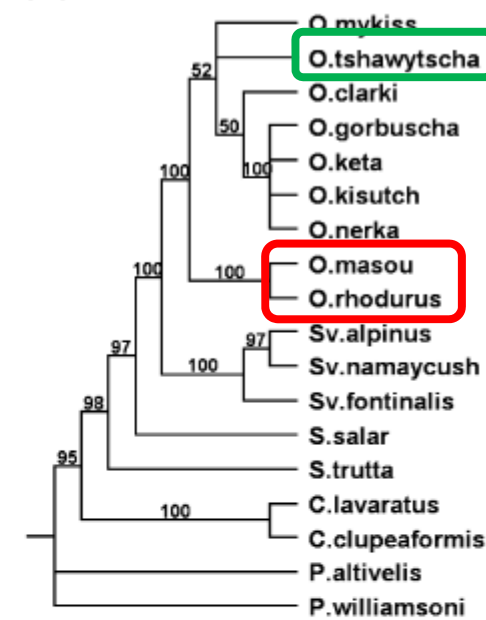
(K) MP: ND3



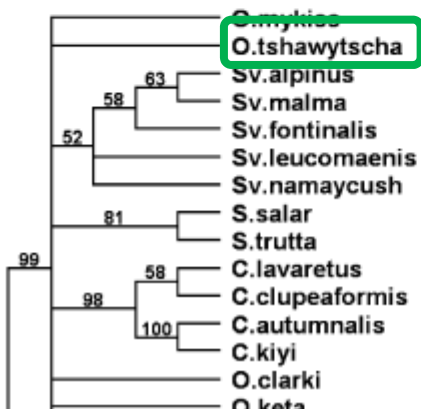
(K) ML: ND3



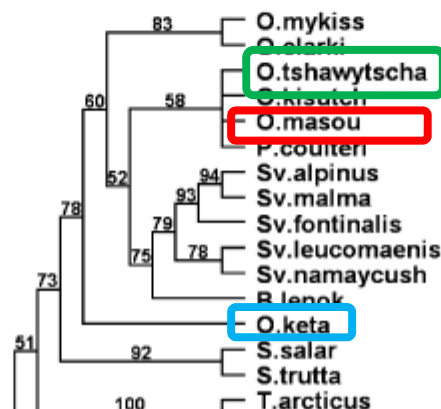
(K) BAY: ND3



(L) MP: DLOOP



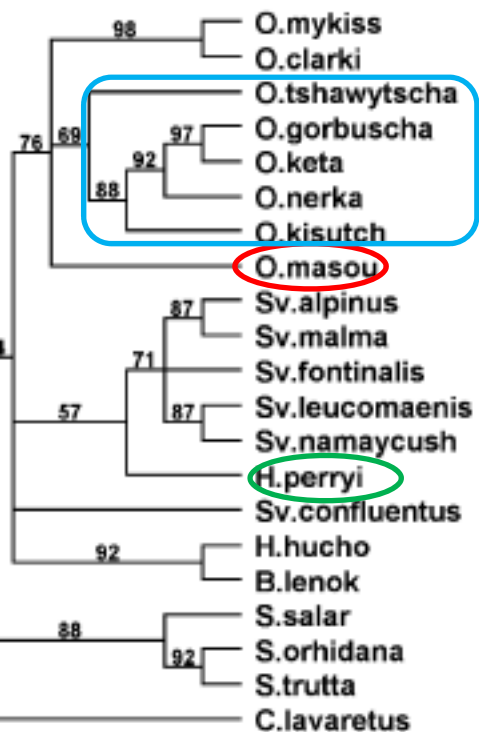
(L) BAY: DLOOP



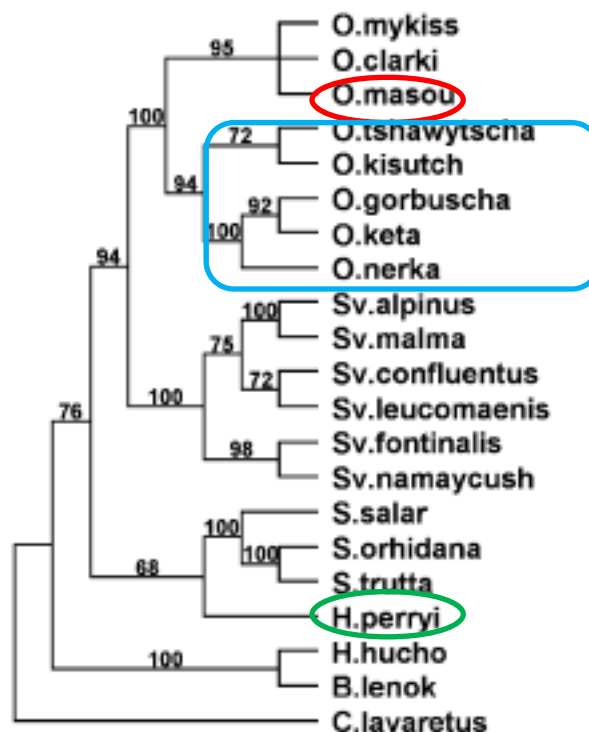
Различные фрагменты
ДНК и различные
методы кластеризации
(по: Crespi and Fulton)

