



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра Водных биоресурсов, аквакультуры и гидрохимии

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(бакалаврская работа)

На тему Выращивание радужной форели (*Oncorhynchus mykiss*) и сибирского осетра (*Acipenser baerii*) в условиях поликультуры

Исполнитель Ковригин Вячеслав Романович 

Руководитель к.б.н., доц. Шошин Александр Владимирович 

«К защите допускаю»
Заведующий кафедрой 

(подпись)

к.т.н., доц.
Королькова Светлана Витальевна

«20» 06 2022 г.

Санкт-Петербург

2022

Оглавление

Введение	4
Характеристика вида Радужная форель	7
Систематика	7
Морфология	8
Распространение	10
Размножение и цикл жизни.....	11
Питание	12
Характеристика вида Сибирский осётр	14
Систематика	14
Морфология	14
Распространение	15
Размножение и цикл жизни.....	17
Питание	18
Выращивание радужной форели в условиях монокультуры	20
Инкубация икры и выращивание личинок.....	21
Выращивание мальков до средней массы 5 грамм.....	23
Выращивание молоди и товарной рыбы	24
Кормление радужной форели	25
Корма.....	27
Нормы кормления.....	29
Влияние условий среды на радужную форель.....	32
Выращивание сибирского осетра в условиях монокультуры	37
Выращивание личинок	38
Выращивание молоди и товарной рыбы	39
Кормление сибирского осетра	40
Корма.....	40
Нормы кормления.....	42
Влияние условий среды на сибирского осетра	44

Содержание радужной форели и сибирского осетра в условиях поликультуры	48
Общее рекомендуемое оборудование для всех производственных модулей УЗВ.....	52
Принцип работы системы УЗВ	64
Требования к качеству воды	65
Методика выращивания радужной форели и сибирского осетра в условиях поликультуры	66
Плотность посадки	67
Нормы кормления.....	71
Экономическая выгода создания поликультуры радужной форели и сибирского осетра	77
Заключение	80
Терминологический словарь.....	82
Список литературы	83

Введение

Одной из самых насущных проблем современного мира является проблема обеспечения постоянно растущего населения продуктами питания. Эта проблема тесно связана с проблемой чрезмерной эксплуатации биосферы и охраны окружающей среды. Рыбная продукция - один из самых востребованных в мире продуктов питания, который получают путём переработки объектов рыболовного промысла. Благодаря чрезмерному вылову, браконьерству, антропогенному загрязнению, гидростроительству, зарегулированию речного тока, наблюдается тенденция к повсеместному сокращению естественных рыбных запасов и всё большее значение приобретает аквакультура [9].

Аквакультура - воспроизводство и выращивание водных организмов в естественных и искусственных водоёмах или в искусственно созданных условиях. На данный момент в товарном рыбоводстве сформировались и развиваются три основных направления: пастбищное, прудовое и индустриальное рыбоводство. Пастбищное рыбоводство заключается в использовании природного продукционного потенциала озёр, водохранилищ, водоёмов-охладителей электростанций. Прудовое рыбоводство представляет собой устройство прудов, в которых создаются необходимые условия для выращивания рыб, а также применение методов интенсификации - мелиорации и удобрения прудов. Индустриальное рыбоводство - относительно молодое направление аквакультуры, представляющее собой воспроизводство и выращивание рыбы в небольших рыбоводных ёмкостях (садках и бассейнах) и отличающейся высокой интенсивностью [22].

Индустриальное рыбоводство благодаря высокой интенсивности и производительности является перспективным и развивающимся направлением аквакультуры. Одним из направлений развития индустриального рыбоводства - внедрение современных технологий, одной из которых является выращивание рыбы в установках с замкнутым водоснабжением (УЗВ). Установки УЗВ

обеспечивают независимость от природно-климатических условий и времени года, время выращивания гидробионтов сокращается в 3-6 раз, водопотребление уменьшается 160 раз, достигается высокая рыбопродукция бассейнов.

Однако, системы УЗВ имеют и ряд недостатков, главным из которых являются высокие капитальные и эксплуатационные затраты. В связи с этим возникает необходимость повышения рентабельности через интенсификацию производства. В настоящее время предложены биотехнические, технические и экологические методы повышения эффективности эксплуатации УЗВ. Технический метод заключается в введении в систему УЗВ механического и биологического фильтра и озонатора. Экологический метод подразумевает создание гидропонных сооружений, выращивание червей и получение биогумуса. Благодаря биотехническому методу в индустриальную аквакультуру вводят новые объекты выращивания, такие как осетровые, тилапии и креветки, и создают поликультуру, выращивая в одном бассейне два вида рыб [9].

