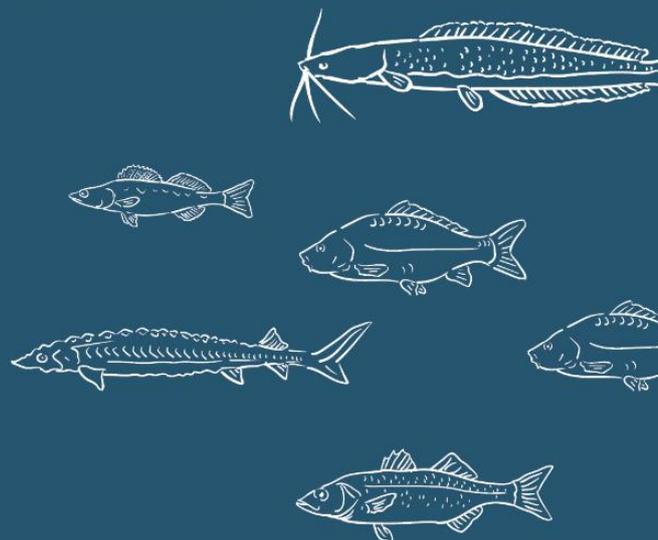




# СИСТЕМА ПРИПРУДОВЫХ БАССЕЙНОВ ДЛЯ ИНТЕНСИВНОГО РЫБОВОДСТВА

ПРУДОВАЯ АКВАКУЛЬТУРА



**ALLER**  
AQUA

*Фотографии и иллюстрации на обложке: Aller Aqua*

*Иллюстрации и фотографии к данной узкоспециализированной публикации любезно предоставил  
Даниель Госпич*

*Графический дизайн: Aller Aqua*

# СИСТЕМА ПРИПРУДОВЫХ БАССЕЙНОВ ДЛЯ ИНТЕНСИВНОГО РЫБОВОДСТВА

ПРУДОВАЯ АКВАКУЛЬТУРА

Автор:  
д-р вет. мед., магистр  
естественных наук Даниель  
Госпич,  
при сотрудничестве с Aller Aqua



Aller Aqua, Кристиансфельд, 2024

© Aller Aqua, 2024

Публикация доступна на сайте Aller Aqua по адресу [www.aller-aqua.com](http://www.aller-aqua.com).

Содержание и иллюстрации, содержащиеся в публикации, защищены авторским правом. Перевод всего текста или его части на другой язык без письменного согласия Aller Aqua запрещен.

В целях содействия обмену знаниями и развитию грамотного кормления рыб этот текст можно распечатать, предоставить третьим лицам либо процитировать без предварительного согласия компании Aller Aqua в соответствии с международными стандартами в области авторского права и с надлежащей ссылкой на источник, как указано ниже.

Источник цитируется следующим образом:

Gospić D. 2023. Tank by Pond System for Intensive Farming. Aller Aqua, Christiansfeld, 25 pp.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ПРЕДИСЛОВИЕ .....	7
ВВЕДЕНИЕ.....	8
РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ТБП .....	9
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ТБП .....	10
БАССЕЙНЫ – КРУГЛЫЕ, ГЛУБОКИЕ И БОЛЬШИЕ .....	12
ПЕРЕКАЧКА ВОДЫ - РЕЦИРКУЛЯЦИЯ.....	16
АЭРАЦИЯ .....	19
ОБРАЩЕНИЕ С ОСАДКОМ .....	24
МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВОДЫ.....	25
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИСЛОРОДА В СИСТЕМЕ ТБП .....	26
ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ ТБП .....	29

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Данное пособие представляет собой руководство по построению, техобслуживанию и эксплуатации системы припрудовых бассейнов (англ. Tank By Pond, сокр. TBP – рус. ТБП), разработанной компанией G2O. Система была разработана для использования в интенсивном рыбоводстве при относительно низких затратах на строительство и техобслуживание по сравнению с потенциальной отдачей. Следовательно, эту систему можно считать экономически выгодным методом интенсивного рыбоводства. В установках этого типа могут выращиваться различные виды рыб, в т.ч. карп, африканский сом, судак и осетр.

Данная публикация призвана помочь рыбоводам во всем мире внедрять в рыбоводных хозяйствах новый, новаторский подход к прудовому рыбоводству, особенно в тех районах, в которых современные и дорогостоящие установки, такие как УЗВ, не являются распространенными и целесообразными. Как и УЗВ, система припрудовых бассейнов основана на принципе замкнутого водообмена и использовании оборудования для прокачки воды и обогащения воды кислородом. Каждый раздел данного руководства посвящен разным аспектам построения и эксплуатации данной системы.

## ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное прудовое рыбоводство достигло предела своих возможностей, и дальнейшая его интенсификация практически невозможна. В Словении, рыбопродуктивность достигает 5-10 т/га в относительно небольших прудах (без подпитки свежей водой, с аэрацией и использованием высококачественных экструдированных кормов); аналогичные результаты были достигнуты в регионах с похожими климатическими условиями. Дальнейшее развитие прудовой аквакультуры не будет основано исключительно на строительстве очередных прудов из-за недостатка площади, водных ресурсов, экономической неэффективности культивирования рыб на больших площадях, ограничений, связанных с охраной окружающей среды, и многочисленных других ограничивающих факторов. В то же время, пруды предоставляют огромные возможности для внедрения новых технологий, которые дают эффект синергии без необходимости вовлечения новых природных ресурсов. Для органического роста и развития методов культивирования прудовых видов, необходимо внедрять новые системы без отказа от уже существующих подходов.

Система припрудовых бассейнов (англ. Tank By Pond, сокр. ТБП – рус. ТБП) была разработана компанией G20 d.o.o. (Словения) в период 2018-2024 гг., и, исходя из принципа ее работы, система относится к установкам типа «пруд в пруду». ТБП предоставляет возможность сверхинтенсивного выращивания теплолюбивых рыб при совмещении бассейнов и прудов для достижения эффекта синергии. С точки зрения механизма действия и эффективности, ТБП принадлежит к категории установок типа УЗВ (установок замкнутого водоснабжения), в которых функцию механической и биологической фильтрации берет на себя пруд; в то же время установки ТБП намного более прочные, простые по структуре и удобные в эксплуатации, соответственно, они экономически более выгодные, чем УЗВ (по показателям CAPEX (капитальным затратам) и OPEX (производственным затратам)). Компания G20 d.o.o. выращивает карповых (в прудах), форель (в УЗВ) и африканского сома (в УЗВ); кроме того, мы разрабатываем сверхинтенсивные системы (прежде всего УЗВ) и реализовали 70 проектов в 7 странах; таким образом, решения, использованные в системах ТБП вытекают из богатого опыта применения разных технических решений, не только из области карповых прудов.

Все сведения, изложенные в руководстве, вытекают из практического опыта и не проходили научную оценку. Все данные являются ориентировочными, получены в собственном рыбоводном хозяйстве и помогают понять потенциал и возможности системы ТБП. Мы считаем, что полученный в Словении опыт применим (с модификациями) на глобальном уровне. Необходимо отметить, что описанные здесь решения представляют лишь одну из многочисленных возможностей использования подхода «пруд в пруду», и преподносятся как возможные и проверенные на практике варианты, которые не стоит рассматривать как окончательные или оптимальные.

