



# Генетические исследования в аквакультуре

Мюге Н.С.

ВНИРО, Москва

VII Международный симпозиум  
«Россия-ЕС: Сотрудничество в области биотехнологии, сельского,  
лесного хозяйства и пищи в 7-ой Рамочной Программе ЕС»

31 мая-1 июня 2012 г.

# Аквакультура в мире:

- Продукция аквакультуры в мировом масштабе растет на 10% ежегодно.
- Общая продукция в мире >60 миллион тонн в год.
- Быстрое распространение и рост производства за последние 30 лет.
- 90% продукции аквакультуры – Китай и Юго-Восточная Азия.
- Подавляющее большинство используемых пород – результат “традиционного” одомашнивания.

# Промысел и аквакультура в мире

World fisheries and aquaculture production and utilization

	2004	2005	2006	2007	2008	2009
	<i>(Million tonnes)</i>					
<b>PRODUCTION</b>						
<b>INLAND</b>						
Capture	8.6	9.4	9.8	10.0	10.2	10.1
Aquaculture	25.2	26.8	28.7	30.7	32.9	35.0
<b>Total inland</b>	<b>33.8</b>	<b>36.2</b>	<b>38.5</b>	<b>40.6</b>	<b>43.1</b>	<b>45.1</b>
<b>MARINE</b>						
Capture	83.8	82.7	80.0	79.9	79.5	79.9
Aquaculture	16.7	17.5	18.6	19.2	19.7	20.1
<b>Total marine</b>	<b>100.5</b>	<b>100.1</b>	<b>98.6</b>	<b>99.2</b>	<b>99.2</b>	<b>100.0</b>
<b>TOTAL CAPTURE</b>	<b>92.4</b>	<b>92.1</b>	<b>89.7</b>	<b>89.9</b>	<b>89.7</b>	<b>90.0</b>
<b>TOTAL AQUACULTURE</b>	<b>41.9</b>	<b>44.3</b>	<b>47.4</b>	<b>49.9</b>	<b>52.5</b>	<b>55.1</b>
<b>TOTAL WORLD FISHERIES</b>	<b>134.3</b>	<b>136.4</b>	<b>137.1</b>	<b>139.8</b>	<b>142.3</b>	<b>145.1</b>