Целью данной работы является описание организации поликультуры радужной форели и сибирского осетра в условиях индустриальной аквакультуры.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- Обосновать выбор видов для поликультурного выращивания;
- Описать методику поликультурного выращивания радужной форели и сибирского осетра в УЗВ;
- Описать необходимые требования к воде при поликультурном выращивании радужной форели и сибирского осетра в УЗВ;
- Описать нормы кормления при поликультурном выращивании радужной форели и сибирского осетра в УЗВ;
- Доказать экономическую выгоду создания поликультуры радужной форели и сибирского осетра.

Объектом исследования является поликультура радужной форели и сибирского осетра. Предмет исследования - радужная форель и сибирский осётр.

Структура и объем работы. Работа изложена на 84 страницах и включает в себя: введение, характеристику вида радужная форель, характеристику вида сибирский осётр, описание выращивания радужной форели в монокультуре, описание выращивания сибирского осетра в монокультуре, описание выращивания радужной форели и сибирского осетра в условиях поликультуры. Содержит 15 таблиц и 15 рисунков. Список литературы включает в себя 37 источников.

Характеристика вида Радужная форель

Систематика

Царство: Животные (*Animalia*)

Тип: Хордовые (*Chordata*)

Класс: Лучепёрые рыбы (*Actinopterygii*)

Отряд: Лососеобразные (*Salmoniformes*)

Семейство: Лососёвые (*Salmonidae*)

Род: Тихоокеанские лососи (*Oncorhynchus*)

Вид: Микижа или Радужная форель (*Oncorhynchus mykiss*)

Генетические и морфологические исследования, проведённые в 1989 году, показали, что форели, обитающие в бассейне Тихого океана, генетически ближе к Тихоокеанским лососям (*Oncorhynchus*), чем к Настоящим лососям (*Salmo*), к которым относится кумжа (*Salmo trutta*) или атлантический лосось (*Salmo salar*) обитающие в бассейне Атлантического океана. Так, в 1989 году таксономические органы отнесли радужную форель (*Oncorhynchus mykiss*), лосося Кларка (*Oncorhynchus clarkii*) и других форелей Тихоокеанского бассейна к роду *Oncorhynchus*. Тем не менее, генетические исследования показали, что радужная форель сильно дивергировала от типичных представителей этого рода и, благодаря этому, в отечественной литературе для вида установлено название *Parasalmo mykiss*. Для данного вида характерна высокая пластичность, благодаря чему внутри вида имеется ряд форм, которые ранее считались самостоятельными видами. Некоторые из них использовались в аквакультуре и являются родоначальниками современных пород радужной форели, например проходная форма или же стальноголовый лосось и жилые формы, обитавшие в реках запада США. В водоёмах Канады, относящихся к бассейну Тихого океана, обитает жилая форма - форель Камлоопс, отличающаяся от остальных форм форели осенним нерестом, прочие формы являются весенненерестующими. Радужная форель, выращиваемая в настоящее

время в аквакультуре, берет своё начало от рыб, которые были одомашнены в 1870 году на рыбноводном хозяйстве, располагающемся на реке МакКлауд в Калифорнии. До сих пор точно не известно происхождение первых рыб, которых начали искусственно разводить, однако есть основания полагать, что их родоначальниками были стальноголовый лосось и жилая форма форели. В настоящее время в мире существуют десятки пород радужной форели, селекцию которых ведут по таким хозяйственно-важным признакам как темп роста, возраст, сезон созревания гонад, плодовитость, форма тела и окраска [1].

Морфология

Представители рода *Parasalmo* характеризуются наличием небольших тёмных пятен на хвостовом плавнике, отсутствием выемки на межчелюстной кости, восходящий отросток которой направлен вверх, язычная кость не сужается каудально, рукоятка сошника с боковыми выступами, парасфеноид обладает длинной орбитальной частью, базибранхиальные зубы отсутствуют.