## РЫБОПРОДУКТИВНОСТЬ СИСТЕМЫ ТБП

Как показала практика, рыбопродуктивность ТБП составляет 30 т/га/год, без регулярной подпитки свежей водой. В прудах компании G20 не практикуется регулярная подпитка свежей водой; в летние месяцы потери от испарения компенсируются за счет редких атмосферных осадков. Рыбопродуктивность относится к совокупному количеству рыб, выращенных в бассейнах, и связанным с ними пруду, в котором выход составляет приблизительно 10 т/га/год в случае относительно небольших прудов; выход в бетонных бассейнах (кг/м<sup>3</sup>) не определен, поскольку плотность посадки зависит прежде всего от интенсивности аэрации и/или оксигенации. Предыдущий опыт показывает, что плотность посадки 30 кг/м<sup>3</sup> – это верхний предел оптимального и рационального подхода к выращиванию рыб в бассейнах, с применением аэрации. Если применяется оксигенация (насыщение воды чистым кислородом), плотность посадки может вырасти в 3 раза, но в данном случае необходимо сначала проанализировать экономические параметры, чтобы обеспечить экономически целесообразное выращивание рыбы.

Соотношение рыбоводного потенциала в бассейнах и прудах зависит главным образом от характерных особенностей пруда: пруды относительно большой площади при экстенсивном выращивании смогут произвести меньшую часть общего выхода в самом пруду (напр. 1-2 т/га/год), в то время как основной объем производства будет осуществляться в бетонных бассейнах; в относительно небольших прудах при интенсивном производстве (5-10 т/га/год) приблизительно 1/3 объема рыб будет выращена в пруду, а 2/3 – в бетонных бассейнах.

Часто возникает вопрос, почему производство 30 т/га не достижимо в пруду, а достижимо в системе ТБП, хотя фильтрация воды (т.е. разложение органической материи) в обоих случаях относится исключительно к пруду. Ответ заключается в необходимости сохранять соответствующий уровень концентрации кислорода, который является ограничивающим фактором. В пруду, рыбы потребляют меньше кислорода, чем остальная часть прудовой экосистемы, причем соответствующий уровень кислорода сложно поддерживать даже при наличии аэрации, особенно в критический период сезона. В бассейнах потребление кислорода равнозначно потребности рыб в кислороде, поскольку плотность посадки обычно в 30 раз больше, чем в пруду; постоянная очистка от механических примесей и отсутствие шлама (дно бетонное либо пластмассовое) исключают присутствие большинства других потребителей кислорода, которые присутствуют в пруду. Потребление кислорода планктоном не играет существенной роли в бассейнах, а регулярное известкование может еще больше ограничить его возможное воздействие. Более того, механические загрязнения (которые постоянно удаляются из бассейна) осаждаются в седиментационном бассейне/ отстойнике (циклонном сепараторе) и (если надо) сливаются в пруд (в качестве удобрения) либо выводятся из установки (могут применяться в качестве удобрения пахотных земель и прочее) – таким образом, уменьшается нагрузка на экосистему пруда в связи с разложением органической материи и, следовательно, потреблением кислорода.

## ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ТБП

Технология выращивания рыбы в пруду не будет предметом обсуждения в данной публикации, хотя пруд является неотъемлемой частью системы ТБП и необходимо уделять особое внимание техническим и технологическим мерам, предпринимаемым в пруду для поддержания надлежащей гигиены, поскольку это обеспечит соответствующее качество воды в бассейнах.

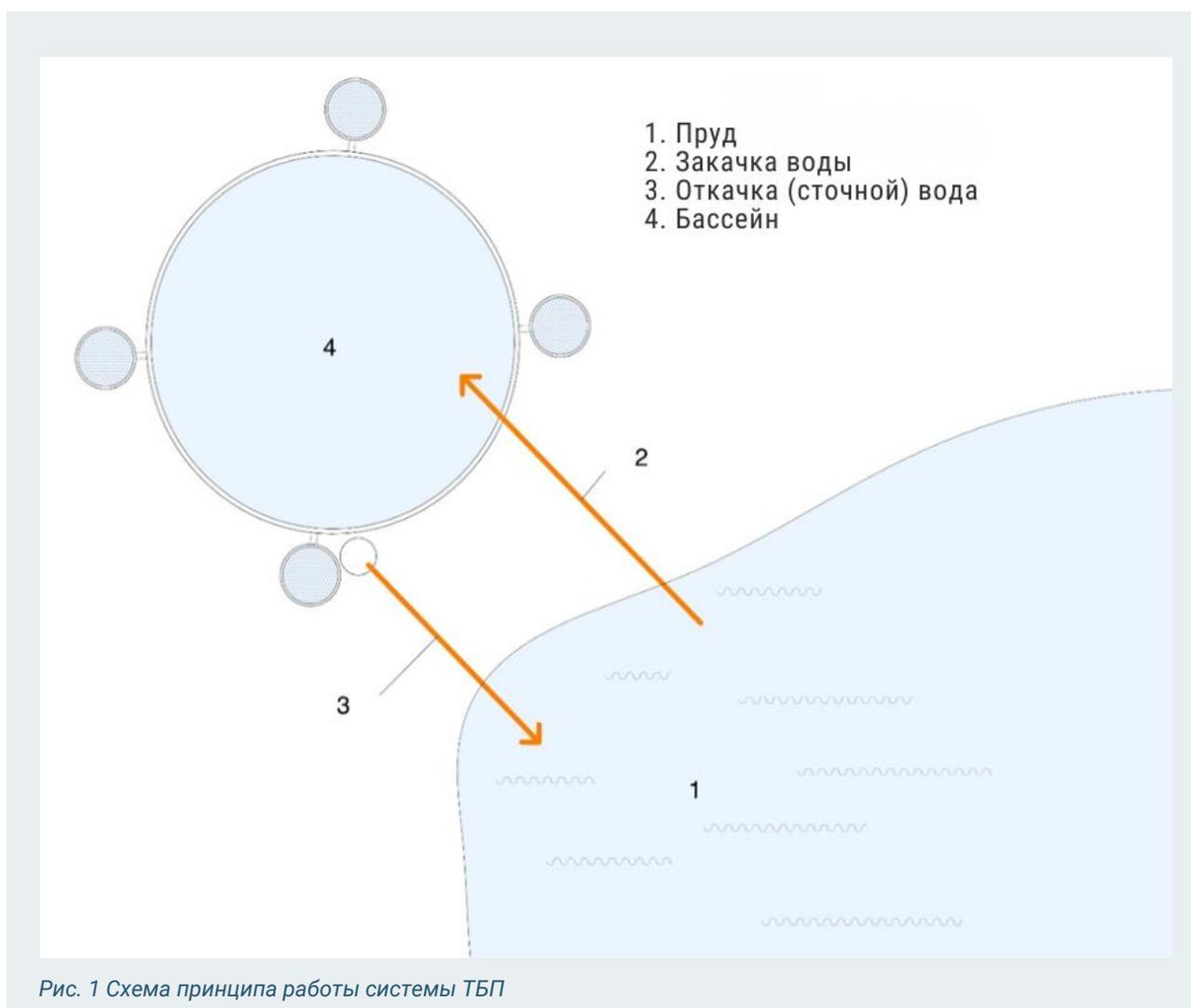


Рис. 1 Схема принципа работы системы ТБП

Стоит напомнить, что слишком экстенсивное выращивание (или полный отказ от выращивания рыбы) в пруду не рекомендуется, так как определенное количество рыб в пруду (озере, водохранилище и т.д.) улучшает качество воды благодаря дестратификации, переработке бентоса, потреблению планктона и т.д. Органическая материя, поступающая из бетонных бассейнов в пруд, используется экосистемой – самими рыбами в пруду; в случае небольшой плотности посадки может наблюдаться эвтрофикация пруда и сопутствующие проблемы с выращиванием рыбы в бассейне. Важным преимуществом системы ТБП является сниженный кормовой коэффициент (FCR) в задействованном пруду, благодаря потреблению произведенной в нем органической материи. Следовательно, пренебрежение выращиванием рыбы в пруду отрицательно сказывается на экономической эффективности всего производства.

#### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ ТБП (ЗА ИСКЛЮЧЕНИЕМ УЖЕ УПОМЯНУТЫХ ФАКТОРОВ, СВЯЗАННЫХ С ПРУДОМ) СЛЕДУЮЩИЕ

- Правильная конструкция и размеры бассейна,
- Перекачка (рециркуляция) воды,
- Аэрация, оксигенация (как вариант),
- Обращение с осадком,
- Мониторинг и контроль качества воды.

## БАСЕЙНЫ – КРУГЛЫЕ, ГЛУБОКИЕ И БОЛЬШИЕ

Бассейны в системе ТБП имеют круглую форму, и они могут быть разными по диаметру. Соотношение диаметра к глубине может составлять максимум 3:1; следовательно, напр. бассейн диаметром 6 м может иметь активную глубину (высоту толщ воды) не более 2 м; в противном случае удаление осадочных отложений не будет оптимальным, поскольку будет нарушено правильное движение воды в бассейне. Если выращиваются рыбы, питающиеся бентосом (каarp, осетр, сом...), это соотношение диаметра к глубине не очень важно, и бассейны с более высокой чем оптимальная толщиной воды не страдают от серьезных дисфункций при удалении осадка. Бассейны с большим диаметром могут иметь намного большую активную глубину, хотя на практике более глубокие бассейны - глубиной приблизительно 3 м - создают сложности при строительстве и не практичны во время обловов, причем большая глубина не означает пропорционально большего роста выхода продукции. В особенности это касается видов, которые не распределены равномерно в толще воды, как например карп, осетр, сом. Как показывает опыт, встречаются бассейны разных диаметров (5-40 м), и их размеры зависят главным образом от видов, запланированных к выращиванию, от запланированного количества рыб, цикла выращивания, ритма обловов и т.д. Как правило, бассейны большего диаметра построить дешевле, учитывая расходы на м<sup>3</sup> рыбоводного объема воды, хотя их функциональность оставляет желать лучшего из-за пропорционально более высоких требований к аэрации, которые



Рис. 2 Система ТБП с бассейном диаметром 15 м (рыбоводное хозяйство Жабник (Žabnik) (Словения), G20 d.o.o.)

невозможно удовлетворить без использования большого количества аэраторов, что является помехой во время обловов. Кроме того, большое количество аэраторов требует много усилий при их эксплуатации и техобслуживании.

По опыту, бассейны диаметром 15 м и глубиной 3 м (далее 15/3) оказались «золотой серединой», поскольку:

- расходы на строительство в пересчете на м<sup>3</sup> рыбоводного объема воды (CAPEX) находятся на относительно низком (приемлемом) уровне,
- количество выращиваемой рыбы в отдельном бассейне размером 15 x 3 м оправдывает капиталовложения в стационарный оксиметр и автоматическую аэрацию,
- обогащение кислородом можно осуществлять без дополнительных аэраторов, а при помощи эрлифта, что облегчает проведение обловов и сводит к минимуму потребность в техобслуживании.

Бассейны поменьше также приемлемы с функциональной точки зрения, и применяются, когда есть потребность в использовании нескольких небольших бассейнов из-за высокой периодичности сортировки (напр. при выращивании окуня), при параллельном выращивании нескольких видов, выращивании сеголетков, проведении экспериментов и т.д. Бассейны диаметром до 20 м могут обогащаться кислородом при помощи системы эрлифтов, а в более крупных бассейнах обычно с этой целью применяются аэраторы.



Рис. 3 Система ТБП с бассейнами диаметром 5 м (рыбоводное хозяйство Жабник (Žabnik) (Словения), G20 d.o.o.)

Бассейны изготавливаются из бетона, и опыт показывает, что их строительство из Н-образных цементных блоков (пустотелых цементных блоков, которые заливаются цементом) является самым быстрым и финансово целесообразным методом. Рекомендуется, чтобы бассейны были закопаны в землю, а высота над уровнем грунта составляла приблизительно 0,7 м. Бассейны, изготовленные из пластмасс или брезента имеют тот недостаток, что не могут быть закопаны в землю, чтобы обеспечить глубину 3 м в толще воды. Следовательно, они более мелкие и часть над поверхностью (рельефом) составляет 1 м или более, что усложняет кормление, облов и мониторинг. Дно бассейна также изготовлено из цемента, причем в центре имеется водоспуск (отверстие), защищенный сеткой, чтобы предотвратить побег рыб из бассейна. Кроме центрального водоспуска рекомендуется оставлять отверстие на верхней линии толщи воды, чтобы воды могла вытекать через верхний водослив, если произошла закупорка центрального водоспуска (мертвая рыба, листья и т.д.). Дно бассейна не обязательно должно быть под уклоном к центру, чтобы создавать эффект «самоочищающегося бассейна», но наклон рекомендуется, чтобы рыбы концентрировались в центре бассейна во время облова, что помогает собирать рыбу во время конечного облова.



*Рси. 4 Система ТБП во время строительства.*

Нам часто задают вопрос, почему мы не используем каналы вместо круглых бассейнов. Каналы требуют совершенно другой концепции, чем системы ТБП, что становится более понятным после ознакомления с описанием системы перекачки воды (рециркуляции) и аэрации в следующих разделах.

У каналов есть единственное преимущество, которое сводится к тому, что в одном канале могут выращиваться разные категории (типы) рыб, поскольку их можно отделить друг от друга сетями. Способ отлова рыб также может рассматриваться как преимущество, так как их можно сгруппировать в одной точке при помощи передвижной перегородки, что невозможно в круглом бассейне. Разделение каналов сетью в системе «пруд в пруду» является спорным преимуществом, поскольку эти сети периодически порастают водорослями и требуют постоянной очистки и ухода (в отличие от каналов для выращивания холодноводных видов), следовательно, такой подход редко встречается на практике. Самым серьезным недостатком каналов является способ удаления осадочных отложений со дна («самоочистка»), который, по сравнению с круглым бассейном, требует как минимум в 8 раз большего потока воды.

В системе ТБП не преследуется цель сохранения соответствующей концентрации кислорода в бассейне за счет перекачки воды из пруда, поскольку концентрация кислорода в пруду варьируется и может быть очень низкой в определенные периоды сезона. Следовательно, перекачку больших объемов воды из пруда в каналы лучше всего осуществлять при помощи эрлифтов (поскольку они перекачивают воду, одновременно обогащая ее кислородом), которые применяются только при небольшой разнице в уровне воды. Следовательно, каналы должны находиться на уровне воды в пруду, причем уровень воды в пруду должен оставаться неизменным. В наших прудах уровень воды падает на 50-70 см в сезоне без регулярных атмосферных осадков. Следовательно, в этот период использование эрлифтов в каналах не функционирует. Очередным недостатком каналов является недостаточное использование занимаемой площади, поскольку, как правило, каналы не бывают глубже 1-1,5 м, чтобы обеспечить соответствующий поток (гидравлику) воды и «самоочистку» каналов. В литературе часто подчеркивается эффективное использование площади каналов, хотя оно гораздо хуже с точки зрения использования объема воды, по сравнению с круглыми бассейнами более крупного диаметра и соответственно большей глубины.