# Аквакультура в Европе: современное разнообразие

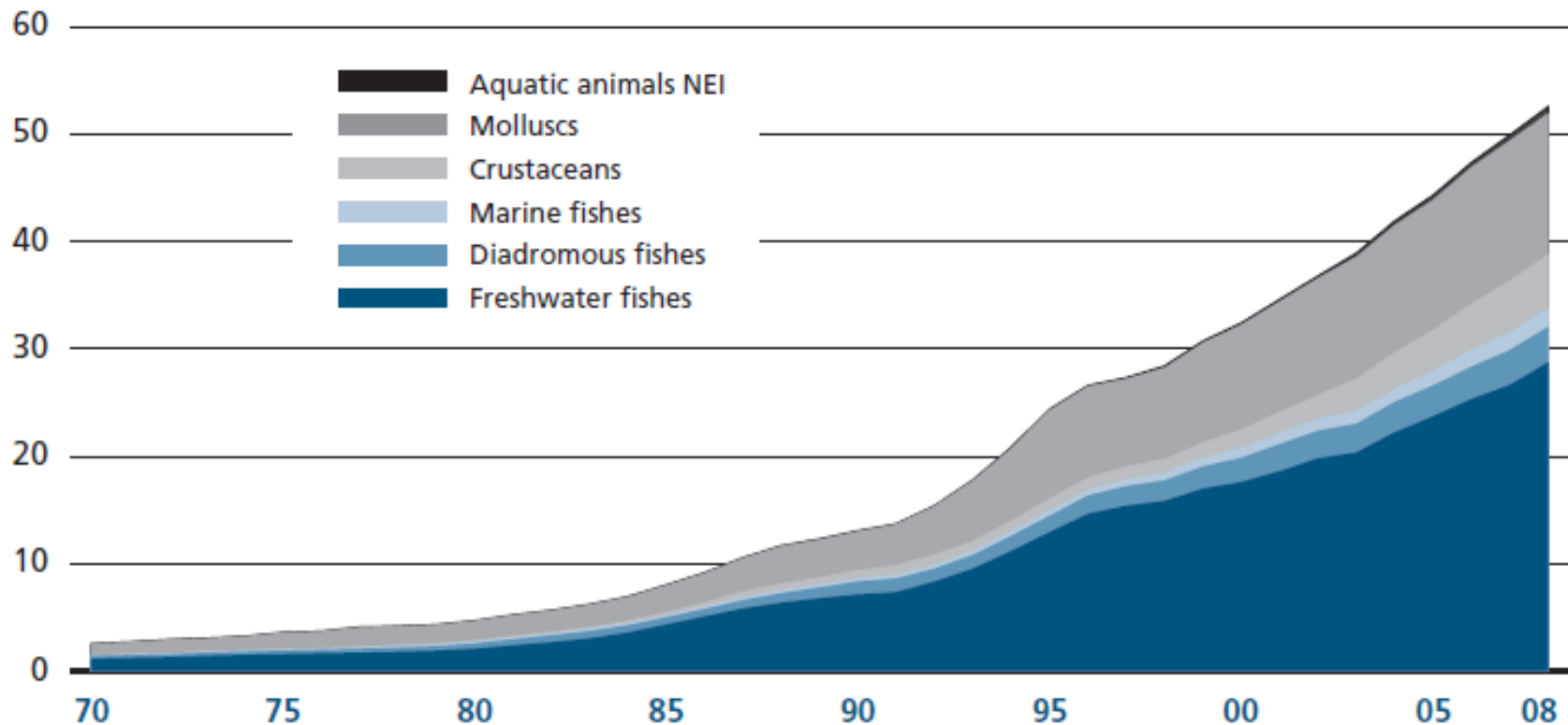
- Разнообразие форм производства
  - Большое количество видов (как рыб так и моллюсков)
  - Фермы-формы пр-ва (интенсивные, экстенсивные)
  - Водные ресурсы (морские, пресноводные)
  - Биотопы (открытое море, реки, пруды, системы замкнутого цикла)
- 
- Продукция пресноводной аквакультуры в Европе (288 000 тонн в 2005)
  - Продукция морской аквакультуры (286 000 тонн в 2005)



