

Основные принципы эксплуатации промышленных рыбоводных систем на основе установок замкнутого водоснабжения (УЗВ)

В.Калашников, гл. специалист ООО «Финнелма», март 2013 г.

Выращивание рыбы в системах с замкнутым водоснабжением является вершиной интенсификации производства, позволяет получать максимальную продукцию с единицы площади или объема рыбоводных емкостей при минимальном потреблении воды. Размещение производственных мощностей в закрытых помещениях позволяет обеспечить эффективное круглогодичное производство вне зависимости от климатических условий района размещения предприятия и наличия значительных водных ресурсов, незначительный объем потребления свежей воды обеспечивает минимальное воздействие на окружающую среду.

Принцип устройства установок замкнутого водоснабжения (УЗВ).

Название «установки замкнутого водоснабжения» в буквальном смысле подразумевает полную регенерацию воды и использование ее бесконечное количество раз для целей водоснабжения рыбоводных емкостей. УЗВ должны быть бессточными.

Комплексом оборудования УЗВ производится:

- полная очистка воды от органических загрязнений в процессе выращивания рыбы;
- восстановление химического, в том числе газового режима воды;
- поддержание ее санитарного состояния (микробной обсемененности) на достаточном, безопасном для объектов культивации уровне;
- обеспечение необходимого температурного режима для максимальной эффективности производства.

Потребность в свежей воде для таких установок определяется только потерями воды на испарение, с удаляемыми из системы отходами в виде рыбоводного осадка, на протечки в системе оборудования и на прочие, не связанные с качеством воды, цели (например, на заполнение транспортных емкостей при отгрузке продукции). Обычная потребность таких установок в подпитке воды на пополнение потерь составляет от 2 до 5% общего объема воды в системе за сутки.

В случае применения УЗВ для выращивания рыбы главным процессом биологической регенерации химического состава воды является освобождение оборотной воды от основного лимитирующего компонента - соединений азота, поступающих в систему в результате жизнедеятельности выращиваемой рыбы. При этом, на стадии аэробной биологической очистки, производится перевод азота органических соединений в виде экскрементов и не съеденных и размытых кормов в неорганическую форму (аммонийный азот), перевод аммонийного азота, образующегося в процессе разложения органических загрязнений и выделяемого рыбой при отправлении физиологических функций через жабры, почки и кожные покровы, в нитритную (недоокисленную) форму, а затем в нитратную. Этапы превращения азота выполняются разными группами микробного населения биопленки устройств биологической очистки. На этом процесс аэробного превращения азотных соединений заканчивается.

Дальнейшее превращение нитратов в газообразный свободный азот производится факультативными анаэробными бактериями в условиях ограниченного количества кислорода. Этот процесс называется денитрификацией, выполняется в специальных устройствах (денитрификаторах) и требует обеспечения энергетического питания данной группы бактерий путем подачи в систему мелассы, этанола. Обеспечение денитрифицирующих бактерий энергией может происходить и за счет органического вещества, присутствующего в поступающей на очистку воде. Газообразный азот отдувается в окружающую атмосферу.

Полносистемные УЗВ в настоящее время не получили широкого применения в промышленном производстве продукции аквакультуры. Связано это с тем, что процессы денитрификации требуют очень строгого соблюдения условий для эффективной работы оборудования. Процессы денитрификации могут проходить по нескольким схемам, в большинстве из которых происходит образование очень ядовитых и дурно пахнущих промежуточных и конечных продуктов процесса. При малейшем отклонении от необходимого режима работы денитрификаторов эти вещества могут привести к полной гибели выращиваемых объектов. Иными словами, денитрификация на современном уровне освоения технологий этого процесса сложна в управлении и не может гарантировать устойчивых результатов работы систем УЗВ.

Все другие системы, в которых отсутствует конечный процесс анаэробной денитрификации оборотной воды, в принципе называться УЗВ не могут. В них процесс переработки азотных соединений заканчивается на стадии нитратов, которые накапливаются в оборотной воде. И снижение их содержания до безопасного для объектов культивации уровня в таких системах производится методом разбавления за счет подачи свежей воды с минимальным содержанием нитратов. При этом удаляется часть оборотной воды с высоким содержанием нитратов.

Тем не менее, в рыбохозяйственной практике системы оборотного водоснабжения с биологической очисткой воды, которые не имеют в составе оборудования денитрификаторов, называют УЗВ. Как у нас в России, так и за рубежом, принято УЗВ называть системы, в которых подпитка свежей воды не превышает за сутки 30% объема оборотной воды. Почему это происходит – во-первых, это красиво звучит, во - вторых, этот термин способствует более легкому согласованию проектов с властными органами, в компетенции которых находятся отношения проектируемых производств с окружающей средой.

Я не собираюсь делать революцию в принятой терминологии, и даже мой доклад называется соответственно. Но надо помнить принципиальную разницу – в УЗВ происходит полная регенерация оборотной воды по соединениям азота, а подпитка воды устраняет только механические невозвратные потери. Такие системы работают в бессточном режиме.