Различные участки генома и различные методы кластеризации (по: Crespi and Fulton 2004)

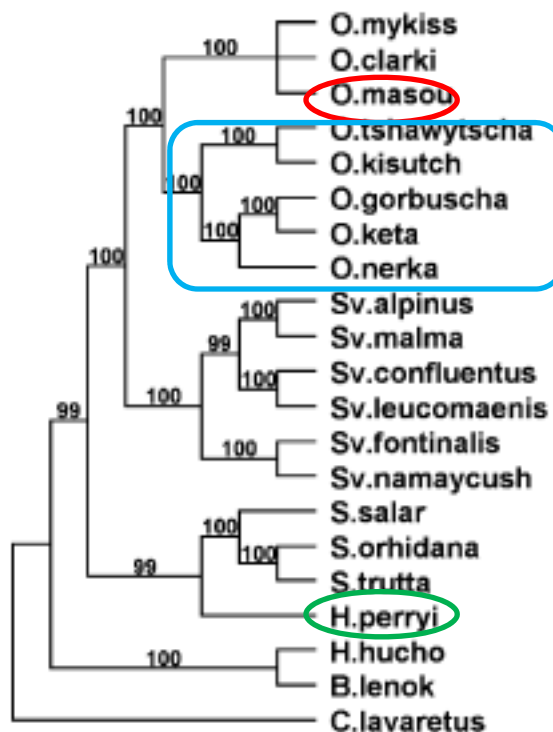
(A) BAY: mtDNA



(B) MP: nDNA (ex. MHC)

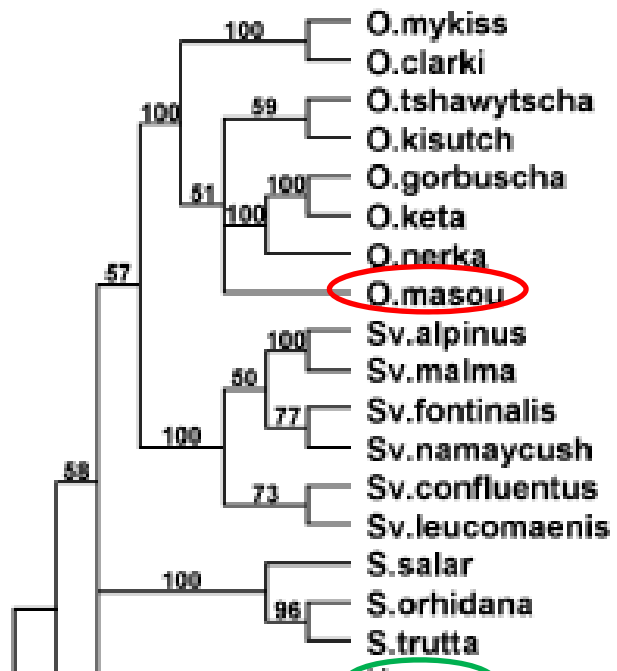


(C) BAY: nDNA (ex. MHC)