Кроме того, стоимость построения канала гораздо выше стоимости построения круглого бассейна, что наглядно видно по количеству строительного материала (м<sup>3</sup> бетона), необходимого для обеспечения единицы объема воды (м<sup>3</sup> воды). В системе внутриводной УЗВ (англ. IPRAS), разработанной в США, используются каналы. Этот подход очень распространен и дает хорошие результаты, что вызывает скептические замечания по отношению к предпочтительности круглых бассейнов в системе ТБП. Необходимо понимать, что система IPRAS требует строительства (либо реконструкции) всего пруда, в котором бетонные перегородки (стенки) устанавливаются рядом с бетонными каналами для выращивания рыбы, и эффективность системы в одинаковой степени зависит от реконструкции (построения) как пруда, так и канала. Величина, размеры и глубина пруда точно определены из расчета выростных каналов. Движение воды в каналах возможно благодаря сохранению потока воды во всем пруду, причем использование воздушного насоса в канале не достаточно для сохранения в нем соответствующей концентрации кислорода. Более того, система IPRAS была разработана прежде всего для выращивания канального сома, который хорошо переносит большую плотность посадки и относительно низкую концентрацию кислорода по сравнению с тепловодными видами, типичными для нашего региона (каarp, осетр, европейский сом, окунь, судак). Система ТБП не требует реконструкции пруда и применяется в любом пруду с одинаковым эффектом. Этот фактор играет особенно важную роль в нашем регионе, в котором карп порой выращивается в очень старых прудах, и их реконструкция была бы скорее всего экономически необоснованной и сложной по причине растущих требований в области охраны естественной прудовой среды.

## ПЕРЕКАЧКА ВОДЫ - РЕЦИРКУЛЯЦИЯ

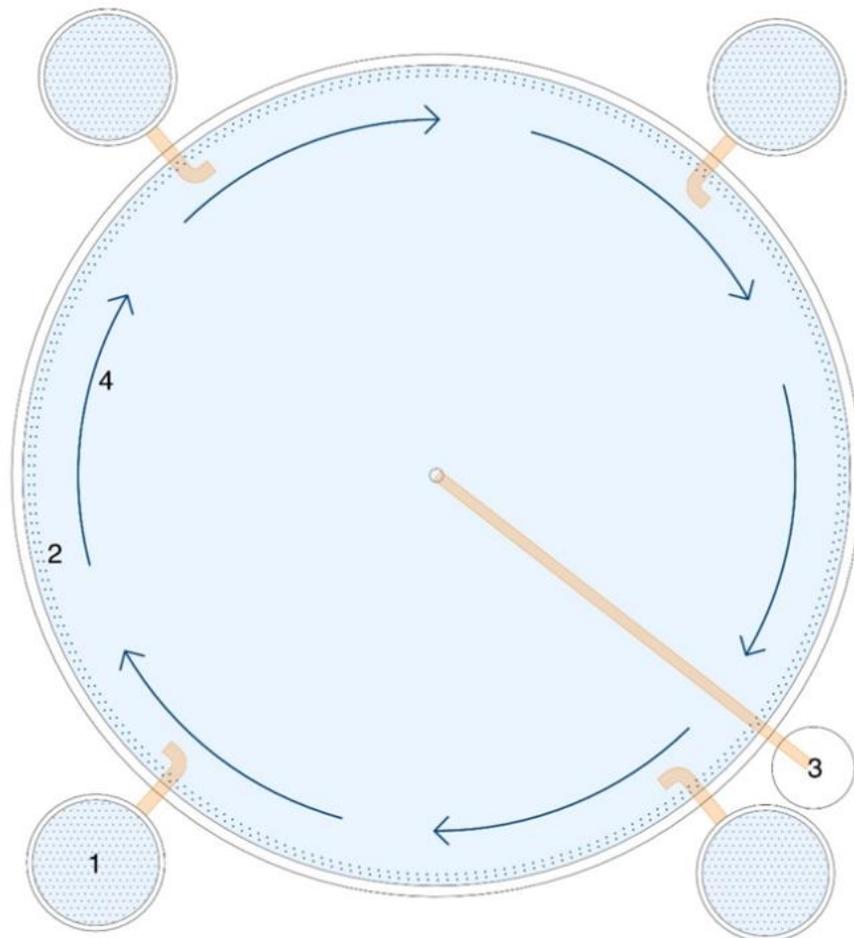
Для правильного функционирования системы ТБП, необходимо обеспечить постоянное снабжение рыбоводного бассейна водой. Вода может перекачиваться из пруда, в который она потом возвращается, или может использоваться свежая вода, которая обычно питает пруд, причем в данном случае она сначала проходит через бассейн. Если в пруду обеспечен постоянный поток качественной воды, эта вода может широко использоваться для выращивания рыбы в бассейнах, чтобы сократить необходимость аэрации; в данном случае это напоминает проточную систему выращивания рыбы с многократным (каскадным) использованием воды. Если в пруду не хватает постоянной подпитки качественной водой, водообмен между прудом и бассейном обеспечивается при помощи насосов. В данном случае, приток воды выполняет важную функцию по поддержанию соответствующей концентрации азотных соединений (TAN (общего аммиачного азота), нитритов, нитратов) и обеспечению постоянного удаления шлама из бассейна.



Рис. 5 Насос для подпитки системы ТБП.

Как показывает опыт, оптимизация водообмена (рециркуляции) требует гибкого подхода в течение рыбоводного сезона из-за сезонных колебаний концентрации кислорода в пруду и постепенного увеличения биомассы в бассейне и пруду. В начале сезона концентрация кислорода в пруду находится на высоком уровне, а концентрация рыб в бассейне и пруду - на низком, поэтому перекачка воды в большом объеме без аэрации зачастую позволяет сохранить оптимальные

параметры воды. Позже в сезоне концентрация кислорода в пруду иногда снижается, и сам пруд обогащается органическими веществами (потребляющими кислород), поэтому необходимо свести перекачку воды к минимуму и увеличить объем аэрации. Несомненно, рекомендуется оснастить более крупные бассейны оксиметрами, которые будут включать систему аэрации по необходимости.



1. Эрлифт
2. Цикл аэрации
3. Циклонный сепаратор
4. Направление движения потока

Рис. 6 Чертеж аэрации и потока воды.

Можно сказать, что относительно небольшие бассейны нуждаются в большем объеме водообмена (20-30% в час), чем относительно крупные бассейны (обмен на 40-100% в сутки) для достижения минимального потока воды, необходимого для самоочистки т.е. для удаления шлама из бассейна. В бассейне диаметром 15 м и глубиной 3 м, достаточно потока воды со скоростью 5 л/сек, чтобы обеспечить самоочистку бассейна, хотя и наполовину меньший поток справляется с обычной концентрацией осадочных соединений, но в данном случае самоочистка не будет полной и надо будет снижать уровень воды на 10-20 см раз в сутки, чтобы очистить от шлама центральную часть бассейна. Хотя бассейн не оснащен биологическими фильтрами, прудовая вода приносит множество частиц, которые являются носителями микроорганизмов с высоким потенциалом нитрификации, который, совместно с аэрацией в бассейнах, обеспечивает интенсивную биологическую фильтрацию на таком же (или более высоком) уровне, чем в УЗВ.

Как правило, мы рекомендуем оснащать бассейны насосами, которые могут обеспечить водообмен в объеме 20-30% в час с возможностью регулирования потока (несколько насосов поменьше, регуляторы частоты), чтобы оптимизировать поток в течение сезона.

## АЭРАЦИЯ

Аэрация играет решающую роль в системе ТБП, поскольку она одновременно выполняет несколько функций: поддержание необходимой концентрации кислорода в воде, циркуляция (поток) воды, дестратификация, дегазация и биологическая фильтрация. Что касается оборудования, практика показала, что использование центробежных двухступенчатых воздуходувок и мембранных диффузоров является самым распространенным и наиболее подходящим вариантом. Центробежные двухступенчатые воздуходувки не требуют регулярного техобслуживания (практически не нуждаются в специальном уходе), не содержат масла, подходят для распределения воздуха на большие расстояния (иногда на несколько сотен метров) и эффективны даже при более высоком давлении (большей глубине воды).