В системах только с аэробной биологической очисткой процесс превращения азотных соединений останавливается на стадии нитратов. Поэтому важнейшей функцией подпитки свежей воды в таких системах является поддержание их содержания на безопасном уровне. В этой связи надо понимать, что указываемые зачастую в рекламных материалах показатели уровня замены воды в таких системах на конкретном уровне – 5 - 10% в сутки не совсем корректны. Уровень подпитки зависит от нагрузки системы по внесению кормов, и чем больше эта нагрузка (или плотность содержания рыбы), тем быстрее идет накопление нитратов и соответственно, тем больший уровень подпитки требуется. То есть одна и та же система может работать как при 5% подпитке, так и 15% и больше в зависимости от нагрузки в тот или иной период.

В дальнейшем под термином УЗВ мы будем рассматривать современные промышленные рыбоводные системы с применением только аэробной биологической очистки.

Основные компоненты оборудования систем УЗВ.

Принципиальная схема УЗВ состоит из следующих элементов:

- рыбоводные емкости (бассейны);
- трубопроводы с запорной и регулирующей арматурой для подачи воды в рыбоводные бассейны и стока загрязненной воды на систему очистки;
- устройства механической очистки оборотной воды;
- устройства аэробной биологической очистки воды;
- вторичные механические фильтры, устанавливаемые после устройств биологической очистки воды;
- устройства для обеззараживания или снижения уровня бактериальной обсемененности оборотной воды;
- устройства для аэрации или оксигенации оборотной воды;
- оборудование для регулирования pH;
- система подпитки свежей воды;
- система терморегуляции (подогрева или охлаждения);
- контрольно-регулирующая аппаратура.

Кроме оборудования в составе одной или нескольких рыбоводных установок, имеется также общее для всех установок оборудование, которое обеспечивает поставку электроэнергии, воды, тепла, кислорода или воздуха, а также обрабатывает стоки рыбоводных систем. Сейчас мы не будем рассматривать состав общего оборудования, которое скорее относится к системе инженерии. Остановимся кратко на оборудовании в составе рыбоводных установок.

Рыбоводные бассейны бывают разной формы, габаритов, выполняются из разных материалов в соответствии с биологическими требованиями объектов культивации в разные периоды жизни, финансовыми возможностями и пожеланиями заказчика. Главные требования к бассейнам – они должны обеспечивать условия содержания гидробионтов (это скорость водообмена, глубина воды в бассейнах, скорость течения воды), должны обеспечивать вынос экскрементов, качество поверхности дна и стенок бассейна не должно способствовать накоплению обрастаний и органических загрязнений. Кроме того, конструкция и габариты бассейнов должны обеспечивать удобное их обслуживание. Материалы для изготовления должны быть относительно долговечными для обеспечения срока эксплуатации не менее 10 лет. Последнее не относится к пленочным и тканевым материалам из-за их небольшой стоимости.

Трубопроводы и запорно-регулирующая арматура в современных системах изготавливаются из некорродирующих синтетических материалов: полиэтилена, полипропилена, поливинилхлорида и других пластиков. Они характеризуются долговечностью, высоким качеством внутренней поверхности, не оказывают влияния на качество воды, легко монтируются.

Для **первичной механической очистки** воды после рыбоводных бассейнов применяются в основном барабанные фильтры (Гидротех и Файвре). Они компактны, способны удалять из оборотной системы взвеси от 15 микрон, работают в автоматическом режиме, удаление загрязнений производится не в периодическом, а в непрерывном режиме. Отстойники не получили развития из-за своих габаритов: они должны вмещать не менее 25% объема воды в системе. Механические засыпные фильтры также не получили развития как из-за больших габаритов, так и из-за трудностей обслуживания, которое заключается в периодической обратной промывке фильтрующего слоя.

Аэробная биологическая очистка, как правило, производится с помощью биологических фильтров разной конструкции. В основном применяются капельные (орошаемые) биофильтры с загрузкой разных модификаций. В последнее время преимущество отдается биофильтрам псевдокипящего слоя, в которых биозагрузка в виде сыпучих элементов с большой удельной площадью поверхности (до 800 м²/м³) постоянно находится во взвешенном состоянии за счет интенсивной продувки водяного слоя воздухом и активно перемешивается. Одним из вариантов такого принципа устройства биофильтров являются песочные фильтры. Песок имеет площадь поверхности около 10 тысяч м²/м³. Правда, они в основном применяются при культивировании холодноводных рыб (лососевые), и имеется информация, что на более теплолюбивых рыбах их эффективность не очень высока. Мне известен один случай применения песочных биофильтров при выращивании осетровых рыб в Финляндии (г. Иматра), но информацией по их эффективности я в настоящее время не располагаю.

Вторичные механические фильтры устанавливаются после прохождения оборотной водой устройств биологической очистки. Их назначение – удалять взвешенные вещества, проскочившие предыдущие стадии обработки воды, а также частицы отмирающей биопленки биофильтров. В принципе можно устанавливать барабанные фильтры, но, из-за их конструктивных особенностей, в этом случае создаются определенные сложности в вертикальной компоновке оборудования системы в целом и увеличиваются энергозатраты на перемещение воды за счет увеличения высоты подъема воды. В основном применяются объемные фильтры с загрузкой фильтровальных элементов и направлением движения воды снизу вверх. При использовании биофильтров с псевдокипящим слоем на выходе воды из него устраивается дополнительная секция, где биозагрузка с отрицательной плавучестью находится в неподвижном состоянии. Такие устройства, кроме выполнения функции механического фильтра, служат биофильтрами второй очереди. Естественно, что для их эффективной работы в качестве биофильтра вода в них должна иметь достаточную насыщенность растворенным кислородом во избежание преобладания денитрифицирующих процессов. Особенностью объемных засыпных вторичных фильтров является необходимость их периодической промывки для удаления накапливающейся органики в виде взвешенных веществ и отмирающей биологической пленки биофильтров.