Микижа это крупная рыба, достигающая длины в 40-50 сантиметров и массы до 1,6 килограмм, наибольшая зарегистрированная длина особи составила 96 сантиметров, а наибольшая масса - 12 килограмм. Имеет небольшую голову (20% от длины тела), короткий (17%) и высокий (9%) хвостовой стебель, усечённый и слабовеямчатый хвостовой плавник, массивную верхнюю челюсть, не всегда заходящую за задний край глаза. Для микижи характерны 16-17 жаберных тычинок и 11-12 жаберных лучей.

Как правило, брюшко имеет серебристо-белый цвет, а спинка зеленоватый. Цвет тела форели зависит от многих факторов среды, например от грунта и прозрачности воды. Внутри вида выделяют пресноводную и проходную форму (стальноголовый лосось), которые имеют различия в окрасе и некоторых пластичных признаках. Проходная форма имеет немногочисленные тёмные пятна выше боковой линии, они присутствуют на спинном, жировом и хвостовом плавниках, а так же ниже боковой линии. Вдоль боковой линии располагается бледно-розовая полоса, жаберный крышки также розовые. У

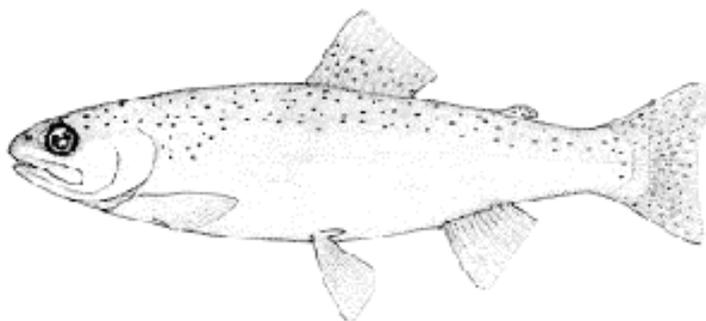
некоторых особей может быть розовые нижняя челюсть, грудные, брюшные и анальный плавник. Во время нереста интенсивность окраски усиливается. Пресноводная или жилая форма имеет на спине и боках многочисленные х-образные тёмные пятна, они присутствуют на хвостовом стебле и ниже боковой линии. Так же пятна есть на спинном, хвостовом и жировом плавниках. В том числе крупные чёрные пятна находятся на голове. У отельных особей жировой плавник может быть окаймлён чёрной полосой. Грудные, брюшные и анальный плавники розового или ярко-красного цвета с белыми наружными лучами. Вдоль боковой линии и на жаберных крышках малиновая или ярко-красная полоса, сохраняющаяся и после нереста. Общий цвет тела жилой микижи - золотисто-зелёный, брюхо белое или серое [21].

Радужная форель приобретает ярко выраженный брачный наряд в нерестовый период. У самцов тело становится более тёмным. боковая полоса ярче, расцветаются жаберные крышки, нижние челюсти изгибаются в виде мощного крючка. В этот период тело самки становится более ярким, начинает переливаться радужными цветами с фиолетовыми и лиловыми оттенками, увеличивается и отвисает брюшко, краснеет и распухает генитальное отверстие.

В межнерестовый период половой диморфизм менее выражен. Самцы характеризуются удлинённой головой, искривлением челюстных костей и плотно сидящей чешуе, самок можно определить благодаря более короткой горлове и легко выпадающей чешуе.

Радужная форель является крупночешуйчатой рыбой, имеющей циклоидную чешую, которая закладывается в передней части тела при длине рыбы 25-50 мм и характеризует переход из личиночной стадии в малька. По мере роста рыбы происходит увеличение размера чешуи пропорционально длине тела. Передний конец каждой чешуйки находится в эпидермисе кожи, предыдущая чешуйка налегает на последующую и образуется подвижный скелет. Отдельно взятая чешуйка представляет собой уплощенную и усечённую пирамиду, которая состоит из отдельных пластинок. Возраст форели можно определить по краям пластинок, которые в летнее время при хорошем росте располагаются одна от