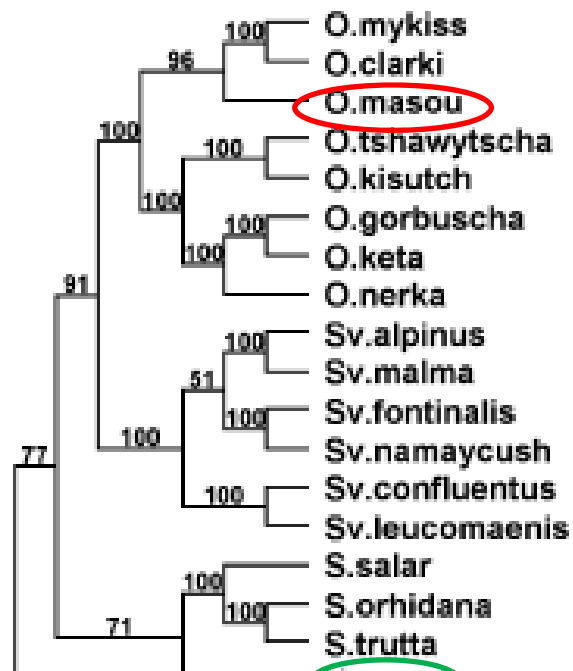


Различные методы кластеризации

(E) MP: n+mtDNA

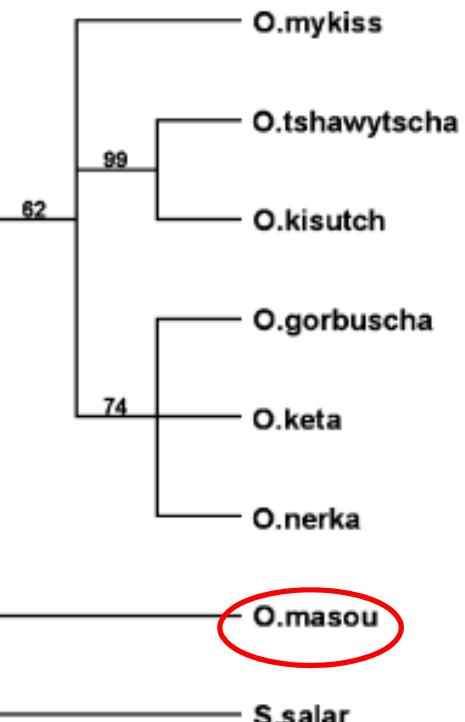


(E) BAY: n+mtDNA

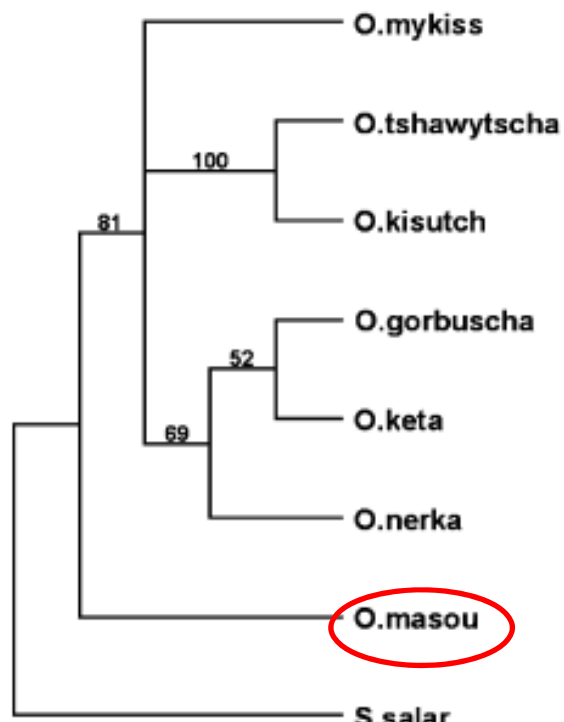