Устройства для регулирования бактериальной обсемененности оборотной воды необходимы для снижения ее уровня до величин, обеспечивающих комфортные условия культивирования разводимых объектов на разных стадиях выращивания. Обычно для этих целей используются обеззараживающие установки с ультрафиолетовыми бактерицидными лампами, озонирование воды или их совместное воздействие на микрофлору оборотной воды. При этом уровень мощности ультрафиолетового облучения или воздействия озона не должен обеспечивать полной стерильности оборотной воды. Выращивание рыбы в стерильных условиях снижает ее иммунитет, и перевод такой рыбы из систем УЗВ на товарное выращивание в традиционные рыбоводные хозяйства зачастую бывает плачевным.

Оксигенация оборотной воды является одним из важнейших условий применения технологий УЗВ. Кроме эффекта увеличения плотности содержания культивируемых объектов производства на единицу площади или объема рыбоводных емкостей, оксигенация резко снижает гидравлические потоки и объем воды в системе. Это напрямую

влияет на габариты таких установок, в разы снижает энергозатраты на обеспечение работы систем УЗВ и, в конечном счете, определяет их экономическую конкурентоспособность с хозяйствами другого типа.

Принципы проектирования и эксплуатации УЗВ

Универсальной теоретической базы для проектирования УЗВ, которая была бы пригодна для любых видов рыб, в настоящее время не существует. Основные закономерности получены в основном экспериментальным путем на основе опыта выращивания тех или иных видов рыб. При этом, в большинстве случаев для пресноводных систем данные базируются на результатах, полученных при выращивании лососевых рыб, а из них – на выращивании форели. Выведены определенные закономерности по росту рыбы в системах УЗВ, кормовые коэффициенты, количество выделяемых взвешенных веществ, органических и неорганических загрязнений, поступающих в воду при физиологических отправлениях выращиваемой рыбы. На опыте выращивания разновозрастной радужной форели и близких к ней видов лососевых рыб отработаны нормативы удаления загрязнений при механической фильтрации, необходимая площадь поверхности биофильтров для переработки загрязнений, выделяемых рыбой при потреблении килограмма кормов, требования к качеству воды в оборотных системах, требуемые режимы обеззараживания оборотной воды, нормы подпитки свежей воды. Практика выращивания в условиях УЗВ других видов пресноводных рыб, биология и температурные условия содержания которых существенно отличаются от лососевых рыб, имеет сравнительно короткую историю и не получила еще широкого распространения. Тем не менее, практика показывает, что при организации выращивания таких видов рыб механически переносить нормы проектирования, полученные на опыте выращивания форели, нельзя.

При выращивании в системах УЗВ осетровых рыб выявлены существенные особенности, которые требуют несколько иных подходов к проектированию составных частей системы по сравнению с лососевыми рыбами. При культивации форели на барабанных фильтрах удаляется до 60% органических загрязнений в виде экскрементов рыбы, не съеденных и размытых кормов, или так называемого «рыбоводного осадка». При выращивании осетровых этот показатель находится гораздо ниже. Происходит это потому, что экскременты осетровых рыб по своей консистенции рыхлые и легко размываются, да еще вдобавок донная рыба активно способствует их дроблению за счет прямого растирания и создания сильных вихревых течений у дна бассейнов. В результате фракционный состав взвешенных веществ по сравнению с таковым при выращивании форели гораздо мельче, и значительная часть органики проскакивает через микросетки барабанных фильтров. Увеличение органической нагрузки в виде мелких фракций взвеси и в растворенном состоянии на биофильтры вызывает сдвиг состава биопленки в сторону существенного увеличения количества гетеротрофных бактерий, которые переводят азот органических соединений в неорганическую форму - аммонийный азот (NH_4+NH_3). Этот процесс сопровождается значительным сдвигом рН воды в щелочную сторону. При этом угнетаются бактерии - нитрификаторы, переводящие аммонийный азот в нитриты и затем в относительно безопасные нитраты. Эти группы бактерий имеют оптимальные условия для развития и отправления своего назначения в довольно узком диапазоне рН, близком к нейтральным показателям.

Кроме этого фактора, существует другой. В результате усвоения кормов осетровые выделяют в воду в 2 раза больше азотных соединений, чем форель. Эти данные подтверждаются производителями кормов (Коппенс). Происходит это по двум причинам. Во-первых, корма для осетровых содержат больше белка, который и является источником поступления азота. Во-вторых, кормовые коэффициенты при выращивании осетровых в 1,5 раза выше, чем при выращивании форели.

Из-за влияния выше описанных особенностей культивирования осетровых рыб в УЗВ теоретически мощность биофильтров должна увеличиться втрое и больше по сравнению с форелью. Но существует и третий фактор, влияющий на эффективность работы биофильтров – температура оборотной воды, которая при культивировании осетровых рыб находится гораздо ближе к оптимальной (+25°C), чем при выращивании форели.

