

УЗВ в аквакультуре: история и перспективы развития

Хмельницкий В.Н. ООО «Аквафид» Калининград



Первые экспериментальные УЗВ для выращивания товарной рыбы были построены в СССР в 1976 году.

В 1978 году были построены первые промышленные УЗВ на Уралмашзаводе (каarp) и Колхозе им. Кирова в Эстонии (посадочный материал форели). Установки назывались Штеллерматик и были разработаны в Германии. Они имели заявленную мощность по карпу до 3 тонн в год и по форели до 2 тонн в год. Опыт эксплуатации подобных установок показал, что заявленные параметры по производительности при выращивании форели и карпа не могут быть достигнуты по различным причинам:

- отсутствовала технология выращивания рыбы в УЗВ
- отсутствовала технология очистки воды в УЗВ
- отсутствовали специализированные корма для УЗВ
- отсутствовала расчетная и нормативная база для проектирования УЗВ
- отсутствовали компетентные специалисты, способные проектировать и эксплуатировать УЗВ

8 июня 1978 году приказом Минрыбхоза СССР (40 лет назад) была создана лаборатория аквакультуры в Калининградском техническом институте рыбной промышленности и хозяйства. Основным направлением разработок ЛАБОРАТОРИИ было развитие технологии УЗВ.

При этом планировались работы:

- по разработке технологии выращивания в УЗВ различных видов рыб (карп, форель, осетровые, сиговые),
- систем для инкубации икры, выращивания посадочного материала и товарной рыбы, различных типов бассейнов для молоди и товарной рыбы,
- разработке технологических схем, технологий и оборудования очистки и кондиционирования воды в УЗВ, методик расчета различного оборудования и систем УЗВ в целом,
- разработка технологии и оборудования очистки морской воды в УЗВ;
- разработка систем непрерывного контроля параметров качества воды в УЗВ,
- изучение методов и методик по профилактике заболеваний рыбы в УЗВ,
- разработка вакцин для форели при выращивании в морской воде,
- разработка специализированных кормов для УЗВ,
- строительство экспериментального участка аквакультуры на территории порта Пионерск Калининградской области,
- строительство в институте экспериментальных модульных систем УЗВ
- развитие рыбопитомника (форель, осетровые) в Калининградской области.

Результат работы лаборатории и экспериментальной базы в Калининградской области:

- разработана технология выращивания карпа, форели и осетровых в УЗВ,
- разработана технология биологической очистки воды в УЗВ (нитрификация и денитрификация), системы оксигенации и дегазации воды,
- разработана технология ускоренного запуска системы биологической очистки воды в промышленных УЗВ,
- разработаны технологические нормы проектирования УЗВ, которые прошли апробацию при проектировании и строительстве промышленных рыбоводных хозяйств по всей стране,
- в 1982 году по нашей технологии было построено и успешно эксплуатировалось первое в СССР полносистемное рыбоводное хозяйство с УЗВ на Калужском турбинном заводе мощностью 150 тонн карпа в год,
- в 1988 году было построено форелевое хозяйство в порту Пионерск на морской воде
- всего за период с 1980 по 1991 годы было запроектировано более 30 рыбоводных хозяйств с УЗВ, построено и введено в эксплуатации 18 хозяйств с УЗВ в различных регионах СССР.

Структура рециркуляционной системы для выращивания рыбы

Типичная технологическая схема рециркуляционной системы состоит из рыбоводных бассейнов, механической очистки (микрофильтры), биологической очистки (Нитрификация-денитрификация), дегазация (удаление CO_2), стерилизация воды (УФ-обработка, озонирование), насыщение воды кислородом (оксигенаторы).

Данная технология применяется для рециркуляционных систем на пресной и морской воде. Рециркуляционные системы используют для инкубации икры, выращивания молоди и смолтов, товарной рыбы и ремонтного стада, содержания производителей.