Рис. 7 Центральный блок вихревой воздуходувки

Производительность воздуходувок определяется по общему правилу «сколько м<sup>3</sup> воды в бассейне, столько м<sup>3</sup> воздуха в час». Помимо центробежных двухступенчатых воздуходувок, часто используются также так называемые воздуходувки рутса (Roots blower) и высокоскоростные высокооборотные воздуходувки. Воздуходувки рутса требуют техобслуживания (замены масла в системе передач и смены ремня), в то время как высокоскоростные высокооборотные воздуходувки экономят электроэнергию, но являются относительно дорогими при покупке, поэтому выбирать подходящую воздуходувку следует исходя из энергосбережения, расчета амортизации и необходимости техобслуживания. Воздуходувки обычно устанавливаются центрально (по отношению ко всем бетонным бассейнам и прудам, если в прудах осуществляется аэрация с помощью воздушной продувки), а распределительные линии ко всем точкам потребления прокладываются под землей.



*Рис. 8 Установка вихревых воздуходувок отдельно для каждого эрлифта*

Центральная установка воздудувки снижает затраты (в первую очередь за счет уменьшения количества электрических шкафов и других электроустановок) и облегчает техобслуживание и ремонт. Если бассейны оснащены стационарными оксиметрами и автоматической аэрацией, каждый отдельный бассейн оборудуется собственными воздуходувками. Как правило, воздуходувки оснащены регуляторами частоты, которые позволяют оптимизировать энергопотребление и обеспечить плавный пуск при включении, что снижает предельную нагрузку.

В небольших бассейнах (диаметром не более 5 м) аэрация осуществляется с помощью трубчатого гибкого диффузора (похожего на шланг для капельного орошения), который устанавливается на внутреннем бортике бассейна, примерно на 1 м ниже уровня воды. Такая установка обеспечивает эффективную аэрацию, исправный поток воды, а сама установка не мешает облову и другим операциям в бассейне.



Трубчатый диффузор обычно обматывают 2 раза (двойной шланг), чтобы добиться нужного воздушного потока, поскольку производительность трубчатого диффузора составляет 1-2 м<sup>3</sup>/ч/ на погонный метр диффузора, и необходимо рассчитать, сколько метров трубчатого диффузора требуется для бассейна определенного объема. Дополнительным преимуществом данного типа установки является снижение вязкости (трения между водой и стенкой), благодаря чему направленный поток воды быстрее вызывает круговое движение воды. Помимо кругового движения воды, этот тип аэрации также обеспечивает вторичную циркуляцию воды и дестратификацию в бассейне, что оказалось очень эффективным при концентрации шлама в центре (сифоне) бассейна. Концентрация шлама в центре бассейна дает эффект «самоочистки», а дестратификация способствует «рассеянному» распределению рыб в бассейне.

В бассейнах диаметром более 5 м наряду с трубчатыми диффузорами устанавливают воздушные насосы (эрлифты), которые располагаются рядом с бассейном (с внешней стороны стенки) и подсоединены к двум отверстиям (соединительным трубам) внизу бассейна и вверху. Воздушные насосы представляют собой отсеки, в которых размещены диффузоры; за счет нагнетания воздуха (в дополнение к аэрации) создается эффект перекачки, т.е. вода поступает в нижнюю часть эрлифта из рыбоводного бассейна и вытекает из верхней части эрлифта в рыбоводный бассейн. На выходную трубу надевается патрубок из ПВХ, который направляет поток воды по кругу. Отсеки эрлифта обычно состоят из бетонных труб разного диаметра (1-2 м). Диаметр отсека для эрлифта (бетонные трубы) должен помещать соответствующее количество диффузоров, чтобы обеспечить нужное количество выдуваемого воздуха за единицу времени. На практике мы используем трубчатые диффузоры (пластиковые перфорированные трубки) или мембранные диффузоры; мы предпочитаем мембранные диффузоры, поскольку они способны переносить большее количество кислорода в воду, не происходит закупорка отверстия (что довольно часто случается с трубчатыми диффузорами) и они более простые при сборке. Отсек эрлифта имеет ту же глубину, что и сам рыбоводный бассейн, но диффузоры устанавливаются не на дне отсека, а 1,5-1,7 м ниже уровня воды.



*Рис. 10 Мембранные дисковые диффузоры, установленные в отсеке эрлифта*

Таким образом, был достигнут компромисс между обогащением воды кислородом (чем больше глубина продувки, тем эффективнее обогащение кислородом), количеством нагнетаемого воздуха (количество нагнетаемого воздуха больше на меньшей глубине) и эффектом прокачки (который

увеличивается вместе с ростом глубины). Количество эрлифтов зависит от диаметра (объема) бассейна, обычно на один бассейн приходится 1-4 эрлифта. В бассейнах диаметром 15 м и глубиной 3 м мы используем 4 эрлифта на каждый бассейн. Они изготовлены из бетонных труб диаметром 2 м, с отверстиями 300 мм, и в каждом эрлифте находится 8-12 мембранных дисковых диффузоров (диаметр отдельного диффузора составляет 300 мм).



*Рис. 11 Крупнопузырьковый диффузор (трубы с просверленными отверстиями), установленный в отсеке эрлифта*

В бассейнах диаметром более 20 м становится сложнее обеспечивать аэрацию только с помощью систем эрлифтов, расположенных по периферии вдоль стен бассейна, и приходится проводить аэрацию в самих бассейнах, чаще всего с помощью колесно-лопастных аэраторов. Конечно, существует возможность установки в бассейне плавающих эрлифтов (с направленным потоком воды), что имеет определенные преимущества, поскольку такая система не зависит от множества электроприводов (аэраторов), а скорее от центральных вентиляторов и распределения воздуха. Существует также возможность установки центрально расположенного эрлифта, который приводит ко вторичному движению воды и накоплению шлама в центре бассейна, хотя это решение становится менее эффективным по мере увеличения диаметра бассейна. На дне бассейна иногда устанавливают шланговые диффузоры, которые можно разместить в количестве, достаточном для обеспечения аэрации больших бассейнов, но они мешают при облове и препятствуют правильному движению воды, необходимому для самоочистки бассейна.

## ОБРАЩЕНИЕ С ОСАДКОМ

Каждый бассейн оснащен седиментационным бассейном/ отстойником (вихревым или циклонным сепаратором), который также регулирует уровень воды в бассейне. Отстойник представляет собой бетонную трубу диаметром 1-1,5 м, такой же высоты, как и бетонный бассейн, с дном, расположенным немного ниже, чем дно бассейна. Труба, соединяющая сифон, проходит через дно отстойника и спускает воду и шлам из бассейна. В верхней части отстойника имеется водослив, который позволяет механически очищенной воде стекать обратно в пруд, а осадок остается на дне отстойника. Водослив также регулирует уровень воды в бассейне. В нижней части сборника осадка имеется отверстие, закрытое вертикальной трубой, которая используется для спуска воды из бассейна, то есть она сообщается со сточной трубой. Рекомендуется, чтобы сточная труба была соединена с ручьем или каналом, который находится ниже дна бассейна, чтобы бассейн можно было опорожнять свободным падением по мере необходимости, в противном случае для опорожнения бассейна необходимо использовать насос.