В итоге суммарное влияние всех трех факторов приводит к тому, что на практике для поддержания содержания аммонийного азота и нитритов на приемлемом для осетровых рыб уровне по сравнению с форелью при одинаковых плотностях содержания и одинаковой кормовой нагрузке на систему площадь активной поверхности биофильтров необходимо увеличивать в 2 раза.

Характерной особенностью действующих крупных УЗВ для выращивания осетровых рыб как у нас в стране, так и за рубежом, является устойчивый рост реакции среды (рН) оборотной воды по сравнению с таковой в подпиточной воде (Калужский КРОК, Ярославский завод, завод в Голландии). Вызывается это большим поступлением органики на биофильтры. В результате, если по всем канонам теории выращивания рыбы в УЗВ увеличение плотности содержания рыбы приводит к снижению рН даже ниже нейтральных показателей и требуется корректировка кислотности воды путем ввода в оборотную воду щелочей, в осетровых системах требуется обратный процесс снижения рН в сторону

нейтральной реакции путем ввода в систему кислоты. При этом это мероприятие имеет очень важное значение. Общеизвестно, что токсичность аммонийного азота возрастает с ростом рН выше нейтральных показателей за счет увеличения содержания активной его части - свободного недиссоциированного аммиака NH_3 - в суммарном аммонийном азоте. Так, при температуре воды $+20^\circ\text{C}$ при нейтральной рН доля аммиака в суммарном аммонии составляет 0,5%, а при рН 8,0 она увеличивается до 4,7 %, или в почти в 10 раз. Если при нейтральной реакции среды предельное содержание суммарного аммонийного азота без ущерба для выращивания рыбы может достигать порядка 10 мг/л, то при рН равном 8,0 этот порог снижается до 1,1 мг/л. Если при эксплуатации УЗВ не контролировать реакцию среды и не принимать меры к ее нормализации, мы можем полностью погубить выращиваемую рыбу при, казалось бы, нормативном содержании аммонийного азота на вытоке из рыбоводных бассейнов (2,0 мг/л).

Отрицательное влияние роста рН воды в осетровых УЗВ дополнительно заключается в подавлении процессов нитрификации азота, в результате чего в воде растет содержание нитритов – второго по уровню отрицательного воздействия на объекты культивации азотного соединения.

Иными словами, рост показателей рН оказывает отрицательное влияние как на выращиваемую рыбу, так и на эффективность работы биофильтров.

По сравнению с системами для форели, осетровые системы требуют или снижения нагрузок в 2 раза, или соответствующего увеличения мощности биофильтров. Ни то, ни другое не оказывает положительного влияния на уровень начальных инвестиций в реализацию проекта и на его экономическую эффективность. Необходим поиск других технологий, позволяющих обеспечить эффективность осетровых УЗВ на современном достигнутом уровне.

Одним из путей может быть увеличение эффективности удаления взвешенных веществ на первичных механических фильтрах путем установки более мелких сеток. Обычно применяются сетки от 40 микрон, но в принципе есть сетки и 30, и 16 микрон. Однако, практика эксплуатации биофильтров с такими сетками показала, что на рыбоводных системах они неприемлемы – быстро забиваются органическими веществами и жирами в составе кормов и в результате становятся полностью непроницаемыми для воды.

Новым направлением в технологиях УЗВ для осетровых, во многом решающим эту проблему, является расширение функций озона. Раньше применение озона рассматривалось в основном в качестве эффективного обеззараживающего средства. Других задач при применении озонных технологий на форелевых УЗВ не ставилось, поскольку существующие конструкции этих УЗВ обеспечивали достаточно нормальные условия содержания рыбы. Но, кроме этой функции, озон обладает довольно широким спектром положительного воздействия на оборотную воду. Он способен напрямую реагировать с основными лимитирующими промежуточными продуктами переработки азотных соединений – свободным аммиаком и нитритами, переводя их в безопасные соединения. Как сверхагрессивный окислитель, он способствует прямому окислению органических веществ, в том числе крайне устойчивых гуминовых веществ, переводя их в более простые соединения, которые легче перерабатываются на биофильтрах. При этом, достигается очень высокий эффект снижения содержания органических веществ в оборотной воде, исчезает характерный желто-коричневый цвет оборотной воды. Разложение большинства видов трудно выводимой органики в значительной мере обеспечивает эффект дезодорации воды и тем самым способствует снижению характерного крайне неприятного запаха и привкуса рыбы, выращиваемой в системах с применением биологической очистки воды. Озон способствует коагуляции взвешенных органических веществ, тем самым увеличивая эффект их удаления на механических фильтрах. Иными словами, применение озонных технологий положительно влияет на эффективность основных компонентов систем УЗВ – механических и биологических фильтров, способствует значительному улучшению условий содержания выращиваемой рыбы.

Расширение функций применения озона в УЗВ для осетровых рыб требует серьезного (в десять и более раз) увеличения количественных показателей его подачи, внимательного отношения к технологиям его ввода и принятия технических решений, которые надежно ограждают выращиваемую рыбу от возможного отрицательного воздействия при его переизбытке в оборотной воде. При этом, обязательным условием применения озонных технологий является обеспечение безопасности персонала рыбоводных хозяйств.

В настоящее время значительное внимание озонным технологиям обращают в Германии. Если при выращивании форели подача озона применяется из расчета не более 10 грамм за сутки в расчете на один килограмм заданного в систему корма, то для осетровых систем указываются величины от 2 до 4 грамм озона в час на каждый килограмм заданного корма.