Структура рециркуляционной системы



Виды рыб, технология выращивания которых в настоящее время реализована в УЗВ в промышленных масштабах

- Пресноводные рыбы
- Форель
- Ручьевая форель
- Арктический голец
- Паляя
- Кумжа
- Пресноводный лосось
- Осетровые
- Африканский сом
- Канальный сом
- Кларисси (гибрид африканского сома и вунду *Heterobranchus longifilis*)
- Европейский сом
- Тилапия
- Карп
- Сиговые
- Судак
- Баррамунди
- Угорь
- Морские рыбы
- Атлантический лосось
- Кижуч
- Камбала тюрбо
- Палтус
- Треска
- Морской окунь
- Морской лещ
- Морской ухо
- Желтохвост
- Группер
- Пинагор
- Коралловые рыбы

Ведущие компании в мире, которые проектируют и строят промышленные УЗВ

- Billund Aquakulturservice – Дания
- Akva Group – Норвегия/Дания
- AquaOptima – Норвегия
- Kruger Kaldnes – Норвегия
- Inter Aqua Advance – Дания
- Pentair - США
- AquaMaof - Израиль

Основные определения по УЗВ

Установки с замкнутым водоснабжением УЗВ – это рыбоводная система состоящая из двух основных элементов:

- рыбоводных емкостей
- системы очистки и кондиционирования технологической воды для ее многократного использования (рециркуляции).

УЗВ считаются рыбоводные системы, у которых уровень рециркуляции составляет 80% и более.

Также можно характеризовать такие системы по объему свежей воды, которая идет на подпитку, в расчете на полный объем рыбоводной системы.

К УЗВ в этом случае относятся рыбоводные системы у которых уровень подпитки свежей водой составляет 10% и менее.

Определение рециркуляции УЗВ

1) Расчет рециркуляции - %

$$\text{Процент рециркуляции} = \frac{\text{Расход воды через рыбоводные бассейны в час}}{\text{Подпитка свежей воды в час} + \text{Расход воды через бассейны в час}} \times 100\%$$

$$\text{Пример:} \quad \frac{1000 \text{ м}^3/\text{час}}{20 \text{ м}^3/\text{час} + 1000 \text{ м}^3/\text{час}} \times 100\% = 98\%$$

2) Водообмен (подпитка свежей водой) в сутки - %

$$\text{Водообмен в сутки} = \frac{\text{Общей объем свежей воды на подпитку УЗВ (м}^3/\text{сутки)}}{\text{Общий объем воды в УЗВ (м}^3\text{)}} \times 100\%$$

$$\text{Пример:} \quad \frac{480 \text{ м}^3/\text{сутки}}{6000 \text{ м}^3} \times 100\% = 8\%$$

3) Водообмен (подпитка свежей водой) в сутки на кг корма

$$\text{Водообмен на кг корма} = \frac{\text{водообмен в сутки (м}^3/\text{сут)}}{\text{кормление в сутки (кг / сут)}}$$

$$\text{Пример:} \quad \text{Водообмен на кг корма} = \frac{120 \text{ (м}^3/\text{сут)}}{300 \text{ (кг / сутки)}}$$
$$\text{Водообмен на кг корма} = 400 \text{ л / кг корма}$$

Комплектация УЗВ в зависимости от % рециркуляции воды (по материалам компании Billund Aquaculture)

Комплектация оборудования



Водоснабжение хозяйств различного типа

Тип водоснабжения хозяйства	Удельный расход воды	Единица измерения
Проточное водоснабжение – стандартное прудовое и бассейновое хозяйство	40000 - 50000	литров/кг прироста рыбы
Система оборотного водоснабжения (механическая очистка воды, оксигенация, аэрация, удаление CO ₂ и N ₂)	4000 - 5000	литров/кг прироста рыбы
УЗВ с системой очистки воды (механическая очистка воды, биологическая очистка воды, дезинфекция УФ, оксигенация)	600 - 1000	литров/кг прироста рыбы
УЗВ с системой интенсивной очистки воды (механическая очистка воды, биологическая очистка воды (нитрификация/денитрификация), удаление CO ₂ , дезинфекция УФ/озон, оксигенация, удаление фосфора и обесцвечивание воды, удаление геосмина)	100 - 600	литров/кг прироста рыбы

УЗВ с системой очистки воды канального типа были испытаны в Дании как альтернатива прудовым хозяйствам. В настоящее время более 50% форелевых хозяйств Дании выращивают рыбу в канальных УЗВ.