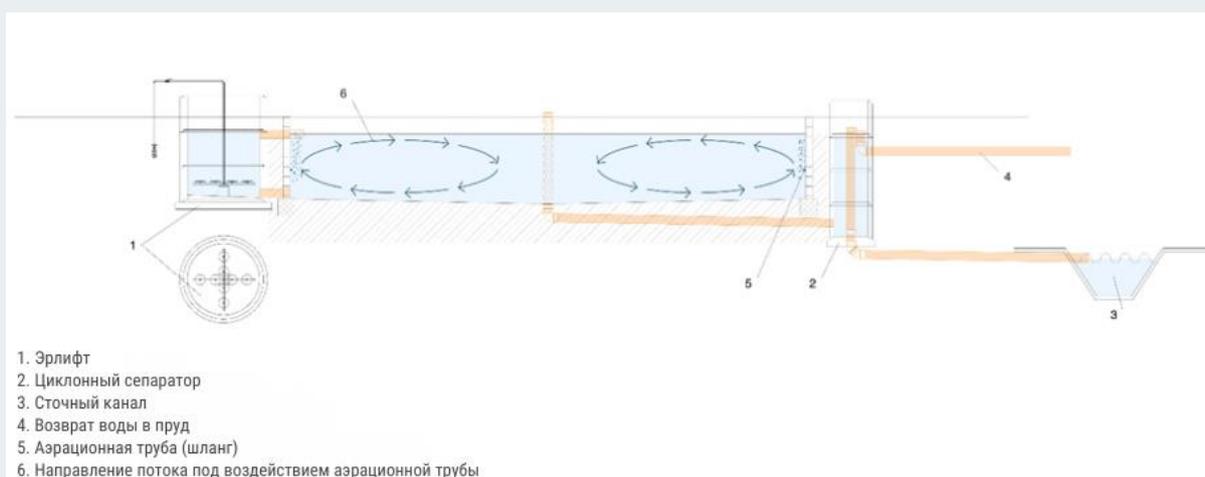


Рис. 12 Чертеж поперечного сечения и течения вторичной воды

Накопленный в седиментационном бассейне осадок можно периодически сбрасывать в пруд, для чего необходимо снизить высоту водослива примерно на 0,5 м, то есть уровень воды в бассейне должен быть выше уровня воды в пруду как минимум на 0,5 м. Если пруд перегружен органическими веществами, шлам можно откачать и вывозить для использования в сельскохозяйственных угодьях или утилизировать другим способом, в соответствии с имеющимися возможностями и правовыми нормами. При интенсивном кормлении и высокой плотности посадки желательно раз в день понижать уровень воды в бетонном бассейне, чтобы удалить осадок вокруг сифона и тем самым еще больше уменьшить количество осадка в бассейне.

## МОНИТОРИНГ И КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Ключевым параметром является кислород, который, как показывает практика, должен быть выше 4,0 мг/л (для карпа). В относительно небольших бассейнах кислород (и температуру) измеряют не менее двух раз в день, а кратность аэрации регулируют с помощью клапанов с ручным управлением и настраивают мощность центральных воздуходувок. В относительно больших бассейнах обычно используется стационарный оксиметр, который запускает воздуходувку, когда концентрация кислорода падает ниже 4 мг/л. Иногда в относительно больших бассейнах применяется постоянная работа воздуходувки (расположенной в центре по отношению ко всем действиям, связанным с выращиванием рыбы), а дополнительная воздуходувка включается автоматически по мере необходимости (по принципу «тонкой настройки») с помощью стационарного оксиметра в воде.

На практике мы не измеряем другие параметры воды, а основным показателем качества воды является аппетит и поведение рыб. В случае перекармливания и разложения несъеденного корма в бассейне (типичная ошибка) наблюдается заметное ухудшение качества воды, поэтому необходимо приостановить кормление, а также дополнительно спускать воду из бассейна (то есть понижать уровень воды в бассейне) несколько раз в день, пока качество воды не улучшится и рыбы не начнут снова проявлять повышенный аппетит. Измерение других параметров воды (TAN, NH<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>...), безусловно, было бы полезным, чтобы иметь возможность оценить органическую нагрузку на воду и лучше регулировать питание рыб.

В качестве гигиенической меры регулярно используется гашеная известь в концентрации 10 г/м<sup>3</sup> воды. Известь помещается в эрлифты, которые растворяют известь и закачивают ее в бассейн. Мы не использовали другие биоциды, так как в этом не было необходимости.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КИСЛОРОДА В СИСТЕМЕ ТБП

Использование кислорода в системе ТБП, как правило, позволяет увеличить плотность посадки в три раза (до 90 кг/м<sup>3</sup>) по сравнению с использованием только аэрации (до 30 кг/м<sup>3</sup>). Использование кислорода не исключает аэрации, которая в системе ТБП выполняет несколько функций (циркуляция воды, дегазация, обогащение воды кислородом, дестратификация, биологическая фильтрация). Хотя высокую плотность посадки можно поддерживать только с помощью оксигенации, экономически это не оправдано, так как энергетическая (а значит, и экономическая) эффективность аэрации (SAE – стандартная эффективность аэрации) значительно выше, чем оксигенации, т. е. каждый кВт/ч, вложенный в аэрацию, дает обогащение воды приблизительно на уровне 2 кг O<sub>2</sub>, в то время как при оксигенации растворение кислорода никогда не бывает 100%, т. е. каждый использованный кг O<sub>2</sub> не дает такое же количество растворенного O<sub>2</sub>. Кроме того, чтобы эффективно растворить кислород в воде, мы должны затратить энергию, что еще больше увеличивает разницу между аэрацией и оксигенацией. Аэрация более эффективна при низком уровне кислорода, и ее эффективность снижается по мере насыщения воды кислородом до 100%. Из вышесказанного следует, что с помощью аэрации мы поддерживаем концентрацию кислорода примерно до уровня 70%, а остальные 30% достигаются с помощью оксигенации (цифры ориентировочные).

Несмотря на расчеты, которые наглядно показывают, что оксигенация энергетически (и экономически) как минимум в 3 раза менее эффективна, чем аэрация, в некоторых случаях оксигенация может быть оправдана в системе ТБП:

- когда цена на рыбу способна покрыть расходы на оксигенацию и спрос на рыбу растет,
- если дешевле увеличить выход на м<sup>3</sup> воды в 3 раза вместо строительства в 3 раза большей системы ТБП (если стоимость строительства высока, с длительной амортизацией),
- при выращивании видов, которым требуется высокая концентрация кислорода (в первую очередь окунь),
- при выращивании ценных видов и необходимости повышения безопасности системы (осетр для получения икры, экспериментальные виды рыб, молодь).

Из вышесказанного ясно вытекает, что нет никаких особых оснований для использования оксигенации при выращивании карпа и других видов, которым достаточно концентрации кислорода 4-5 мг/л (65-75 %), если целью не является достижение более высокого выхода или большей безопасности. В то же время оксигенация дает возможность быстрого и эффективного увеличения выхода, диверсификации и быстрого реагирования на потребности рынка. Если Вы хотите воспользоваться максимальным эффектом оксигенации, необходимо достичь перенасыщения (содержания более 100% кислорода), обычно более 300%. Перенасыщенная кислородом вода закачивается в бассейн для поддержания концентрации кислорода на уровне 90-100%. При плотной посадке концентрация кислорода 65-75% будет недостаточной, так как во время кормления и других процессов жизнедеятельности рыб эта концентрация очень быстро падает на 20-30%, поэтому необходимо следить за тем, чтобы нижний предел концентрации кислорода был приемлемым, чтобы не вызывать стресс у рыб и чтобы кормовой коэффициент

был удовлетворительным. Наиболее эффективным (практически не имеющим равноценной альтернативы) способом растворения кислорода в воде является использование так называемых U-образных труб, которые создают высокое давление (2-3 бар) без использования насосов высокого давления, то есть без больших затрат энергии. Вода, закачиваемая в бассейн, сначала проходит через U-образную трубу; очень важно добиться скорости потока воды в U-образной трубе на уровне 1-3 м/сек и давления 0,4-0,6 бар, иначе пузырьки кислорода, движущиеся по внутренней части U-образной трубы, образуют воздушный пузырь, который насос не сможет преодолеть (пузырь будет блокировать поток).