Практика применения озона в промышленных системах в России находится на начальном уровне. Наиболее продвинутыми в этом отношении являются Ржевский и Ярославский осетровые заводы, небольшое хозяйство в

Московской области (Красная Пахра). Результаты использования озонных технологий на них показывают очень хорошие результаты.

При выращивании в УЗВ товарной рыбы одним очень неприятным моментом является приобретение ей неприятного илового запаха и привкуса. Вызывается это явление поступлением в воду продуктов жизнедеятельности биопленки биофильтров. В любых системах биологической очистки в той или иной мере происходят процессы денитрификации, если закрыт доступ кислорода к культивируемым бактериям. Происходит это во внутренних слоях биопленки в месте соприкосновения ее с поверхностью биоагрегатных элементов. Кроме того, такой же процесс происходит при обрастании поверхности бассейнов, при накоплении рыбоводного осадка в трубопроводах и в прямках оборотного водоснабжения. Если при выращивании рыбопосадочного материала это явление не имеет существенного значения, то при выращивании товарной рыбы в состав оборудования необходимо включать бассейны для отмывки рыбы. Процесс этот происходит для рыбы в течение 10 - 14 дней, при выращивании рыбы для производства товарной пищевой икры процесс отмывки растягивается на 2 месяца. При эксплуатации таких бассейнов необходимо обеспечить их прямоточное водоснабжение свежей водой или оборотное с заменой не менее 50% воды в течение суток. При этом, из системы оборотного водоснабжения необходимо исключить любые устройства типа биофильтров, дегазаторов и засыпных фильтров. На их поверхности в неизбежном порядке поселяется бактериальное и водорослевое обрастание, и в течение короткого времени, не более 3 - 4 недель, система теряет способность освобождать рыбу от этого запаха и привкуса. Для снижения потерь массы рыбы в процессе отмывки применяется снижение температуры воды. При производстве товарной икры производится 2-месячная искусственная зимовка, в течение которой происходит как отмывка, так и созревание рыбы до необходимых кондиций икры - сырца для производства качественной продукции.

Эксплуатация УЗВ требует высокой культуры производства, строгого соблюдения технологической и производственной дисциплины, творческого отношения к обязанностям. Специалистам приходится применять весь багаж знаний, которые они накопили в процессе среднего и специального образования. Надо помнить, что любые отступления от технологий при выращивании рыбы неизбежно оборачиваются дополнительными нагрузками на системы оборотного водоснабжения. Это касается плотностей содержания рыбы, режима и техники раздачи кормов, бережного обращения с рыбой при пересадках, сортировках и прочих рыбоводных операциях, систематического контроля за качеством оборотной воды и состоянием рыбы. Необходимо помнить, что УЗВ рассчитываются на определенные нагрузки по количеству рыбы и суточной раздаче корма. Большое значение имеет организация дробного кормления, исключение перекорма рыбы и попадания значительного количества не съеденного и размытого корма на оборудование оборотного водоснабжения. Корма имеют по сравнению с экскрементами рыбы совсем другую консистенцию и состав, переработка кормов на биофильтрах идет очень трудно, что может вызывать серьезные сбои. Серьезное внимание необходимо уделять реакции среды. Повышение pH отрицательно действует на физиологическое состояние рыбы, повышает токсичность аммонийного азота и угнетает нитрификацию азотных соединений на биофильтрах. Не следует допускать содержания кислорода в вытекающей из бассейнов воде свыше 100% насыщения. При прохождении биофильтров лишний кислород отдувается в атмосферу, что приводит к бесполезной перегрузке кислородного оборудования и сокращает ресурс его работы.

Важнейшее значение имеет обеспечение стабильной нагрузки на биофильтры. Биофильтры – живая система, при резком снижении раздачи кормов из-за недостатка питания значительная часть биопленки отмирает, а при резком возрастании раздачи кормов уровень развития биопленки не может обеспечить своевременную переработку возросшего количества загрязнения. Инерционность работы биофильтров предполагает соблюдение плавности увеличения или снижения нагрузок. Не следует, также, ожидать полной мощности биофильтров сразу после проведения процедуры его запуска в работу. Если система рассчитана, допустим, на 20 тонн рыбы и 200 кг корма в сутки, это не значит, что мы можем после 2-недельной процедуры пуска системы в работу сразу нагрузить модуль полностью рыбой и выдавать 200 кг. кормов. Созревание биофильтров- длительный процесс, и в зависимости от условий может происходить в течение нескольких месяцев, полугода и более длительного времени.

Инженерные службы, со своей стороны, должны понимать сущность процессов, происходящих на системе оборудования оборотного водоснабжения, а не только обеспечивать техническую исправность оборудования. Необходимо помнить, что остановка работы биофильтров на время, превышающее 3 часа, неизбежно приводит к снижению его производительности. При любых технических сбоях оборудования оборотного водоснабжения информация должна быть доведена до рыбоводной службы для принятия соответствующих решений по корректировке производственного процесса и для повышенного контроля последствий таких сбоев для выращиваемой рыбы. Система УЗВ – это единый комплекс рыбоводных бассейнов и оборудования оборотного водоснабжения, комплекс этот живой и базируется на жизнедеятельности бактерий оборудования биологической очистки воды.