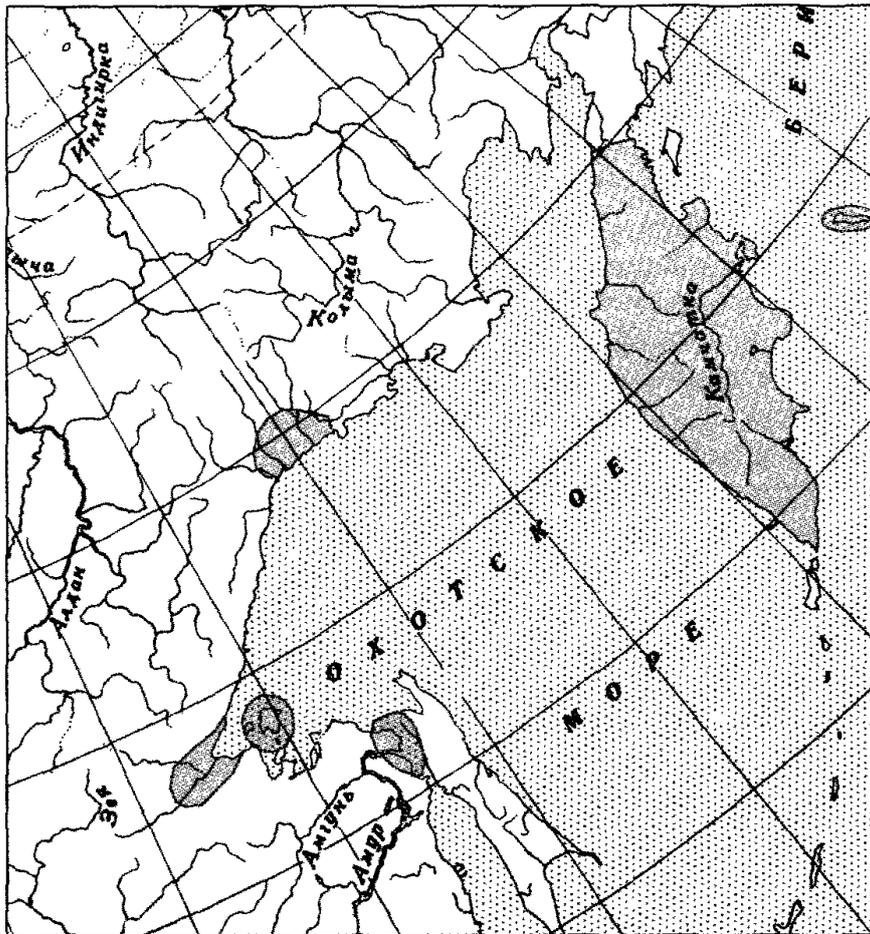
другой дальше, чем зимой, когда они очень сближены. Чаще всего возраст подсчитывают по зимним кольцам. Кроме того имеются характерные нерестовые кольца. Боковая линия содержит 120-145 чешуй. [9]



1 Рисунок - Морфология радужной форели [34].

Распространение

Микижа - широко распространённый вид, её ареал простирается вдоль тихоокеанского побережья Северной Америки от северной Мексики до Аляски. На территории Азии вид в основном распространён в водоёмах Камчатки, единичные особи встречаются в водоёмах материкового побережья Охотского моря, в Амурском лимане к югу от устья Амура и на Командорских островах. На острове Большой Шантар, относящийся к Шантарскому архипелагу, который находится в акватории Охотского моря, обитает реликтовая популяция. В отечественных источниках жилую форму радужной форели называют микижей, а проходную - камчатской сёмгой [1]. Проходная форма обитает в тундровых реках западного побережья Камчатки, так же в небольшом количестве может заходить в некоторые реки восточного побережья. Жилая форма повсеместно встречается на Камчатке, максимальной численности достигает в водоёмах восточного побережья [2]. Обитает в следующих реках Камчатки: Большая, Быстрая, Тигиль, Камчатка. Круглый год встречается и в нижнем, и верхнем течении рек, однако отдельные особи могут временно спускаться в приустьевые участки моря [6]. В настоящее время акклиматизирована в Японии, Австралии, Тасмании, Новой Зеландии, Южной Африке, Мадагаскаре и Германии [23].



2 Рисунок - Ареал радужной форели на территории Российской Федерации [2]

Размножение и цикл жизни

Проходная форель населяет горные и тундровые реки, наиболее многочисленна на западном побережье Камчатки. Могут встречаться карликовые самцы, которые созревают в реках и нерестуют совместно с анадромными самками. Ход в реки происходит с конца августа по ноябрь. Средние размеры форели, заходящей на нерест, 60-80 сантиметров и масса от 2,4 до 7,7 килограмм, впервые заходит на нерест в возрасте 4-5 лет. После зимовки в реках на ямы ранней весной продолжает миграцию на нерестилища. Нерест происходит весной и продолжается с конца мая до середины июня. Гнезда строит на фарватере реки, в местах перехода от ям к перекатам, где и закапывает икру. После нереста скатывается обратно в море. Плодовитость сильно варьируется от 3300 до 12800 икринок, икра довольно крупная,