# Рост аквакультуры по основным группам видов (в мире, ФАО, 2010)

Trends in world aquaculture production: major species groups

Million tonnes

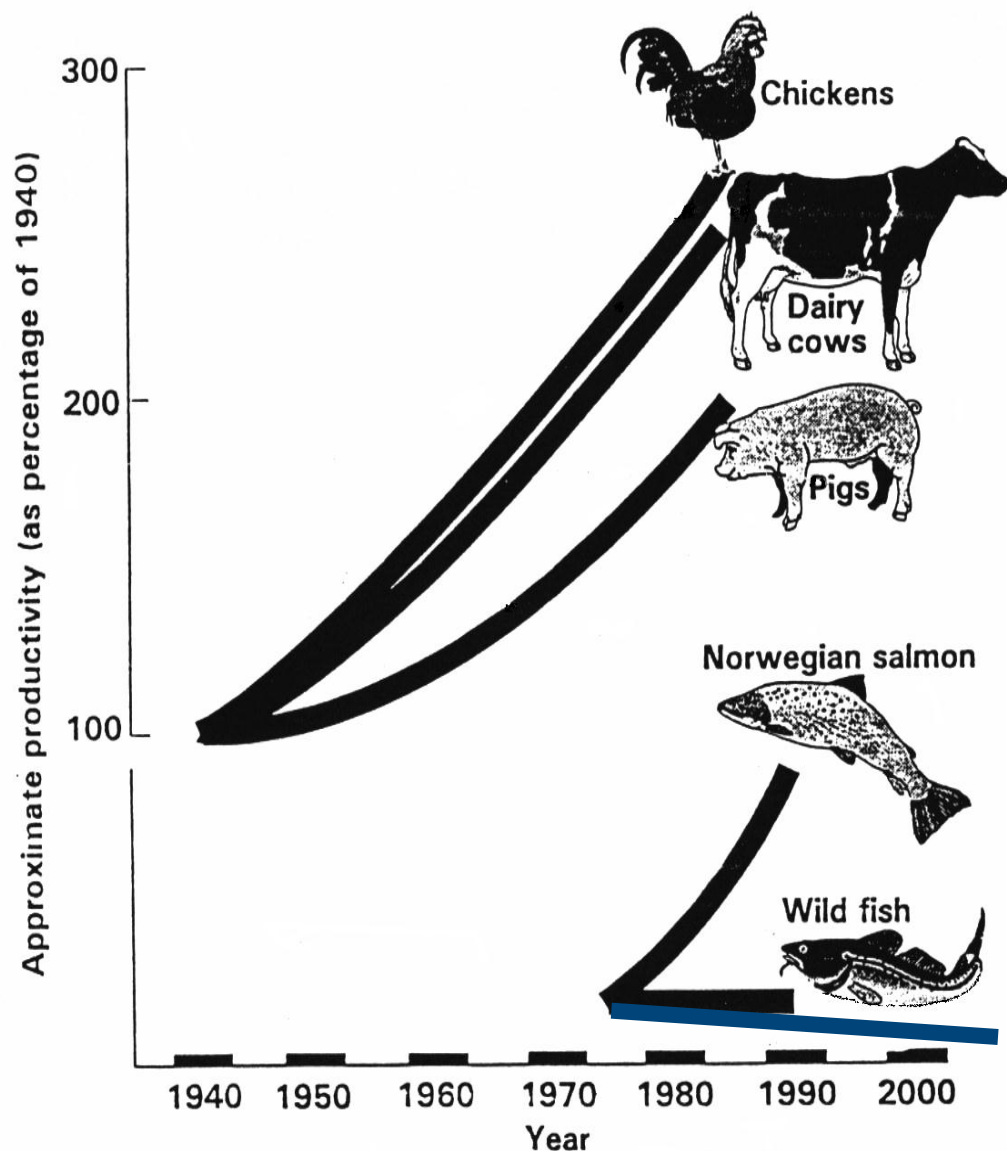


Note: NEI = not elsewhere included.

# Современные направления искусственного выращивания рыб

- Товарное производство
- Рекреационное
- Восстановление природных популяций

# Динамика роста продуктивности



Development of productivity in farm animals and finfishes.

- Без применения генетических методов, качество пород, используемых в аквакультуре с времени понижается.
- ВСЕ другие отрасли (животноводство и птицеводство) используют генетически улучшенные породы
- Примеры применения современных генетических методов в аквакультуре пока редки

# Четыре основных критерия при селекции в аквакультуре

УВЕЛИЧЕНИЕ СКОРОСТИ РОСТА

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ К ЗАБОЛЕВАНИЯМ

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСВОЕНИЯ КОРМА (FCR)

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Снижение вероятности массового заболевания