УЗВ канального типа для выращивания порционной форели Дания 1000 тонн В ГОД

3 секции объем каждой – 2700 м³, 150 м длина, 12 м ширина 1,5 глубина; расход воды в канале 900 л/сек

Потребление электроэнергии – 1,8 кВт/ кг прироста рыбы

Подпитка чистой водой – 90 л/сек (скважина)

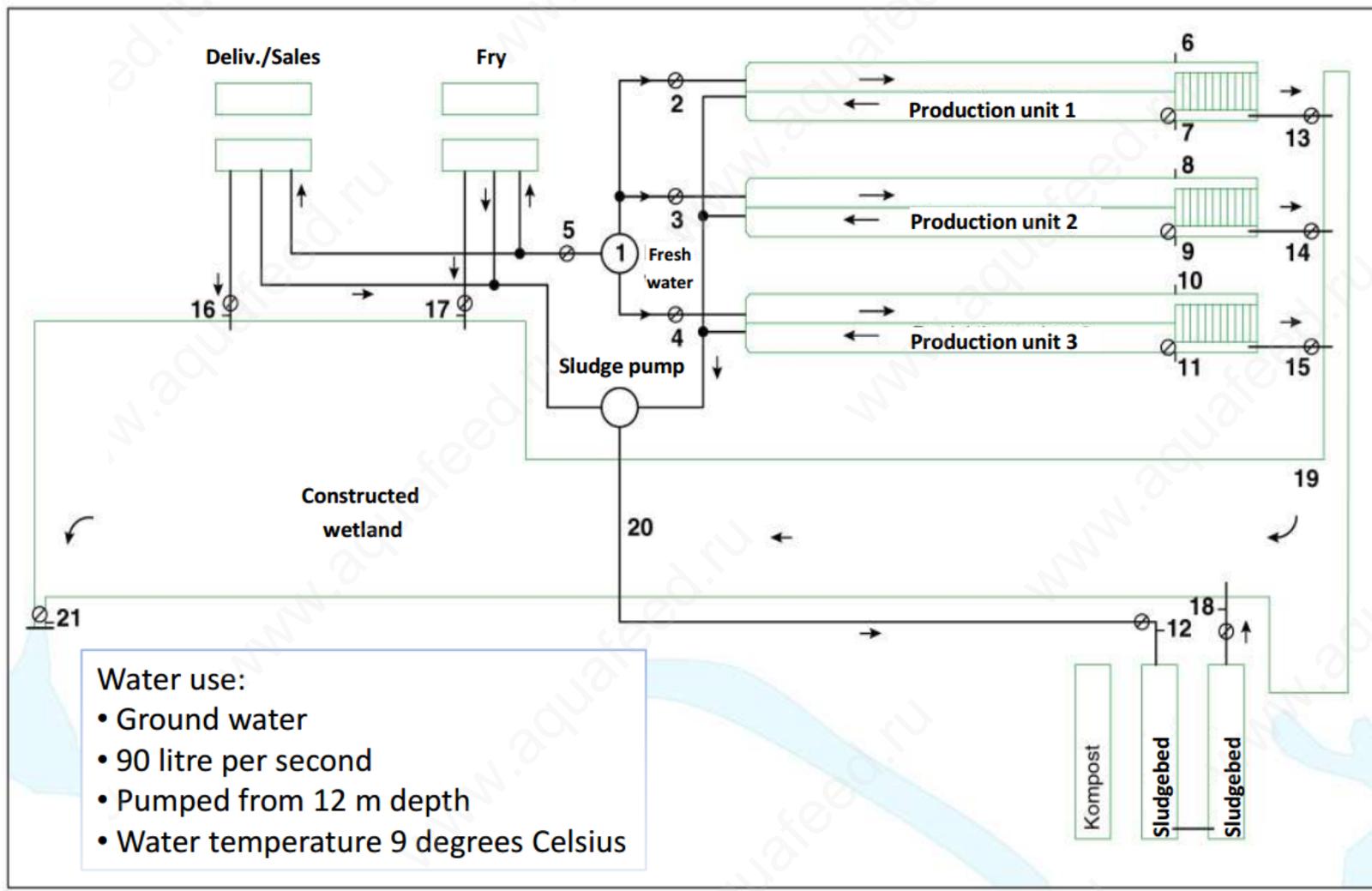
Состав оборудования: конуса для мех. очистки, биофильтр с фиксированной загрузкой, эрлифты с воздуходувками