Селективность

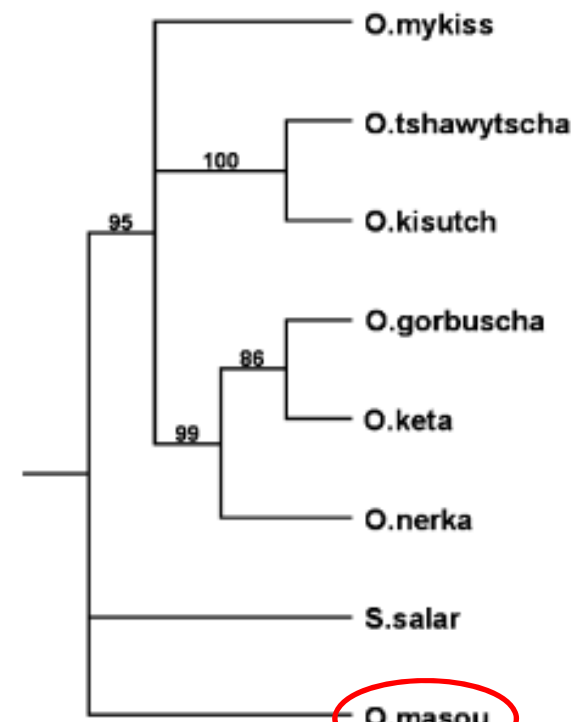
MP: MHC



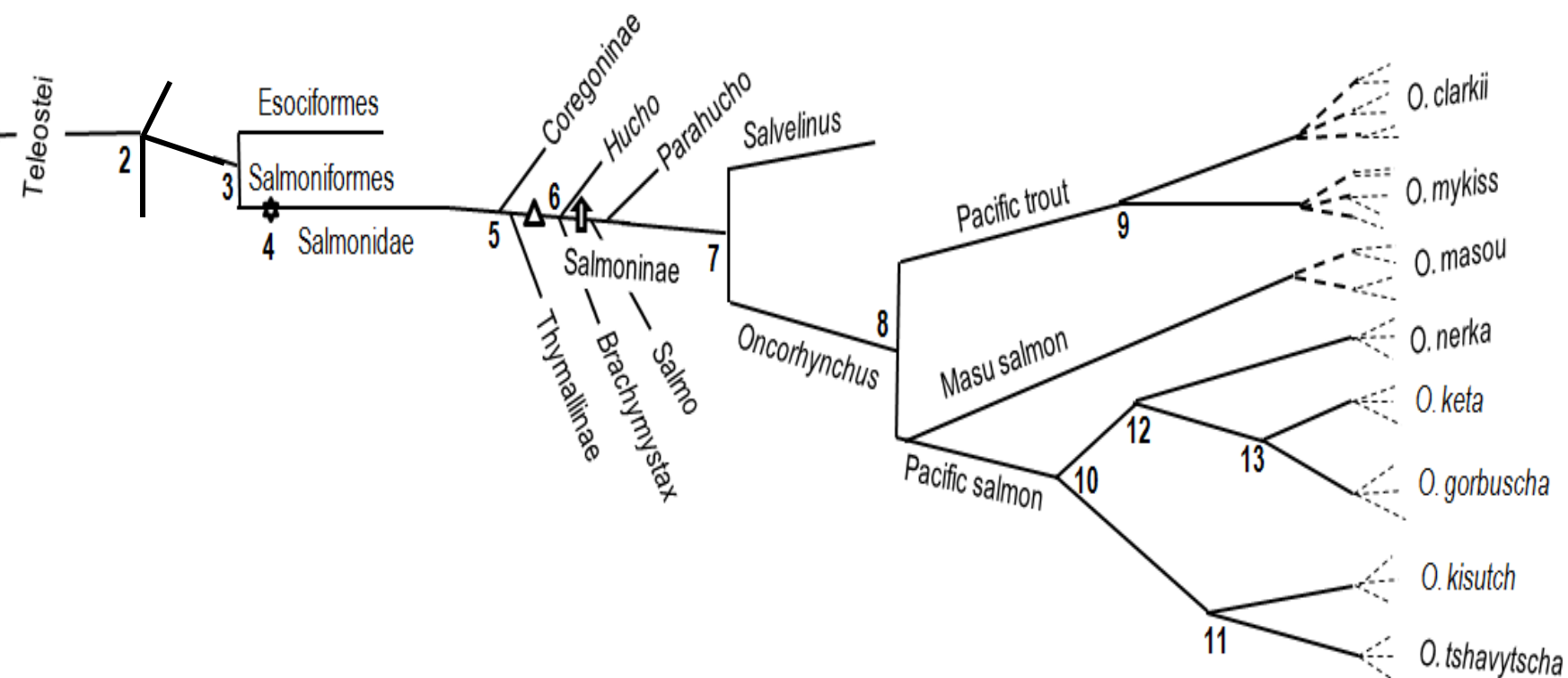
(G) ML: MHC



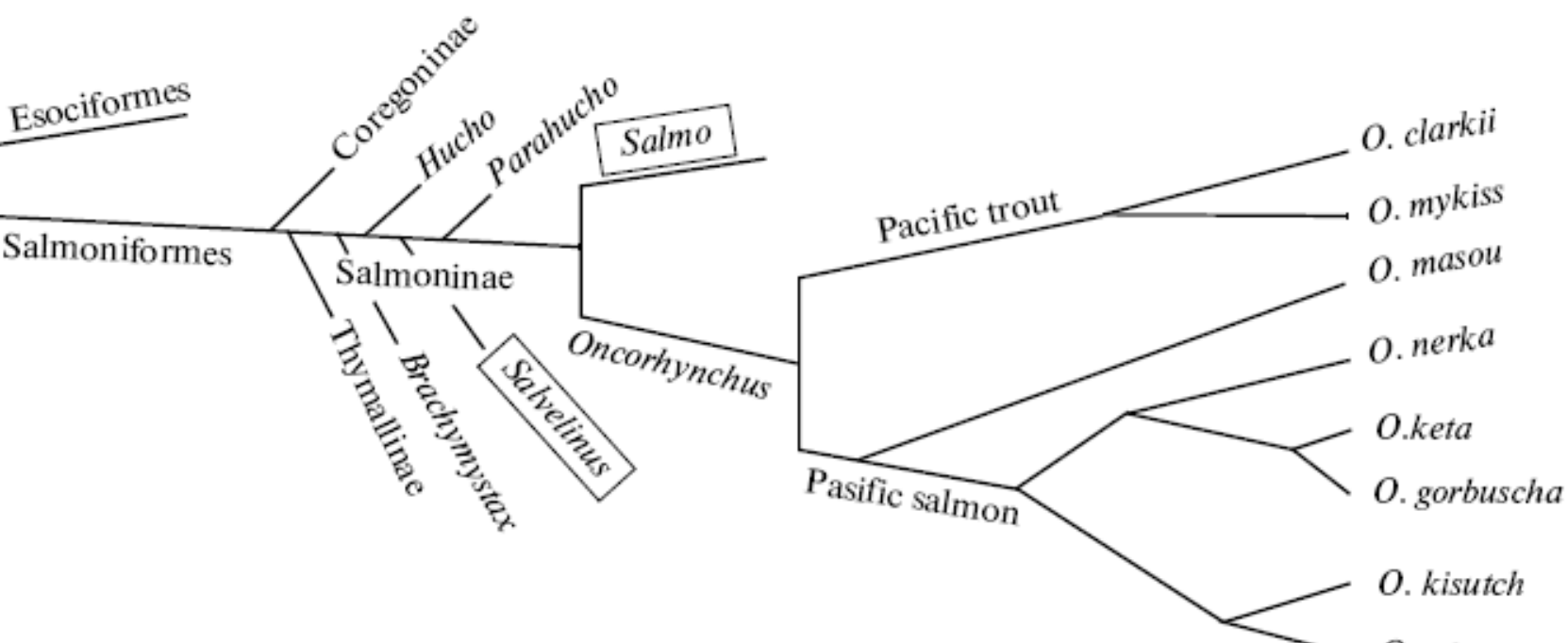