Экономия расходов на корма, Снижение отходов и загрязнения среды

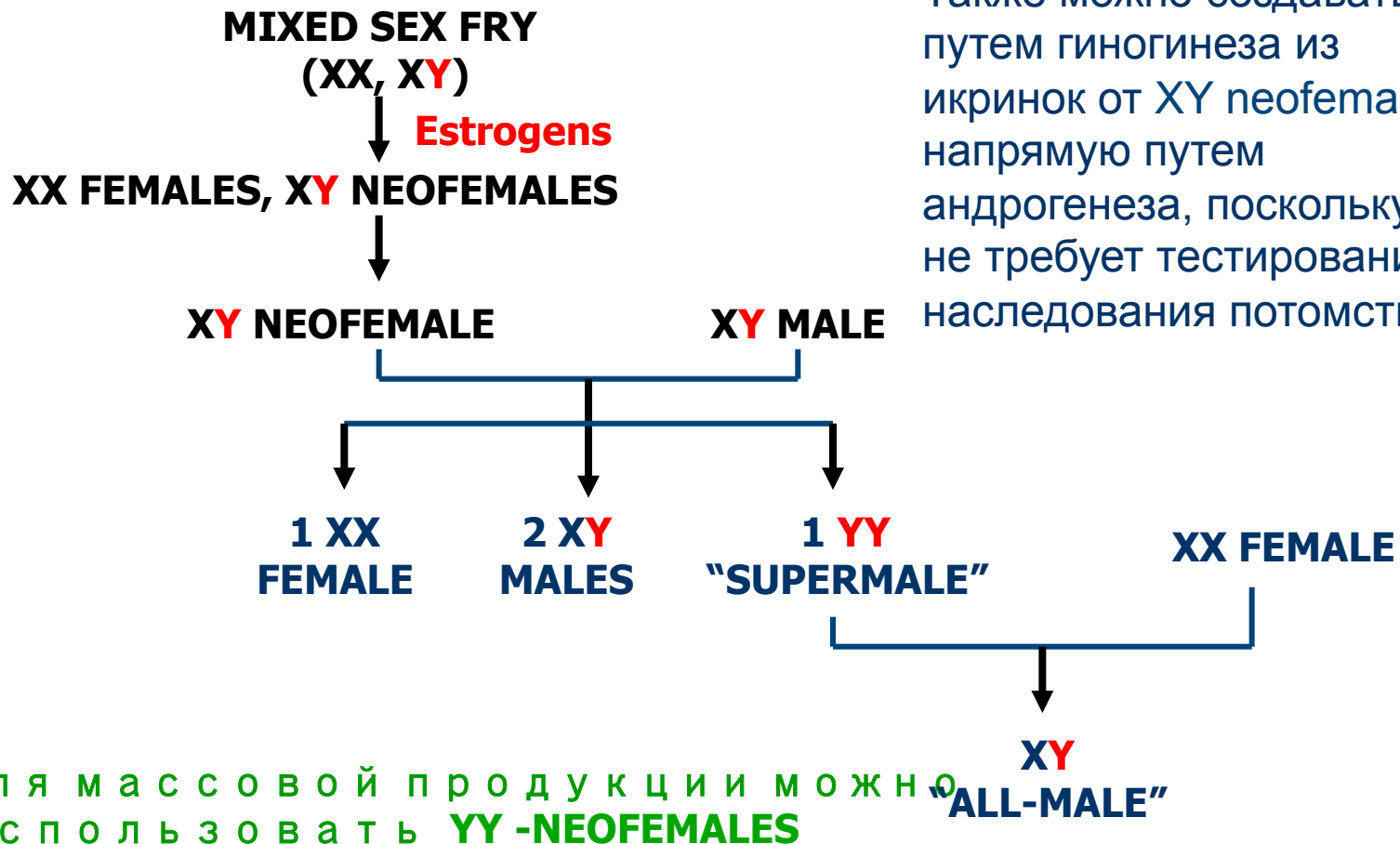
Повышение Конкурентоспособности

Новые рынки

Увеличение выхода продукции, экономическая привлекательность, возврат капиталовложений и высокая доходность

IMPROVED WELL-BEING (FISH & HUMAN)

# Схема получения односамцовых культур нильской тилляпии



Также можно создавать YY путем гиногинеза из икринок от XY neofemales и напрямую путем андрогенеза, поскольку это не требует тестирования наследования потомства

Для массовой продукции можно использовать **YY-NEOFEMALES**

# ТИЛЯПИЯ: ДВУПОЛЫЕ И МОНОСАМЦОВЫЕ ЛИНИИ

MST



GMT



MST = диплоидная тилapia; GMT = genetically male tilapia  
(генетически – моносамцовая тилapia)



# Проблемы болезнеустойчивости рыб в аквакультуре

- Болезни рыб – одна из серьезнейших проблем в аквакультуре
- Болезнеустойчивость – фактор, который сложно оценить, а также дорого и неэффективно улучшать используя традиционные методы селекции
- Отсутствует технология оценки болезнеустойчивости на живых особях – кандидатах для воспроизводства.
- Высокотехнологичная оценка экспрессии генов – многообещающий высокоэффективный метод для оценки болезнеустойчивости с сохранением живых производителей

# Генетически модифицированный лосось - AquaAdvantage Salmon (AAS).

- добавление гена гормона роста кижуча
- добавление антифризного гена.
- Скорость роста AAS вдвое превышает развитие нормального лосося.