Удельный расход воды – 2800 л/кг прироста рыбы



Типичная технологическая схема УЗВ форелевого хозяйства канального типа мощностью 1000 тонн в год порционной форели Дания

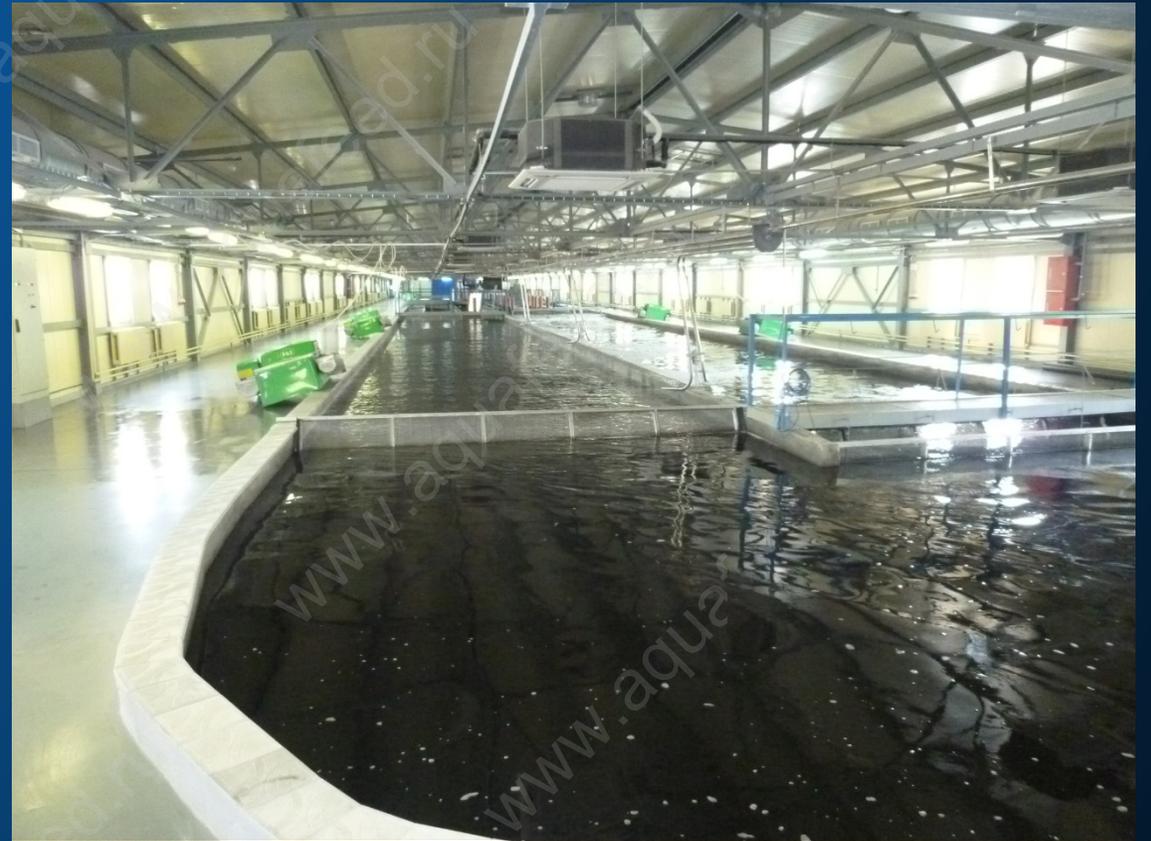
Kongeåens Dambrug 1,000 mt/y in 3 production units