(G) BAY: MHC



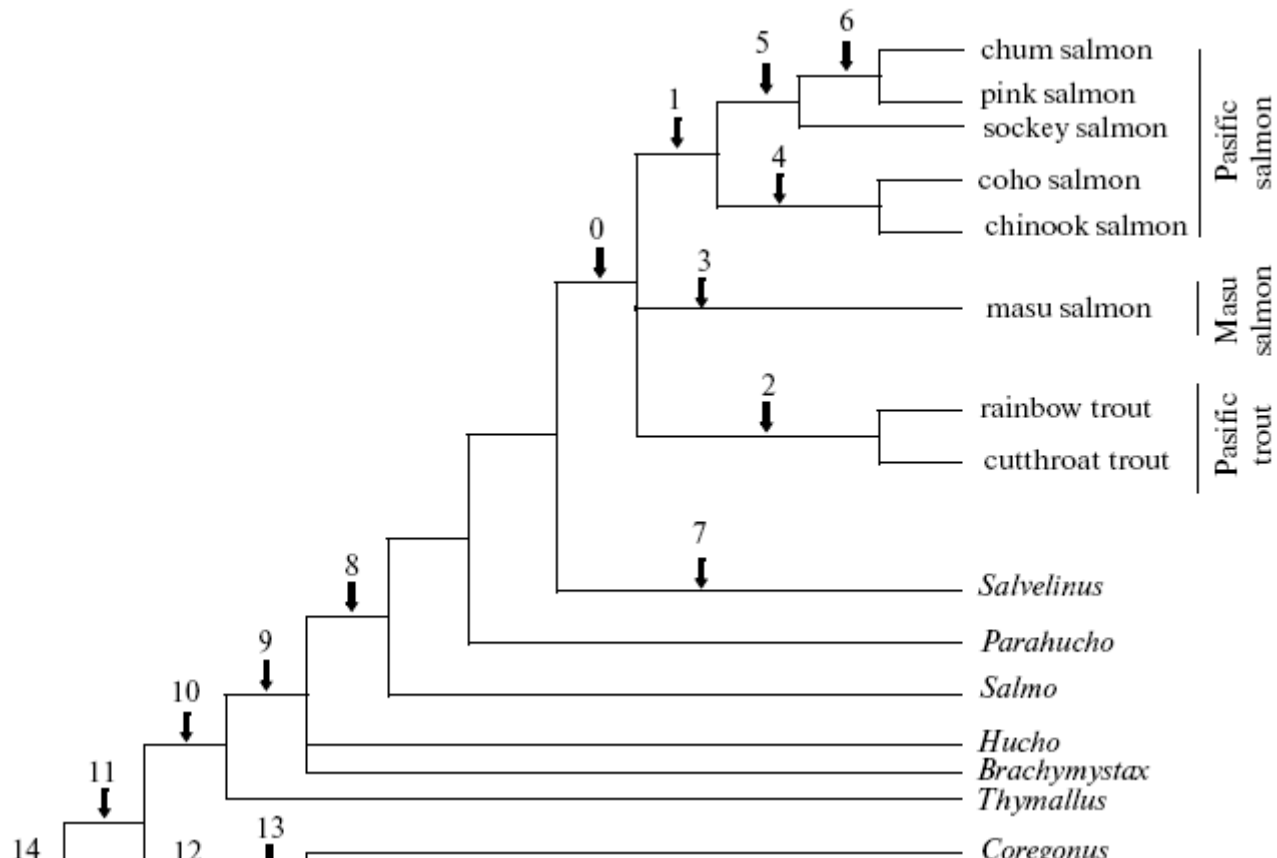
«Консенсусная» ДНК-филогения (Животовский 2015)



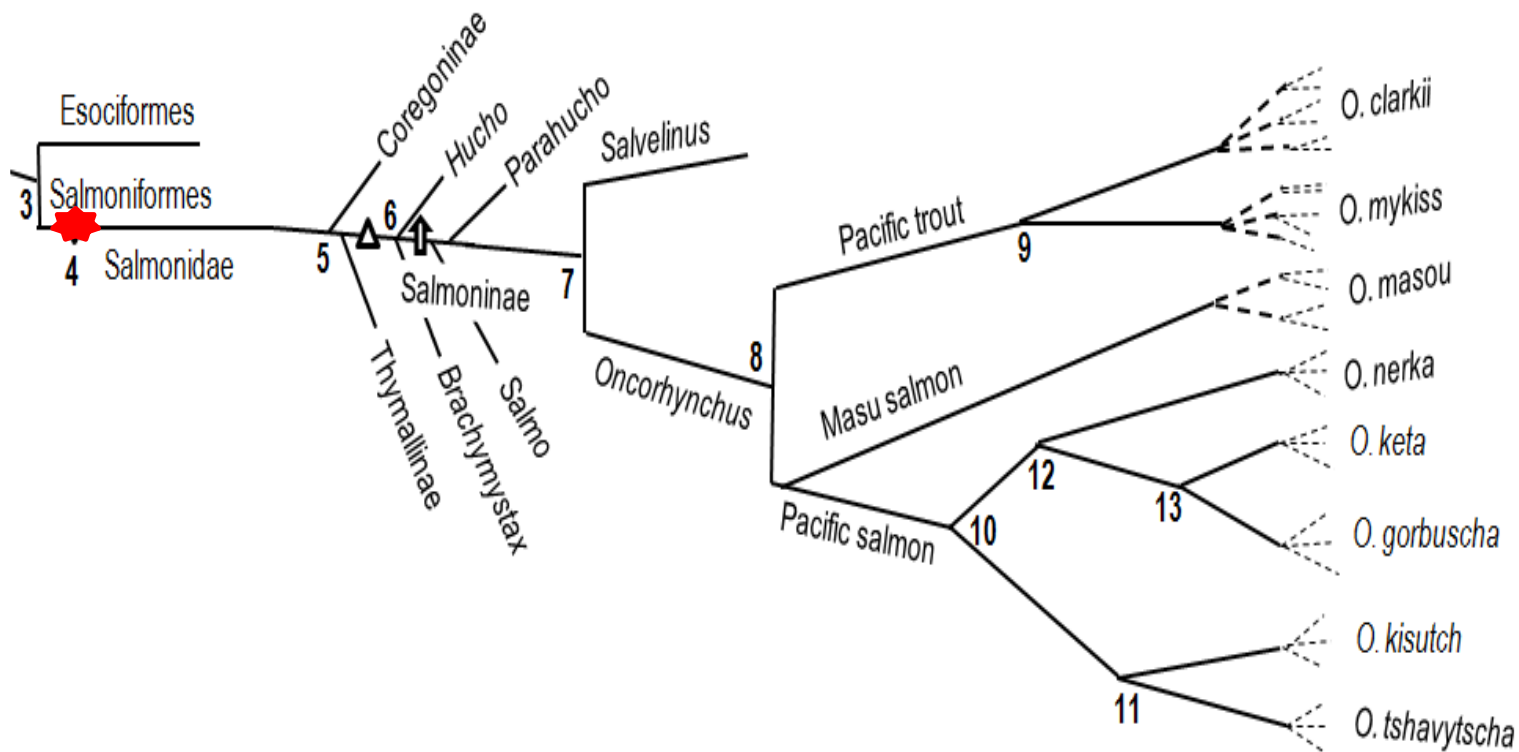
СУПЕРДЕРЕВО (Wilson and Williams 2010)