Поэтому нормальная его работа обеспечивается при тесном взаимодействии рыбоводной и инженерной служб, которые делают одно дело. При эксплуатации УЗВ нет главных и вспомогательных служб.

Высочайшая интенсификация производственного процесса требует внимательного отношения к физиологическому и эпизоотическому состоянию объектов культивации.

При выборе источников водоснабжения преимущество надо отдавать артезианской воде, даже если она по отдельным параметрам не соответствует требованиям рыбоводства. Обычно это содержание кислорода и общего железа, реже высокая рН, соленость и содержание аммонийного азота. Последнее относится к нефтеносным районам Сибири, Северо-востока европейской части России. Вопросы нормализации содержания кислорода, железа, рН не составляют технических проблем. Сложнее проблема высокого содержания аммонийного азота. Практически не решается проблема избыточной солености. В любом случае для нормализации вышеперечисленных показателей артезианской воды требуется дополнительное техническое оборудование и определенные затраты. Но это с лихвой компенсируется практически стерильностью артезианских вод и постоянством состава и температуры. Эти моменты позволяют проводить первичную водоподготовку в автоматическом режиме и в любой момент знать, что вода имеет одни и те же постоянные показатели качества.

Открытые водоемы в качестве водоисточников для УЗВ проигрывают из-за непостоянства состава, температуры воды, наличия органики, вероятности залповых их загрязнений и заноса заболеваний рыб.

Наличие и развитие заболеваний во многом зависит от иммунитета выращиваемой рыбы. Поэтому создание благоприятных условий для жизнедеятельности рыбы - отсутствие стрессов из-за высоких плотностей содержания и небрежного обращения с рыбой при выполнении рыбоводных операций, критических гидрохимических показателей, снижение содержания органических веществ в оборотной воде, поддержание чистоты рыбоводных бассейнов, нормативный уровень бактериальной обсемененности воды, ограничение завоза рыбы из сторонних хозяйств - являются главными условиями благополучного эпизоотического состояния производства. На ведущие места в УЗВ выходят болезни индустриальных хозяйств: вспышки заболеваний, вызываемых условно патогенными микробами, проявления вирусных заболеваний, болезни, вызываемые простейшими, алиментарные заболевания из-за применения несоответствующих и недоброкачественных кормов, асфиксия и токсикозы, вызываемые критическими показателями воды по уровню содержания растворенного кислорода, рН, аммонийного азота, нитритов. Значительный урон, даже для производителей осетровых рыб, может приносить моногенетический сосальщик диклиботриум арматум, борьба с которым в условиях УЗВ не так проста.

Меры борьбы с болезнями рыб, применяемые в прямоточных системах, не всегда применимы в УЗВ. Проведение кратковременных высококонцентрированных воздействий лечебных препаратов может привести к гибели биофиленки биофильтров, а выполнение таких операций в специальных емкостях вне бассейнов крайне трудоемко и нетехнологично. Поэтому применяются умеренные концентрации лечебных препаратов непосредственно в бассейнах при длительной их экспозиции и внесении их в корма. Применяются также и экологические методы воздействия на возбудителей болезней - создаются условия, при которых они прекращают размножаться или просто не могут существовать. Это температурные воздействия и применение метода повышения солености воды. Соль является довольно универсальным средством и широко применяется, показывая неплохие результаты, в том числе и при применении в профилактическом порядке. Хорошие результаты дает применение формалина, к которому биофильтры довольно устойчивы.

Немаловажное значение для ограничения распространения заболеваний в крупных предприятиях с применением УЗВ имеет модульный принцип компоновки оборудования, когда изолированная группа бассейнов замыкается на самостоятельную, систему оборотного водоснабжения.

Экономические аспекты строительства и эксплуатации УЗВ

Первоначальные инвестиции в строительство УЗВ находятся на высоком уровне, эксплуатационные расходы также выше относительно других рыбоводных систем, эксплуатация УЗВ требует высококвалифицированных как инженерных, так и рыбоводных специалистов. Все это определяет более высокую себестоимость продукции. По этой причине УЗВ используются, в основном, для стабильного круглогодичного производства высококачественного рыболовочного материала с последующим выращиванием товарной рыбы в комбинации с другими, менее затратными технологиями. При таком производстве применение УЗВ трудно переоценить.

Товарное пищевое производство с применением технологий УЗВ организуется в основном в климатических районах, позволяющих эксплуатировать хозяйства открытого типа (без строительства здания). При этом, набор

объектов выращивания ограничивается высокоценными видами рыб, имеющими высокие цены реализации и устойчивый спрос.

Климатические условия России имеют очень ограниченные территории, где возможно размещение открытых систем для организации производства товарной пищевой рыбы, или такие системы должны базироваться на теплых стоках крупных предприятий энергетики и тяжелой промышленности. Во всех остальных случаях требуется строительство утепленных зданий, организация отопления в холодный период времени, устройство систем вентиляции, освещения. Все это удорожает стоимость предприятий в 2 раза по сравнению с открытыми системами, соответственно, возрастают и эксплуатационные расходы. По этой причине для России вопрос выбора объектов выращивания и расчет необходимой производственной мощности в случае организации производства конечной пищевой продукции выходит на первое место. Спектр видов рыб, товарное производство которых экономически целесообразно, сужается до радужной форели и близких к ней видов, производство которых лежит близко к уровню безубыточности, возможно, некоторых сиговых (муксун, паляя), более прибыльным является выращивание осетровых. Наиболее реальным вариантом является культивация осетровых рыб с целью производства пищевой икры.