Обезвоживание осадка форелевого хозяйства с использованием геотюбы TenCate



Два форелевых хозяйства канального типа были построены ООО
Аквафид в Белоруссии в 2013-2014 гг.



Система автоматического кормления рыбы

Оба хозяйства в Белоруссии
оснащены автоматизированной
системой кормления рыбы,
которая позволяет управлять
процессам выращивания,
контролировать расход кормов и
работу персонала.



УЗВ канального типа по выращиванию форели в Польше мощностью 800 тонн в год (хозяйство К1)



УЗВ канального типа для выращивания посадочного материала форели навеской 50 грамм мощностью 150 тонн в год (Дания)
Энергоэффективность хозяйства – 1,2 кВт/кг прироста рыбы



УЗВ с круглыми бассейнами для выращивания форели мощностью 500 тонн в год (Дания)



УЗВ с интенсивной системой очистки воды

Данный тип УЗВ позволяет организовать производство рыбы в любых климатических зонах. В Норвегии построено УЗВ для производства смолта лосося за Полярным кругом.



Рыбоводное хозяйство по выращиванию атлантического лосося Langsand Laks (Дания) Выращивание от икры до 4,5-5,0 кг Годовое производство – проект 1000 тонн/год, факт - 700 тонн/год

Площадь зданий хозяйства – 4000 м², Объем воды в рыбоводных бассейнах в УЗВ товарного выращивания - 6100 м³, Диаметр бассейнов 7,4 – 14,2 м, глубина 4,6 – 5,5 метров,

Плотность посадки товарной рыбы – до 100 кг/м³, Кормовой коэффициент – 1,0, себестоимость товарной рыбы (потрошенная с головой) – **3,63 Евро/кг**

Стоимость строительства – 5,8 млн. Евро (430 млн. рублей)



УЗВ для ремонтного стада форели хозяйство Dabie (Польша)

Общее производство икры форели и гибридов в 2017 году составило 190 млн.штук
Экспорт оплодотворенной икры в 23 страны мира.



Критерии оценки промышленной УЗВ при проектировании и строительстве

Показатель	Значение
Площадь здания хозяйства для производства тонны продукции	4-10 м ² /на тонну продукции
Потребность в чистой воде на кг корма	150-400 литров/кг корма
Мощность системы биологической очистки	Тонн кормов в сутки
Потребность в чистом кислороде кг O ₂ на кг прироста рыбы (для лососевых и осетровых)	0,35-0,50 кг O ₂ /кг прироста рыбы
Расход электроэнергии на кг прироста рыбы	1,2 – 3,0 кВт/кг прироста
Расход мела или аналогов для корректировки pH на кг прироста рыбы	0,08-1,2 кг/кг прироста
Капитальные затраты на проектирование, строительство, монтаж оборудования и пуско-наладочные работы	2,6 – 15,0 Евро/кг годовой продукции в зависимости от условий строительства и состояния инфраструктуры

Себестоимость производства смолта навеской 1 кг при объеме производства 4000 тонн в год (сметная стоимость строительства 240 млн. NOK – около 1,83 млрд. рублей) в УЗВ в Норвегии (за 1 кг):

- вакцинированный смолт 70 грамм	- 6,0 NOK (норв. крон)
- корма (КК – 1,05)	- 8,95 NOK
- Жидкий кислород	- 1,2 NOK
- Электроэнергия	- 1,2 NOK
- Нагрев и Охлаждение	- 1,2 NOK
- Сбросная вода	- 1,5 NOK
- Регулирование pH	- 0,15 NOK
- Зарплата	- 1,5 NOK
- Техническое обслуживание	- 1,2 NOK
- Амортизация	- 3,3 NOK
- Проценты по кредиту	- 2,05 NOK
- Страхование	- 0,68 NOK

Итого:	- 28,18 NOK (около 215 рубл.)