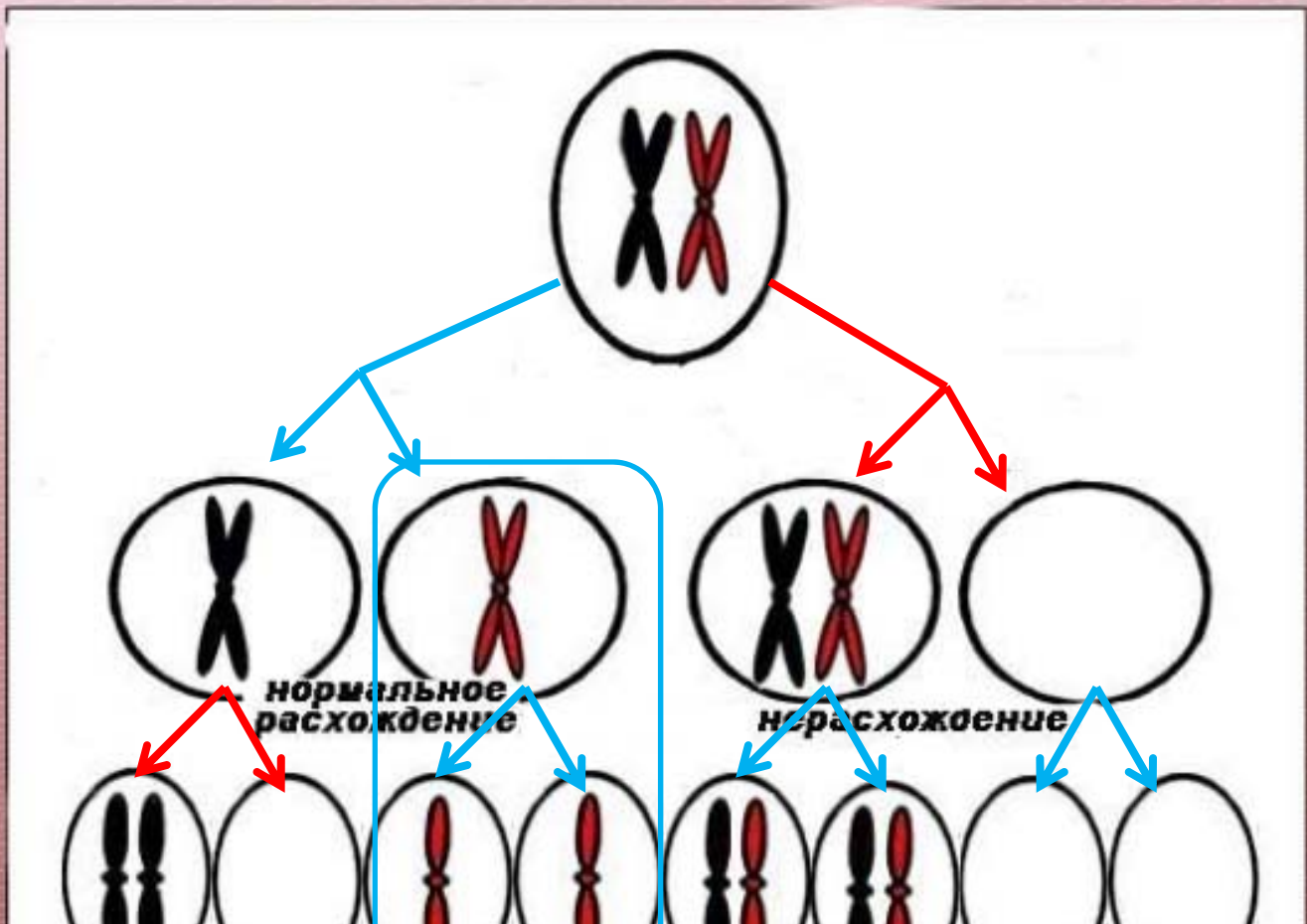
Топология дерева по мобильным (SINE) элементам (Murata, Hamada, Matveev, et al. 1993-2009)