примерно 5 миллиметров в диаметре, цвет икринок также имеет вариативность от жёлтого до оранжевого. Инкубационный период длится от 3 до 5 недель. Молодь живёт в реке примерно 2-3 года (реже 1- 4 года), где питается бентосом, воздушными насекомыми и мальками рыб. Скатывается в море в начале лета, там проводит от 2 до 6 лет, большинство особей возвращаются на нерест через 2-3 года. Неполовозрелые особи могут на несколько месяцев выходить в море или солоноватоводные лиманы, после этого возвращаются на зимовку в реки, а затем уходят дальше в море нагуливаться до половозрелости. В море питается беспозвоночными и рыбой. За всю жизнь форель может нереститься до 5 раз, вероятнее всего повторный нерест происходит ежегодно.

Пресноводная микижа обычно живёт в русловой части рек и крупных протоков, может встречаться и в озерах, молодь широко расселена по всей придаточной системе рек и озер. Средняя длина половозрелой микижи в разных популяциях варьируется от 20 до 40 сантиметров, а масса от 150 до 1900 грамм. Большинство рыб становятся половозрелыми в возрасте 5 лет, отдельные особи в 4 года. Микижа размножается ежегодно до 4 раз за жизнь. Весной, в период интенсивного таяния снега и льда, начинается массовая нерестовая миграция, нерест происходит с мая по июнь. Нерестует при температуре 6 - 16 °С на перекатах с быстрым течением и песчано-галечным грунтом в тундровых притоках рек. Плодовитость так же варьируется в зависимости от популяции от 610 до 2600 икринок, но чаще всего плодовитость примерно 1400 икринок диаметром 3.8-5.7 миллиметров и ярко-оранжевым цветом. Инкубационный период длится столько же, сколько у проходной формы - от 3 до 5 недель. Сеголетки микижи больше года держатся в верховьях рек, скатываются в основное русло осенью и зимой [2].

Питание

Относительная неприхотливость радужной форели к условиям обитания - эврибионтность - проявляется и в чрезвычайно широком спектре питания. Состав рациона зависит от места обитания, возраста, размера форели, сезона,

кормовой базы, температуры и других условий. Несмотря на то, что радужная форель эврифаг, исследования показывают у неё хорошо выраженную селективность питания коррелирующую с возрастом рыбы. Так например, в питании сеголетков преобладают планктонные организмы, рацион молоди чаще состоит из личинок веснянок, подёнок и хиромонид, взрослые особи питаются кориксами, двухрылыми, бокоплавами, водными жуками, ручейниками, водомерками, гладышами, водяными скорпионами, жуками-плавунцами, вертячками, мшанками, моллюсками, зелёными побегами мягкой водной растительности, рдестами, рясками и др. Отмечено, что у двухлеток и трёхлеток весной в рационе преобладает зообентос, а летом и зимой зоопланктон, водоросли, детрит и рыбы. Взрослая форель является хищником, исследователи обнаруживали в её желудке 17 видов рыб, таких как: верховка, голянь, мальки офры, язя, красноперки, карася, бачка-подкаменщика и др. Случайной пищей для форели могут оказаться молодые птицы и мелкие животные, например грызуны, змеи и амфибии. В некоторых случаях может проявиться каннибализм и форель начнёт поедать молодь, собственную икру и икру других видов лососёвых в период нереста. Отмечено, что в отдельных случаях радужная форель может в течении всей жизни питаться исключительно зоопланктоном. Пищевая активность форели высока в течении всего года, в том числе и в период нереста. Наиболее активно питается в утреннее и вечернее время суток, однако продолжает питаться в течении дня и в лунные ночи. На пищевой активности радужной форели сказывается изменение погоды и атмосферного давления. [29]

Характеристика вида Сибирский осётр

Систематика

Царство: Животные (*Animalia*)

Тип: Хордовые (*Chordata*)

Класс: Лучепёрые рыбы (*Actinopterygii*)

Отряд: Осетрообразные (*Acipenseriformes*)

Семейство: Осетрообразные (*Acipenseriformes*)

Род: Осетры (*Acipenser*)