СТРУКТУРА ЗАТРАТ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СМОЛТА ЛОСОСЯ В НОРВЕГИИ

УЗВ – преимущества и недостатки

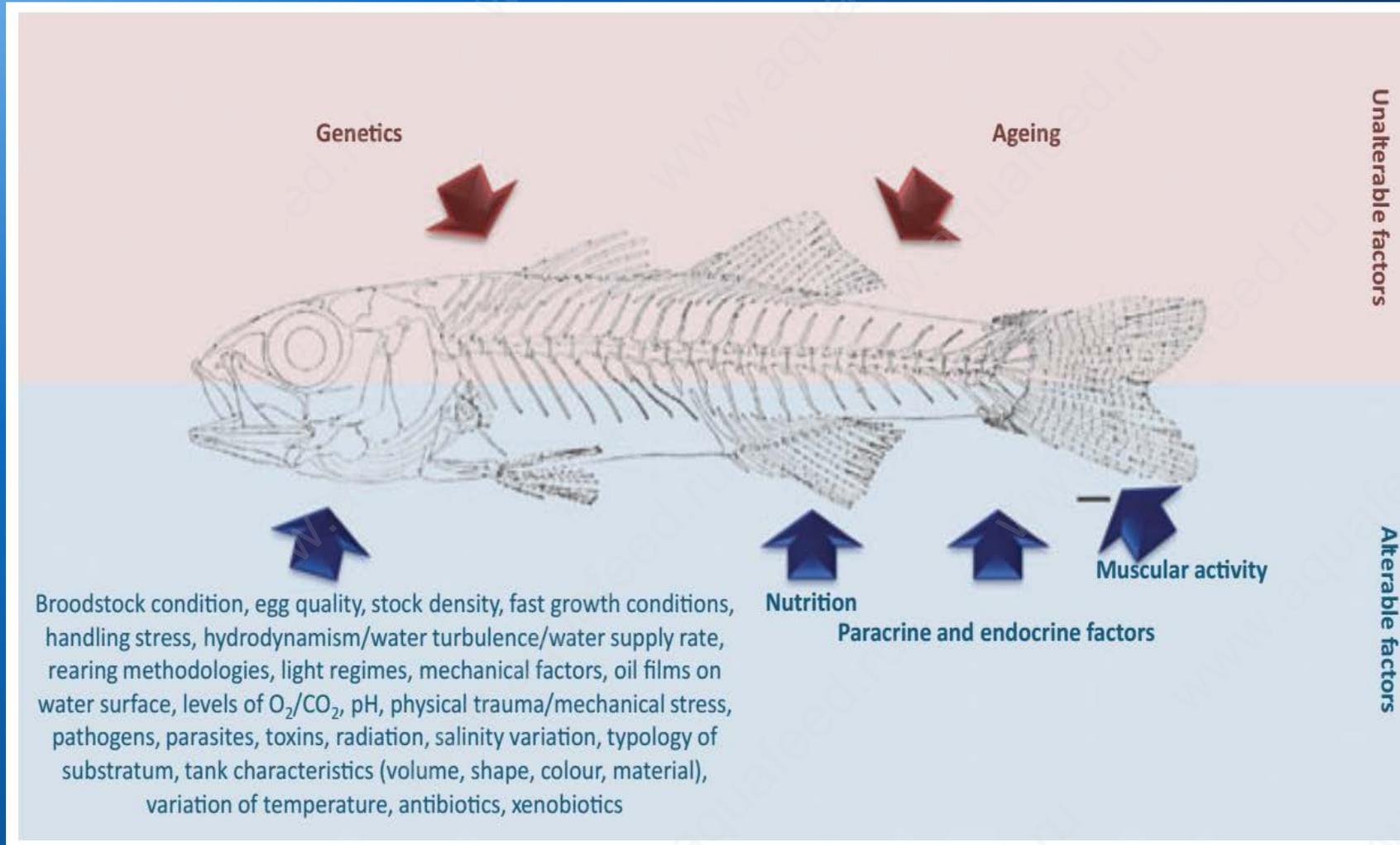
Преимущества УЗВ

- Производство можно размещать вблизи мест потребления
- Низкий уровень водопотребления — можно использовать источники воды с малым дебитом и/или подключиться к системе коммунального водоснабжения
- Система позволяет достичь оптимальной температуры при выращивании как холодноводных так и тепловодных объектов выращивания и обеспечивает оптимальное и стабильное производство круглый год, независимо от сезона и климатической зоны размещения хозяйства, это делает производство предсказуемым в течение всего периода функционирования
- Площадь строительства для данного производства является относительно небольшой, так как позволяет иметь высокую плотность посадки рыбы и оптимальный темп роста рыбы в контролируемой среде
- Значительное снижение риска заболеваний (карантин)
- Оптимальное и стабильное производство обеспечивает высокое и стабильное качество рыбы
- Сточные воды с такого хозяйства могут быть сведены к минимуму
- Возможность тотального контроля персонала для предотвращения кражи рыбы и кормов с хозяйства

Недостатки УЗВ

- УЗВ зависит от постоянного электроснабжения. Необходима установка генератора аварийного электроснабжения и системы безопасности для обеспечения непрерывной работы и поддержания хороших условий выращивания
- Эксплуатация УЗВ требует специальной подготовки и нуждается в высококвалифицированной рабочей силе
- Строительство УЗВ является достаточно капиталоемким
- Должен быть обеспечен исключительно высокий уровень биологической безопасности с ограничением доступа в зону производства и особенно в зону водозабора