Тетраплоидное происхождение лососевых рыб (Ohno 1970)



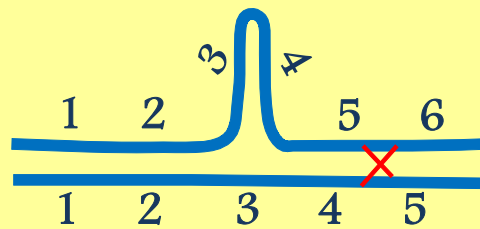
Нерасхождение хромосом в мейозе



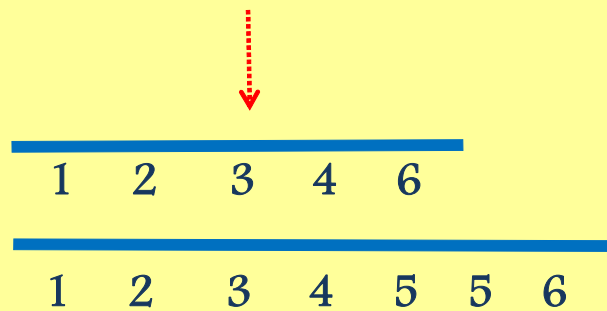
меза

меза

Неравный
кроссинговер



Участок 5 хромосомы в
рекомбинантной гамете
делетирован или дублирован



Анадромность: Пресноводное происхождение лососевых рыб (Чернавин 1918, Gross 1987, Dodson 2009, Alexandrou 2013)

Всего известно 227 диадромных видов рыб (менее 1% всех костистых рыб):

110 анадромных, 56 катадромных, 61 амфидромных (McDowall 1997).

В 1918г. В.В. Чернавин предложил гипотезу пресноводного происхождения лососевых .

Анадромность тихоокеанских лососей – это эволюционная стратегия в целях лучшего обеспечения пищей (Gross 1987, Dodson 2009).

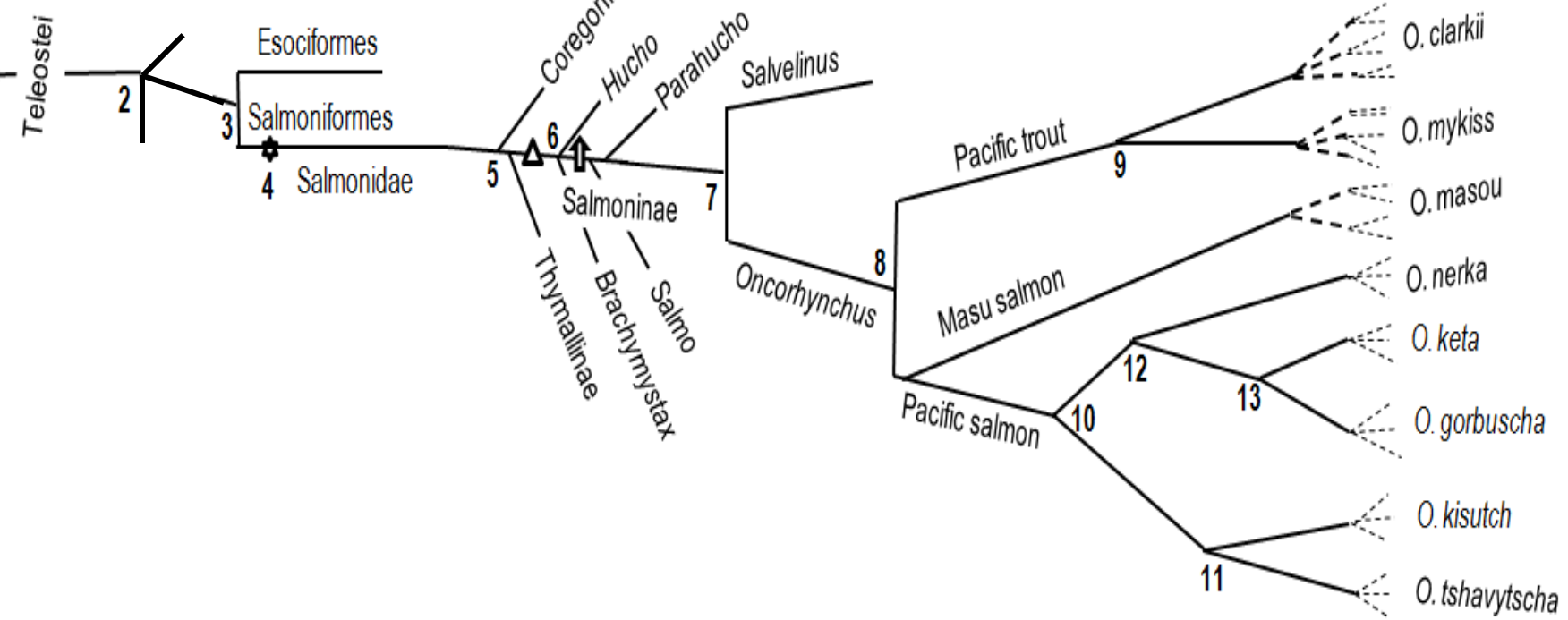
Вероятность пресноводного происхождения – более