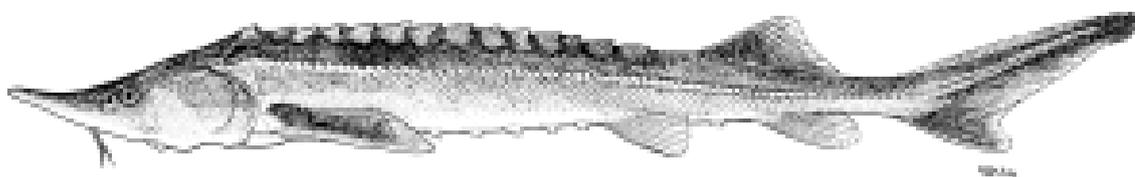
Вид: Сибирский осётр (*Acipenser baerii*)

Внутри вида Сибирский осётр (*Acipenser baerii*) выделяют 4 подвида: *A. baerii baerii* Brandt, 1869 - западносибирский осётр (Обь, Иртыш), *A. baerii stenorrhynchus* A. Nikolsky, 1896 - восточносибирский, или длиннорылый, осётр (реки Сибири от Енисея до Хатанги), *A. baerii chatys* Drjagin, 1948 - якутский осётр (реки Якутии от Хатанги до Колымы) и *A. baerii baicalensis* A. Nikolsky, 1896 - байкальский осётр. Однако в 1990 году было доказано отсутствие различий подвидового уровня, что делает необоснованным выделение отдельных таксономических групп [2]. В настоящее время выделение подвидов сибирского осетра является условным и обозначает территориальное распределение частично или полностью изолированных друг от друга популяций внутри ареала вида.

Морфология

Как и все представители отряда осетрообразные, сибирский осётр имеет удлинённую и веретеновидную форму тела с сильно варьирующейся длиной рыла [2]. Форма рыла вариативна: оно может быть как коротким, уплощенным и умеренно закругленным, так и удлиненным и заостренным [6]. Чаще всего рыло короткое и представляет собой широкий равнобедренный треугольник [23]. В среднем длина рыла составляет 46% от длины головы [6]. Перед ртом располагаются 4 гладких или слабо бахромчатые, округлых в сечении усики,

Нижняя губа сильно прервана [23]. Характерным видовым признаком являются веерообразные жаберные тычинки, число которых колеблется от 20 до 49 [2]. Жаберные перепонки приращены к межжаберному промежутку и не образуют под ним складки [23]. Спинной плавник обладает 30-58 лучами, анальный - 15-33. Спинных жучек - 10-20, боковых - 32-62, брюшных - 7-16. У молодых особей жучки острые [2]. Между рядами жучек беспорядочно разбросаны различные по размеру пластинки [6]. Окраска спины и боков варьируется от светло-серой до темно-коричневой, брюхо серовато-белое с желтизной. Длина тела достигает 200 сантиметров, а масса 200-210 килограмм [2].



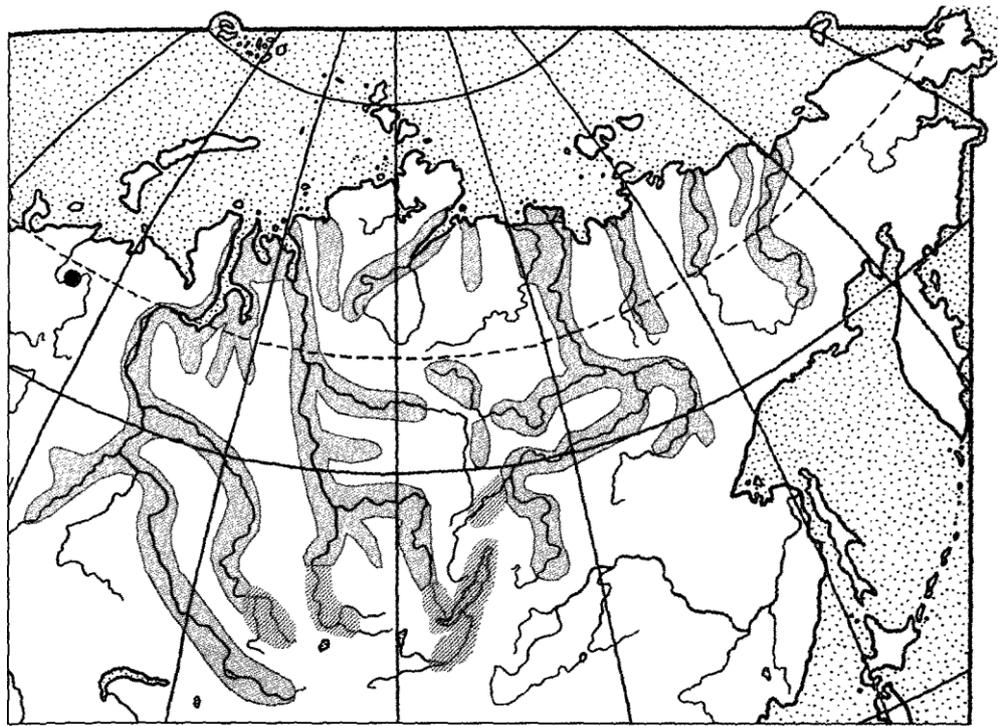
3 Рисунок - Морфология сибирского осетра [35].