При организации товарного производства рыбы на мясо большое значение имеет объем производства. Не верьте рекламным материалам по прибыльности микропроизводств и микроустановок на уровне 5-10-50 тонн. Такие производства могут быть прибыльными, если будет вороваться электроэнергия, продукция будет продаваться по неофициальным каналам, отработанная вода будет сбрасываться без очистки и т.д. В таком режиме производства можно просуществовать год или два, с началом реализации продукции вас быстро вычислят с соответствующими последствиями.

Товарное производство рыбы имеет смысл при объемах от нескольких сотен тонн, когда вы сможете быть гарантированным поставщиком продукции. Основными преимуществами УЗВ, при этом, заключаются в сокращении длительности производственного процесса, возможности их размещения в непосредственной близости к рынкам сбыта и поставке продукции в период сезонных дефицитов.

При организации производства пищевой икры осетровых рыб объемы производства должны быть на уровне не менее 2-3 тонн. При этом, район размещения производства в плане удаленности от основных рынков сбыта имеет меньшее значение, поскольку объемы перевозки и соответственно транспортные расходы при одинаковой выручке за поставленную продукцию по сравнению с живой или охлажденной рыбой сокращаются в десятки раз.

Во всех других случаях системы УЗВ целесообразно использовать на стадии выращивания рыбопосадочного материала как конечного продукта производства или встраивать УЗВ в комбинированное производство. При этом под посадочным материалом можно понимать рыбу разных возрастов и размеров в зависимости от принятых технологий и конечных целей производства в соответствии с расчетами наиболее рациональной схемы производства. Опыт использования рыбопосадочного материала осетровых рыб, выращенных в УЗВ, для выращивания товарных осетровых в садковых и бассейновых прямооточных хозяйствах на базе теплых вод энергетических объектов, показывает значительно более быстрый рост – рыба в двухлетнем возрасте по размерам и массе обгоняет трехлетнюю рыбу, выращенную от икры без применения технологий УЗВ.

При организации производства пищевой икры осетровых рыб важно понимать, что производство основной продукции начинается через несколько лет после пуска производственных мощностей в работу. Количество лет определяется выбором объектов культивирования. Так, при организации выращивания сибирского осетра икра в массе начинает производиться на пятом году, а выход на полную проектную мощность составляет не менее 7 лет с начала эксплуатации. Необходимо понимать, что на период преодоления точки безубыточности требуются дополнительные и весьма значительные инвестиции на формирование ремонтно-маточного стада. Все это значительно удлиняет сроки окупаемости таких проектов, что не очень приветствуется инвесторами.

Наглядный пример – судьба Калужского завода КРОК мощностью 16 тонн икры в год. На втором году эксплуатации у инвесторов закончились деньги или, скорее, желание инвестировать их в проект, и в течение следующего года производство было свернуто, хотя для выхода на самофинансирование оставался 1 год. На сегодняшний момент завод находится в состоянии банкротства и выставлен на торги. При этом, продажная цена сейчас, насколько мне известно, снижена не менее чем в 3 раза. Хотя технических и технологических предпосылок к такой ситуации на заводе не было, он и в настоящее время находится в относительно неплохом техническом состоянии, работоспособен, и на нем даже сохранилась часть ремонтно-маточного стада осетровых рыб. По техническому устройству и возможностям этот завод на период строительства был одним из самых совершенных не только у нас в России, но и в Европе в целом.

При организации производства пищевой икры имеет значение и принятая технология. При, казалось бы, очевидном, с точки зрения рыбоводов, преимуществе прижизненного метода отбора икры перед забойным, экономически это не всегда оправдано. Происходит это из-за усложнения технологического процесса, потребности высококвалифицированных кадров, высокой трудоемкости процесса прижизненного отбора икры и ее переработки, значительных потерь продукционных самок после отбора икры при массовом производстве. Спрос на такую продукцию относительно ограничен, что приводит к снижению цен. При всем моем уважении к разработчикам и энтузиастам прижизненного получения пищевой икры, должен сказать, что продукция из овулированной икры и продукция, полученная традиционным забойным методом – совершенно разные продукты. Это связано с технологическими качествами икры-сырца, находящейся на разных стадиях развития, и с температурными воздействиями в процессе производства продукции из икры в 5 стадии развития. При этом при применении забойного метода необходимо иметь четкое представление о стадии развития икры, при которой надо забивать рыбу. За рубежом в погоне за максимальными размерами икры далеко не всегда учитывается это фактор, в производство идет «перезрелая» с точки зрения технологов икра, с вытекающими из этого последствиями.

При выборе подрядных фирм для реализации проектов в части технологического оборудования необходимо учитывать несколько моментов. Фирма должна иметь опыт проектирования и строительства систем УЗВ, комплектации стандартизированного и изготовления нестандартного оборудования, опыт монтажа или шеф - монтажа оборудования. Давать гарантии на работоспособность всего комплекса оборудования, в наилучшем случае обеспечивать сопровождение периода пуска оборудования в эксплуатацию и получения первых производственных результатов, проводить обучение персонала, при необходимости обеспечивать техническое обслуживание и технологическое сопровождение в процессе эксплуатации. При серьезных инвестициях в такие проекты необходимо получить работоспособное предприятие. Немаловажное значение имеет также уровень цен на предлагаемое оборудование. На территории России подобных фирм практически нет. По крайней мере, я таких не знаю. Как правило, стоимость комплекта технологического оборудования у иностранных фирм выше, чем у российских или при реализации проектов, выполненных иностранными фирмами, силами российских подрядчиков с заменой части оборудования и материалов на российские. Отрицать этого нельзя. Но при совместном участии иностранных и российских фирм в реализации проектов теряется ответственность обеих сторон за результаты. Приведу пример.