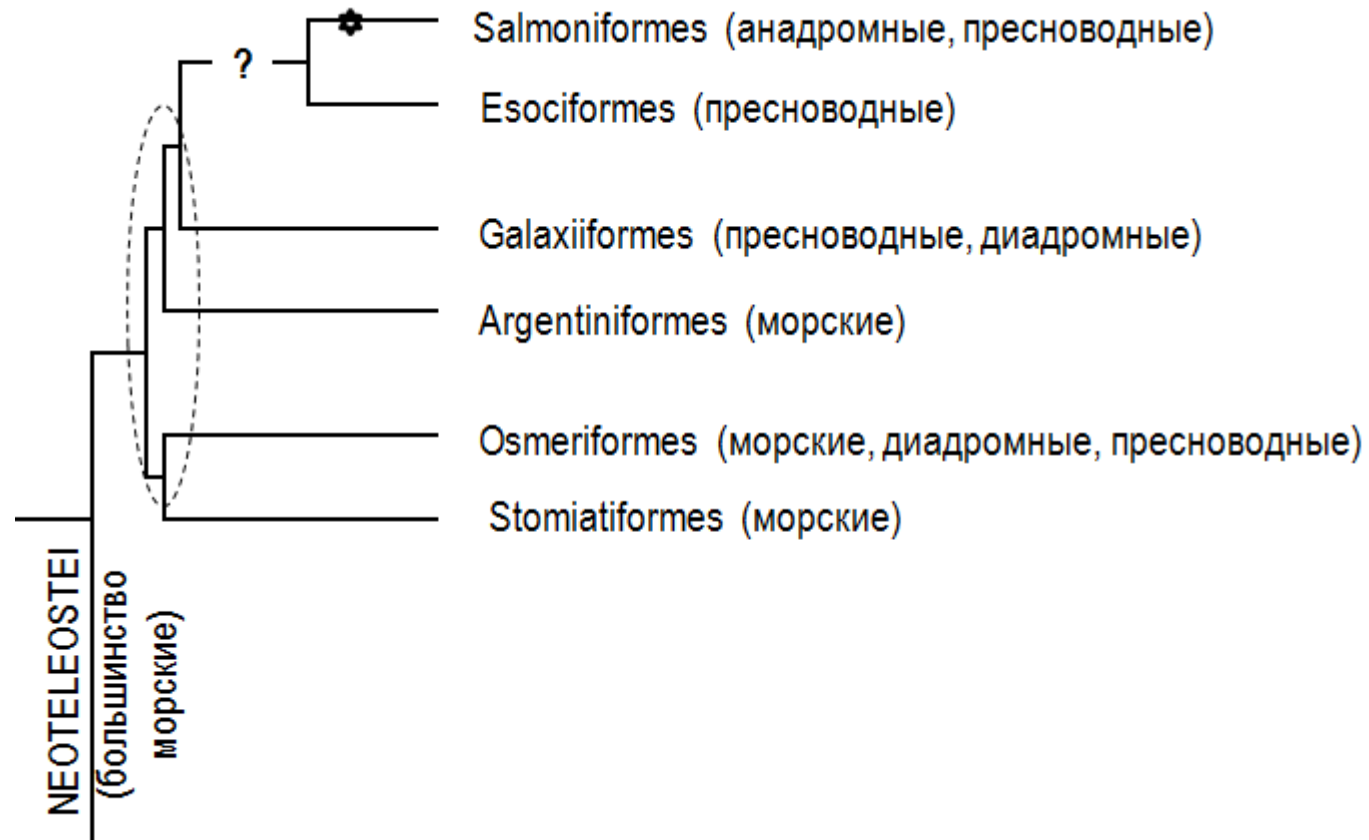
Различия между проходной и жилой формами одного вида (Gross 1987).

Вид	Форма	Признаки		
		Длина (см.)	Число икринок	Продуктивность*
<i>Лосось Кларка</i>	проходная	39.3	2323	10918
	жилая	20.0	1255	5899
	<i>отношение**</i>	<i>2.0</i>	<i>1.9</i>	<i>1.9</i>
<i>Сёмга</i>	проходная	67.0	11196	67176
	жилая	21.5	2384	12516
	<i>отношение</i>	<i>3.1</i>	<i>4.7</i>	<i>5.4</i>
<i>Мальма</i>	проходная	37.5	4250	19125
	жилая	15.1	1412	5013
	<i>отношение</i>	<i>2.5</i>	<i>3.0</i>	<i>3.8</i>

*Использован показатель «произведение размера и числа икринок».

Размер икринок: **5.3 мм** в диаметре у анадромных видов против





Моноцикличность тихоокеанских лососей

ДИЛЕММА:

полный расход энергии, оставшейся после
тысячекилометровой нерестовой миграции,
на продуцирование крупной икры, т.е.
посленерестовая гибель

ЛИ

выживаемость производителей после

Спасибо за внимание!



НАПРАВЛЕНИЕ ФИЛОГЕНЕЗА

Робертсоновские перестройки

Схема Викторовского-Глубоковского преобразования кариотипов лососевых рыб