В сентябре 2010 года FDA (Управление по контролю за пищевыми продуктами и лекарственными препаратами) одобрило первое генетически модифицированное животное (AAS) как безопасное к употреблению в пищу.






# Генетическая паспортизация пород и стад аквакультурных видов рыб

- Генетическая паспортизация пород проводилась по инициативе А.К. Богерука
- Показаны генетические различия между породами
- Но: в ряде случаев разные породы из одного хозяйства были генетически ближе чем одна и та же порода из разных хозяйств.



# Проблема «генетической эрозии» природных популяций

- При выращивании аквакультурных видов в зоне обитания диких видов приводит к непроизвольной гибридизации
- Отсутствие признаков, адаптивных к локальным природным условиям ведет к деградации природных популяций
- Генетические методы позволяют оценить уровень влияния аквакультуры на природную популяцию.



**Применение ДНК-анализа  
(«штрихкодирования») в  
идентификации объектов  
промышленного рыболовства  
и рыбной продукции.**

# Идентификация рыбной продукции

УВД Северного административного округа г. Москвы  
отделу по борьбе с правонарушениями в сфере  
потребительского рынка и исполнению  
административного законодательства

Образцы: икра черного цвета, предположительно  
осетровых видов рыб

Результат: ДНК осетровых видов рыб не обнаружено.  
Данный образец икры принадлежит щуке (*Esox lucius*).



Федеральная таможенная служба  
Дальневосточное таможенное управление

**САХАЛИНСКАЯ ТАМОЖИЦА**

ул. Пограничная, д. 56, г. Южно-Сахалинск, 693008  
Факс (8-4242) 72-21-57, тел. (8-4242) 49-12-28, 72-53-93  
Телегайн 152084 ЗАЛИЦ  
ОКПО 48712477, ОИРН 1026500535951  
ИНН/КПП 6500000/650101001

11.11.2009 № И-К/1176

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

О предоставлении информации

*Проведение идентификации -  
анализ экспертом морских  
ракообразных*

В производстве отдела административных расследований Сахалинской таможни находятся дела об административных правонарушениях № 10707000-439/2009 в отношении ЗАО «Колрыбфлот» по ч. 2 ст. 16.2 КоАП России и №10707000-474/2009 в отношении ООО «Таможенное Агентство-Сахалин» по ч. 2 ст. 16.2 КоАП России по признакам заявления при декларировании недостоверных сведений о наименовании товаров, послуживших основанием для заначения причитающихся к уплате таможенных пошлин, налогов.

Для разрешения административных дел необходимо проведение дополнительных идентификационных экспертиз, с целью определения видовой состава конечностей краба-стригуна варено-мороженого.

На основании изложенного прошу Вас сообщить: имеет ли Ваш Институт возможность проведения идентификационной экспертизы, определив вид морских ракообразных по представленным варено-мороженым образцам конечностей.

Заказное с уведомлением  
Факс с доставкой + Д. Е. Доронков  
(499) 264-91-87

Руководителю  
ФГУП «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»

ул. Верхняя Красносельская, 17,  
г. Москва, 107140

*В.А. Бондарев  
А.Б. Васильев*

«...проведение  
идентификационной  
экспертизы  
определив вид  
морских  
ракообразных по  
представленным  
варено-мороженым  
образцам  
конечностей»

Проведено секвенирование с фолмеровских праймеров, однозначно установлена видовая принадлежность.