- Качество мяса товарной рыбы и крайне зависимо от эффективности очистки воды, квалификации персонала, качества кормов для рыб
- Необходимость промывки рыбы до реализации, так как при выращивании в УЗВ мясо рыбы приобретает специфический землистый запах (геосмин и т.д.)
- Ошибки при строительстве УЗВ, нарушение условий ее эксплуатации и другие факторы приводят к деформации скелета рыбы; данная проблема достаточно часто имеет место в УЗВ в России и за рубежом.

Одна из серьезных проблем в УЗВ – деформация скелета рыбы



Диаграмма, которая показывает основные факторы, которые оказывают влияние на клетки скелета, хрящи и минерализацию костей личинки и молоди рыб

Результат ошибок при проектировании и строительстве УЗВ Норвегия – погибло 100000 штук смолта лосося



Foto: F.dir/ Mattilysnet

Результат ошибок при проектировании и эксплуатации УЗВ

A stable, but undesirable system



Перспективы развития УЗВ

- Совершенствование технологии и структуры систем УЗВ, включая механическую и биологическую очистку технологической воды, кондиционирование воды
- Совершенствование систем контроля качества воды и управления этими параметрами в УЗВ
- Повышение надежности функционирования УЗВ
- Разработка санитарных норм эксплуатации УЗВ
- Разработка надежных технологий обезвоживания и утилизации отходов УЗВ, особенно систем с морской водой
- Уменьшение стоимости строительства УЗВ и эксплуатационных затрат

Концептуальные решения УЗВ (предложение компании Inter Aqua Advance, Дания)



Спасибо за внимание!

ООО «Аквафид», г.
Калининград,
Площадь Победы 4а,
офис 620, 623,
www.aquafeed.ru