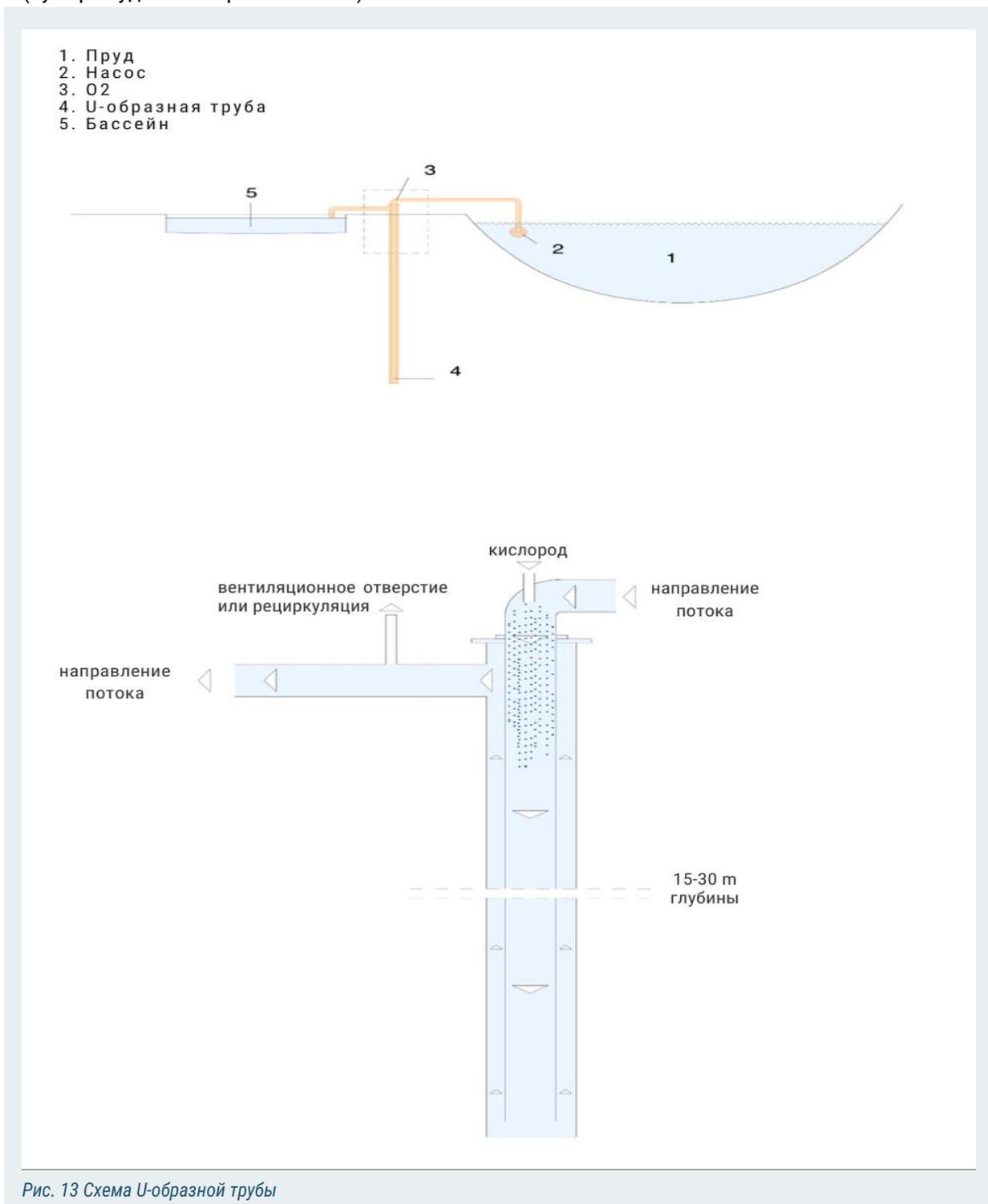


Рис. 13 Схема U-образной трубы

В случае оксигенации необходимо рассчитать объем суточного потребления кислорода (примерный расчет: на каждый килограмм пищи приходится 1 кг O<sub>2</sub>), а размер насоса должен соответствовать правилу, согласно которому процент добавляемого в поток воды кислорода не должен превышать 10% (иначе использование/ растворимость кислорода снизится). Важно подчеркнуть, что эффективность растворения кислорода с помощью U-образных труб увеличивается с глубиной U-образной трубы, оптимальная глубина которой составляет 20-40 м. Следует отметить, что при использовании U-образных труб так называемые осевые (пропеллерные) насосы, несмотря на небольшую разницу в высоте между бассейном и прудом, не подходят; потребуются центробежные насосы с несколько большей геодезической высотой (обычно 5-10 м). Аналогично, объем перекачиваемой воды будет зависеть от потребности в кислороде, а водообмен обычно не может составлять менее 25% от объема бассейна в час.

## 9

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ  
ТБП

При рассмотрении экономических аспектов системы ТБП важно отметить, что цель системы ТБП не состоит в том, чтобы заменить ею прудовое рыбоводство, а в том, чтобы максимально эффективно использовать потенциал выращивания рыбы в пруду. Без пруда система ТБП не сможет реализовать свой потенциал, также как и строительство новых прудов (или реконструкция существующих) без использования системы ТБП не представляет собой пример устойчивого развития по многим причинам (экономическим, экологическим, высокая потребность в персонале и т.д.). Существующие пруды, достигшие своего максимума продуктивности (около 10 т/га/год), могут увеличить свою рыбопродуктивность за счет строительства новых прудов и/или установки системы ТБП. Капиталовложения в построение системы ТБП (оснащенный бетонный бассейн) обычно меньше, чем в строительство нового пруда, хотя на региональном и глобальном уровне существуют большие различия в стоимости строительства, ценах на участок, законодательных нормах и других факторах, влияющих на стоимость инвестиций, поэтому, безусловно, существуют исключения. Важно помнить, что если инвестор хочет утроить производство в интенсивном прудовом хозяйстве, он должен утроить площадь выращивания (и соответственно удовлетворить потребности в воде) или построить рядом с существующим прудом систему ТБП (бетонные бассейны), занимающую незначительную площадь (менее 2% от площади пруда), без потребности в дополнительной воде. С точки зрения рыбопродуктивности типовой производственный бассейн 15/3 можно считать (как минимум) эквивалентным пруду площадью 1 га, предназначенному для интенсивного выращивания (электрификация, аэраторы, электроагрегат и т. д.). Практика показывает, что затраты на строительство такого бассейна относительно невелики и могут быть амортизированы в течение 1-3 лет.