# СЕМГА ИЛИ ФОРЕЛЬ?

## ПРОТОКОЛ ИСПЫТАНИЙ

ОБРАЗЦОВ ПРОДУКЦИИ С ЦЕЛЬЮ УСТАНОВЛЕНИЯ ИХ ВИДОВОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ  
МЕТОДАМИ МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

№ 82

от « 18 » марта 2010 г.

Настоящий протокол выдан: ЗАО «Теремок-Инвест»

Лабораторией популяционной биологии лососевых рыб ВНИРО  
по результатам исследования образцов продукции:  
«Семга филе ломтики слабосоленая»  
(наименование продукции)

на основании: проведения молекулярно-генетического анализа с  
использованием методов полимеразной цепной реакции (ПЦР) и определения  
нуклеотидной последовательности (секвенирования) участка гена COX-I  
митохондриальной ДНК.  
(наименование методов исследования)

Заключение: представленный образец идентифицирован как радужная  
форель (*Oncorhynchus mykiss*), ДНК семги (*Salmo salar*) не обнаружено.

ПЦР проводилась с праймерами

VF2	TGTA AACGACGGCCAGTCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC
FishF2	TGTA AACGACGGCCAGTCAACCAACCACAAAGACATTGGCAC
FishR2	CAGGAAACAGCTATGACACTTCAGGGTGACCGAAGAATCAGAA
FR1d	CAGGAAACAGCTATGACACCTCAGGGTGTCGGAARAAYCARAA



```
query 182 AAATGAAGGGAGAAGATAGTTAAATCAACAGAGGCTCCTGCGTGGGCGAGGTTGCCGGCT 241
      |||
bjct 393 AAATGAAGGGAGAAGATAGTTAAATCAACAGAGGCTCCTGCGTGGGCGAGGTTGCCGGCT 334

query 242 AGAGGGGGGTATACTGTTTCATCCAGTACCCGCGCCGGCTTCAACTCCTGATGAAGACAGG 301
      |||
bjct 333 AGAGGGGGGTATACTGTTTCATCCAGTACCCGCGCCGGCTTCAACTCCTGATGAAGACAGG 274

query 302 AGGAGGAGAAAGGATGGAGGAAGGAGTCAGAAGCTTATGTTATTTATTCGAGGGAATGCC 361
      |||
bjct 273 AGGAGGAGAAAGGATGGAGGAAGGAGTCAGAAGCTTATGTTATTTATTCGAGGGAATGCC 214


query 362 ATATCAGGGGCTCCGATTATTAGGGGAATTAATCAGTTTCCAAGCCCCCGATTATAAAT 421
      |||
bjct 213 ATATCAGGGGCTCCGATTATTAGGGGAATTAATCAGTTTCCAAGCCCCCGATTATAAAT 154

Query 422 GGCATGACTATAAAGAAAATCATAACGAAGGCATGGGCTGTGACGATCACGTTATAGATT 481
      |||
Sbjct 153 GGCATGACTATAAAGAAAATCATAACGAAGGCATGGGCTGTGACGATCACGTTATAGATT 94

Query 482 TGGTCATCCCCCAGARGAGCGCCCGGCTGGCTTAGTTC 519
      |||
Sbjct 93 TGGTCATCCCCCAGAAGAGCGCCCGGCTGGCTTAGTTC 56
```

**Заключение: представленный образец  
идентифицирован как радужная форель  
(*Oncorhynchus mykiss*), ДНК семги (*Salmo  
salar*) не обнаружено.**





# Продукция осетровых легальная или браконьерская?

Только за прошлый год проведено 13 экспертиз по идентификации продукции из осетровых видов рыб. Среди этой браконьерской продукции были обнаружены почти все обитающие виды осетровых в РФ – русский, сибирский, амурский осетры, а также калуга, белуга, севрюга и стерлядь.