Проект технологического оборудования Ярославского осетрового завода был выполнен финской фирмой «Финнелма Инжиниринг». Проектом были выданы материалы для проектирования здания и инженерной инфраструктуры, дан полный перечень технологического оборудования, выполнены чертежи с трубопроводными трассами. Фирма была готова поставить полный комплекс оборудования, выполнить монтаж и пусконаладку оборудования, проводить обучение персонала. Однако, собственником было принято решение – реализовать проект силами российских фирм, что должно было дать экономию по оборудованию 30 процентов.

Для реализации проекта было привлечено, по крайней мере, 4 фирмы, одна из которых – иностранная. Завод был построен и запущен в эксплуатацию.

В процессе эксплуатации выяснилось, что завод не может обеспечивать нормативные условия выращивания рыбы. При обследовании выяснилось, что в процессе реализации финского проекта были нарушены практически все проектные решения. Фактически смонтированные трубопроводы меньшего диаметра не обеспечивали пропуск расчетных расходов воды. Барабанные фильтры были смонтированы несоответствующей пропускной способности и конструкции. Биофильтры имели меньшую, по сравнению с проектной, площадь активной поверхности. Система подачи воды на биофильтры не обеспечивала надежного бесперебойного их водоснабжения. Система вентиляции биофильтров по мощности была занижена в 10 раз. Смонтированная сверх проекта система раздельного отведения рыбоводного осадка практически не работает. Насосное оборудование поставлено низкого качества в грязевом исполнении, резервные насосы отсутствуют. Смонтированная система автоматики для регулирования содержания кислорода оказалась неработоспособной в принципе, хотя монтаж проводился зарубежной фирмой. Установленные самодельные оксигенаторы не обеспечивали ввода необходимого количества кислорода. Система регуляции pH не выполнена. Конструкция бактерицидных ультрафиолетовых ламп выбрана неудачно, система их водоснабжения выполнена неправильно.

В начальный период эксплуатации до начала 2012 года этими же фирмами проведена некоторая реконструкция. Была проведена полная замена всех насосов на более качественные той же марки. Проброшены дополнительные водоводы для водоснабжения бассейнов. При этом, выполнено это неправильно - наблюдается встречное движение воды по каждой нитке от отдельного насоса. Выполнена система озонирования воды, при этом, ее техническое исполнение было просто ужасным, система несла серьезную опасность здоровью персонала за счет попадания озона в атмосферу

помещения. Водоснабжение системы озонирования было обеспечено за счет отбора воды от потока на биофильтры, тем самым, ухудшив их работу.

За первое полугодие 2012 года силами персонала завода с моим участием дополнительно произведена замена оксигенаторов на немецкие, выполнены работы по восстановлению водоснабжения биофильтров и их вентиляции на проектном уровне. Выполнена реконструкция барабанных фильтров Файвре. Установлены вторичные фильтры и озонаторы на линиях, где они не были смонтированы, рационализирована система ввода озона и выполнена система принудительной вентиляции отходящей от озонаторов газовой смеси. Изменена схема водоснабжения озонаторов и вторичных фильтров. Произведена замена большинства погружных насосов на консольные. Все эти работы выполнены с целью приближения технического состояния завода к первоначальным проектным решениям и обеспечения приемлемых условий содержания рыбы.

В итоге, затраты на оборудование, с учетом проведения дополнительных работ по доведению систем в рабочее состояние, превысили первоначальное предложение финской фирмы. При этом, работы до конца не закончены. Требуется замена насосов на биофильтрах и изменение схемы их водоснабжения, замена барабанных фильтров на большие по пропускной способности, реконструкция системы автоматики на подаче кислорода, увеличение мощности биофильтров за счет увеличения объема биозагрузки, работы по реконструкции бассейнов инкубационного цеха, зимовала и т.д. А это дополнительные серьезные вложения. Прибавьте сюда убытки 3-х лет по эксплуатации. Вот вам опыт экономии на технологическом оборудовании. Скупой платит дважды.

Безусловно, можно и нужно экономить при реализации проектов. Но это может быть в первую очередь на общестроительных работах и на инженерных системах, которые в большинстве случаев проектируются и строятся российскими фирмами. В части технологического оборудования фирмы также могут идти навстречу пожеланиям заказчиков. Например, это касается бассейнов, которые составляют немалую часть стоимости оборудования, также и некоторых других элементов. Но, при этом, необходимо понимать, что уважающая себя и дорожащая профессиональной честью и имиджем фирма будет идти на подобные замены до тех пор, пока у нее сохраняется уверенность в работоспособности системы в целом. В противном случае фирма снимет свои гарантии. Само собой разумеется, фирма не может нести ответственность за те элементы систем УЗВ, которые поставляются и монтируются сторонними подрядчиками.