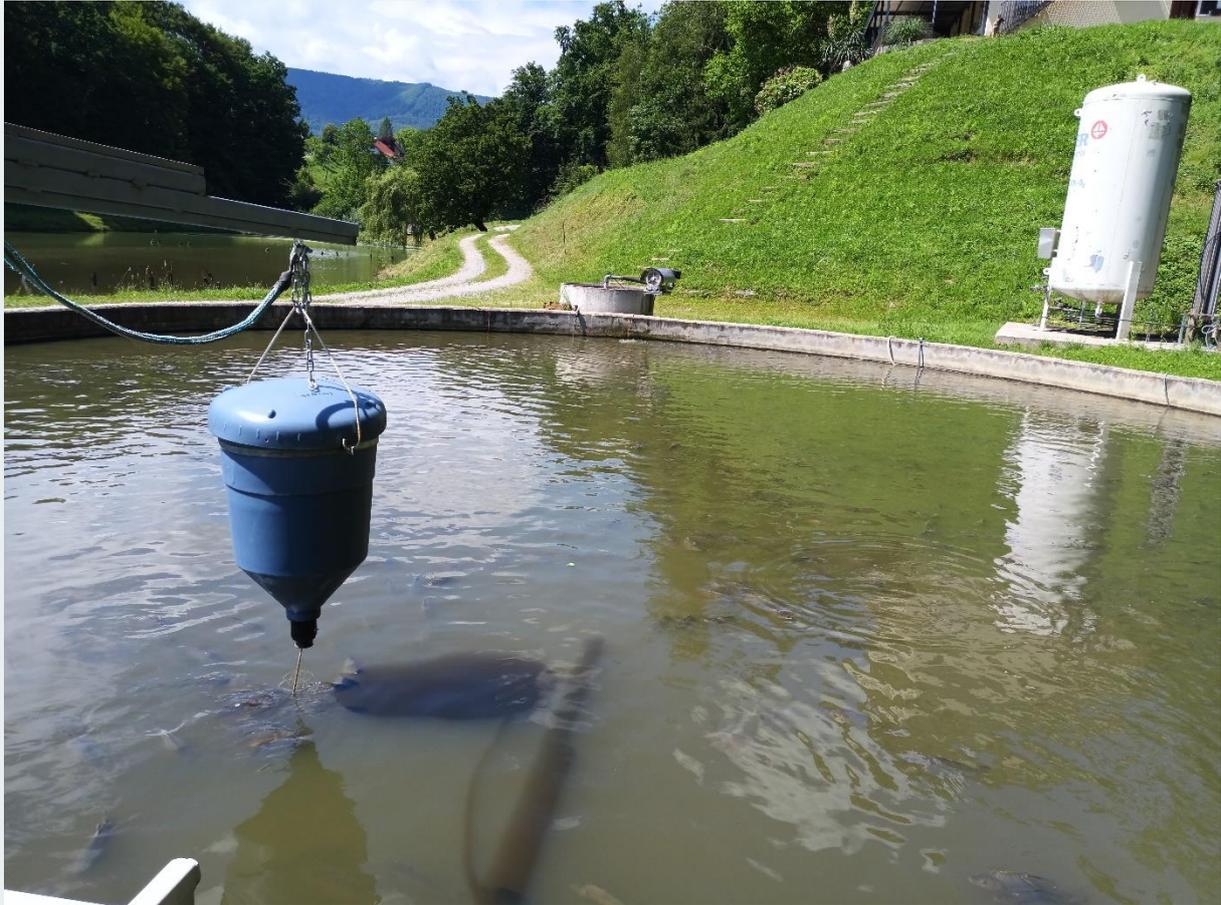
Кроме строительства самого бассейна (или пруда), необходимо учитывать дополнительные расходы на техобслуживание, которые практически отсутствуют при системе ТБП. В случае прудов, заиливание, содержание дорог в исправном состоянии, косьба, ремонт насыпей (и т. д.) связаны со значительными затратами и обязанностями, что непродуктивно. Техническое обслуживание и ремонт оборудования в системе ТБП незначительны, не требуют специализированных экспертных знаний и практически ничем не отличаются от техобслуживания аэраторов и насосов, необходимых для интенсивного выращивания в прудах. Стоимость выращивания рыбы в системе ТБП, безусловно, является важным параметром, если произвольно принять, что инвестиции в обе системы аналогичны. Как показывает опыт, энергопотребление в системе ТБП составляет примерно 2,5-3,5 кВт-ч/кг выращенной рыбы, в то время как в прудах этот параметр обычно несколько ниже (1,5-2,5 кВт-ч/кг). Кормовой коэффициент (FCR) у более молодых возрастных категорий рыб одинаков в обеих системах, в то время как у более крупных особей (напр., карпа весом 1,5-3 кг) кормовой коэффициент несколько выше в системе ТБП. Наилучших результатов мы достигли в случае карпа с конечным весом 0,7-1,5 кг, где кормовой коэффициент обычно составляет 1,4-1,5 (Aller Classic или Forte).

Стоимость выращивания рыб тесно связана с общим приростом биомассы за рыбоводный сезон, который выше всего у молоди и резко снижается у более крупных рыб. Возьмем для примера выращивание годовиков (в бассейне 15/3): мы начинаем вегетационный сезон с крайне низкой

биомассы (напр., 150 000 штук молоди; 150 кг биомассы; 0,3 кг/м<sup>3</sup>) и заканчиваем его с 15 т сеголетков (30 кг/м<sup>3</sup>), то есть со стократным увеличением биомассы. Мы начинаем вегетационный сезон с небольшим инвестиционным капиталом, в начале сезона потребление электроэнергии будет очень низким (из-за низкой начальной биомассы), рост будет интенсивным в течение всего сезона, и FCR будет относительно низким. Если мы хотим выращивать крупного товарного карпа (3-4 кг), мы, вероятно, начнем с посадки 1,5 т (5000 штук менее 300 г/шт.; 3 кг/м<sup>3</sup>), со значительным потреблением электроэнергии с самого начала сезона и довольно плохим FCR к концу сезона, чтобы добиться десятикратного увеличения биомассы.

С экономической точки зрения можно также рассмотреть эффект диверсификации, напр., интенсивное выращивание осетра, окуня и т.д. в бетонных бассейнах, что может значительно улучшить экономические результаты выращивания рыбы, которую невозможно производить (в больших масштабах) в условиях пруда.

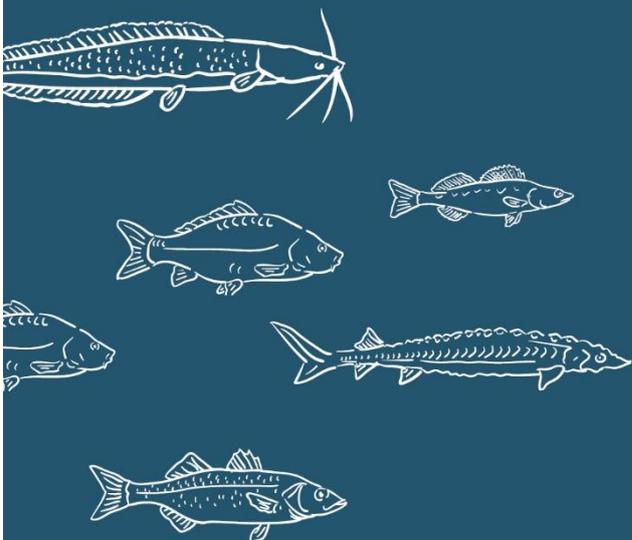
Косвенные факторы, такие как: эффективный контроль заболеваемости, эффективная защита от хищников и минимизация влияния погодных условий на параметры воды, повышают окупаемость системы ТБП. Как правило, потери популяции не превышают 3%, что гораздо ниже, чем в прудах (особенно больших по площади). За исключением вирусных заболеваний (которые в системе ТБП могут вызвать те же последствия, что и в пруду), паразитарные и бактериальные заболевания легко контролируются благодаря регулярным ваннам; в большинстве случаев единственной мерой является регулярное внесение гашеной извести (1-2 раза в неделю) с концентрацией 10 г/м<sup>3</sup> воды. Защита от хищников в бетонных бассейнах очень эффективна; птицы крайне редко охотятся за рыбами в бетонных бассейнах. При необходимости бетонные бассейны можно накрывать сетями, что экономически выгодно благодаря небольшой площади и высокой продуктивности бассейна. Концентрация кислорода в бетонных бассейнах не меняется, параметры воды (TAN – общий аммиачный азот) не варьируются; по этой причине стресс для рыб сведен к минимуму, и кормление может осуществляться постоянно.



*Рис. 14 Самокормушка «по запросу» в системе ТБП 15/3*

Кормление с помощью самокормушек «по запросу» максимально увеличивает продуктивность и в то же время выравнивает параметры качества воды в течение дня. Таким образом, рыба получает корм в течение суток (в том числе и ночью) и самостоятельно регулирует питание в зависимости от аппетита, что опять же связано с окружающей средой. По нашему опыту, для бассейна 15/3 достаточно 1 самокормушки, так как не все рыбы едят в одно и то же время и нет большой разницы в росте среди популяции в бассейне.

LET'S GROW  
TOGETHER



[www.aller-aqua.com](http://www.aller-aqua.com)