ООО РТФ Диана, Вологодская обл., пос. Кадуй, ул. Промышленная, д. 4.  
**Икра Малосол**  
 зернистая осетровая пастеризованная  
 ст/б 100 г Россия

1 Шт 0496865  
 2012.05.03

5690<sup>00</sup> коп руб

4607149310128

ООО РТФ Диана, Вологодская обл., пос. Кадуй, ул. Промышленная, д. 4.  
**Икра черная Стандарт**  
 зерн. осетр. пастеризованная  
 ст. банка 100 г Россия ООО РТФ Диана

1 Шт 0496859  
 2012.05.03

5690<sup>00</sup> коп руб

4607149310135

ООО РТФ Диана, Вологодская обл., пос. Кадуй, ул. Промышленная, д. 4.  
**Икра черная Стандарт**  
 зерн. осетр. пастеризованная  
 ст. банка 50 г Россия ООО РТФ Диана

1 Шт 0496860  
 2012.05.03

3009<sup>00</sup> коп руб

4607149310210

31/05/2012



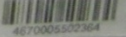


Икра черная  
 Классик  
 зерн фасов.  
 ж/б 250 г Россия ООО РТФ Диана  
 1 Шт 0676101  
 2012.05.03  
  
 4670005502371

**17690** <sup>00</sup>  
 коп руб

Икра  
 Классик  
 зернистая осетровая  
 ж/б 28 г Россия ООО РТФ Диана  
 1 Шт 0676096  
 2012.05.03  
  
 4670005502333

**2419** <sup>00</sup>  
 коп руб

Икра  
 Классик  
 зерн фасов.  
 ж/б 125 г Россия ООО РТФ Диана  
 1 Шт 0676100  
 2012.05.03  
  
 4670005502364

31/05/2012

**9090** <sup>00</sup>  
 коп руб





**ШОК  
ЦЕНА!**

Икра осетровая  
ст/б 40 г Германия  
1 шт 0725260  
2012.05.03  
476001551700  
**1990 00**  
руб

31/05/2012

# Методика генетической идентификации пищевой икры аквакультурного происхождения



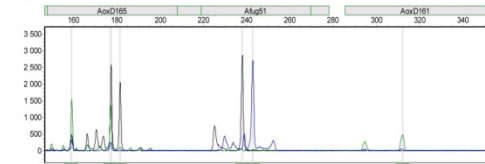
SoftGenetics  
GeneMarker V1.0

Allele Report

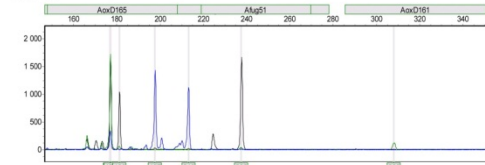
08.06.2009 10:54:48  
Page 1



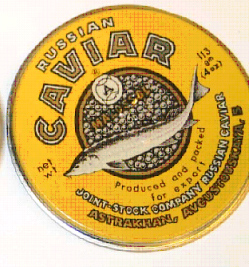
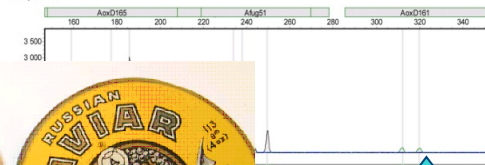
Sample 65



Sample 66



Sample 67



В Российской Федерации введен запрет на продажу черной икры из природных популяций. В сутки в Москву завозится до нескольких сот килограммов черной икры, маркированной как продукция аквакультурных хозяйств, но лишь малая доля (менее 10%) имеет легальное происхождение (журнал «Итоги» от 18.1.2010).

В лаборатории разработан и применяется метод генотипирования осетровых, позволяющий однозначно определять происхождение пищевой икры от ранее генотипированных аквакультурных производителей.

В течение ряда лет проводится генетическая паспортизация ряда аквакультурных стад в осетровых хозяйствах



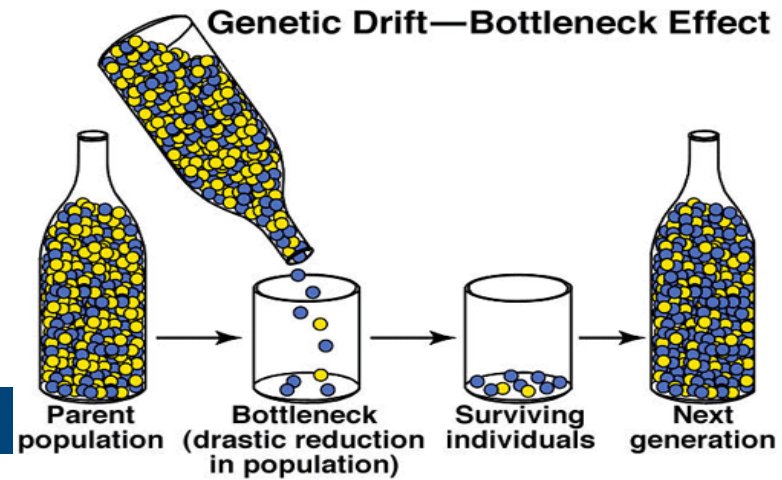
**Генетический мониторинг  
искусственного воспроизводства  
осетровых**



# Зачем?

- Популяция осетровых в природе катастрофически сокращается
- Популяции поддерживаются (в основном ?) за счет искусственного воспроизводства
- До последнего времени на ОРЗ использовалось много диких производителей
- В последние годы диких производителей почти нет, переход на доместцированных
- В ближайшее время – переход на аквакультурных (выращенных «из икры»).

# Проблемы имбридинга



- Резкое сокращение производителей и использование близкородственных пар чревато потерей природного генетического полиморфизма, имбридингом, потерей адаптивного потенциала популяции
- Снизить негативный эффект возможно при грамотном управлении воспроизводством (“genetic management”)

# Предлагаемые меры по генетическому мониторингу искусственного воспроизводства осетровых

- 1. Тотальное генотипирование производителей на ОРЗ и протоколирование схем скрещивания

Это не представляет технических и материальных затрат, так как речь идет о десятках особей







- 2. Генотипирование производителей (если проведено заранее) позволяет подобрать наименее близкородственные пары.

Особенно важно для аквакультурных производителей

- 3. Перед выпуском отбирается выборка молоди для оценки вклада каждой пары

Имеются многочисленные данные о неравномерности выживания потомства от разных производителей при совместном выращивании. Эти данные могут служить основанием для рекомендации по отдельному выращиванию семей

- 4. Молодь каждого года отбирается при траловых морских съемках

Это позволяет оценить вклад каждого из ОРЗ бассейна в искусственное воспроизводство

Также, доля годовиков, которых невозможно соотнести и к одной из пар производителей, укажет на наличие и масштаб естественного нереста

# Оценка эффективности работ по вкладу каждого из ОРЗ бассейна в воспроизводство природной популяции



# Оценка эффективности работ по вкладу каждого из ОРЗ бассейна в воспроизводство природной популяции



- Генетический мониторинг искусственного воспроизводства, принятый на международном уровне (при условии единой системы маркеров) позволит оценить национальный вклад в воспроизводство

Азов – Россия и Украина

Каспий – Россия, Казахстан, Азербайджан, Иран

# Оценка национального вклада в воспроизводство осетровых



# Современные тенденции в технологии аквакультуры:

- Использование кроссов имеющегося живого генбанка
- Интенсификация производства, переход от природных водоемов и прудов к системам замкнутого цикла и садкам
- Сбалансированные корма
- Использование линий с генетически измененным соотношением полов
- Выявление и внедрение в аквакультуру новых видов, характерных для данного региона (пример – азиатский сом)



# Перспективные направления развития аквакультуры в России:

- Использование технологий, разработанных и апробированных в мировой практике
- Введение в аквакультуру новых видов (осетры, сиговые и др. ценные виды)
- Создание производства сбалансированных плавающих гранулированных кормов.
- Работы по индукции пола у осетровых (ВНИПРХ, ИБР, ИПЭЭ) и др. видов рыб
- Развитие морской аквакультуры (черноморский лосось, устрицы на Черном, семга, мидии на Белом морях).

Спасибо за внимание!