Распространение

Сибирский осётр обладает чрезвычайно широким ареалом, включающим в себя бассейны всех крупных рек Сибири от Оби до Колымы, в меридиальном направлении осётр распространён до реки Селенга. Так же задокументированы единичные случаи вылова из реки Печора. Ареал осетра в Обь-Иртышском бассейне достаточно широк, его северная граница в Обской губе у мыса Дровяной. В реке Обь встречается на всем протяжении в 3680 километров от слияния рек Бия и Катунь, образующих её, до дельты включительно. По реке Катунь осётр поднимался на 70 километров, в реку Бию заходил в меньшем количестве и держался исключительно в устьевой части. В настоящее время, в связи с браконьерством и антропогенным загрязнением произошло сокращение ареала в верхней части Оби и её притоках. Сейчас осётр встречается в притоках Оби реках Чулым, Чарыш, Надыш и Иртыш, в которой обитает на всей её протяжённости до озера Зайсан. В реке Енисей северной

границей распространения является бухта Широкая Енисейского залива, а южная граница - ГЭС. Так же имеются немногочисленные жилые стада в некоторых крупных притоках Енисея - реках Ангаре, Подкаменной и Нижней Тунгуске. Места обитания осетра в озере Байкал приурочены к устьям главных притоков, наиболее часто осётр встречается в придельтовом участке Селенги и Селенгинском мелководье, в Чивыркуйском и Баргузинском заливах, менее многочислен в северном Байкале при впадении рек Верхней Ангары и Кичеры, из этих основных мест происходит широкая миграция вдоль прибрежной мелководной полосы озера. В основном осётр заходит только в крупные притоки Байкала, в которых располагаются нерестилища, к примеру в реке Селенга он поднимается на 1000 километров до реки Чикой. В реке Лена распространён до устья, встречается в заливе Неелова, так же в мелководные годы при большом пресном стоке может заходить в бухту Тикси и прибрежные части её заливов Сога и Булункан. Вверх по течению Лены осётр встречается до села Коршуново, следовательно он населяет участок реки протяжностью 3300 километров. Так же обитает в нескольких притоках Лены - в реках Витим, Олекму, Алдан и Вилюй. В реке Колыма распространён на участке от дельты до посёлка Сеймчан. Так же населяет притоки - реки Коркодон и Ожогина. Кроме того сибирский осётр распространён в бассейнах рек Таз, Пясины, Хатанга, Анабар, Оленек, Яна, Индигирка, Алазея.

Весной с поступлением талых вод, которые богаты кислородом, осётр массово поднимается из Обской губы в дельту и нижнее течение реки. В ходе, который имеет характер кормовой миграции, принимают участие не только половозрелые, но и яловые рыбы, а также часть молоди. После окончания нагула половозрелые рыбы для зимовки поднимаются в верхние незаморные участки Оби и Иртыша, а особи, которые не входят в состав воспроизводящей части популяции, скатываются обратно в губу. В незаморных участках рек зимовальные ямы осетра обычно глубиной от 8 до 30 метров и длиной достигающей нескольких километров [25].



4 Рисунок - Ареал сибирского осетра [2]

Размножение и цикл жизни

Одна из особенностей сибирского осетра - очень медленный рост и долгое созревание, так например в реке Оби 5-летние особи имеют длину 64 сантиметра, к 7 годам достигают лишь 97 сантиметров, и 122 сантиметра в 18 лет, репродуктивный возраст самок начинается в 17-18 лет, а у самцов в 11-13. Особи из енисейской популяции растут ещё медленнее и становятся половозрелыми ещё позже: самки в 19-24 года, самцы в 17-20 лет [25].

В зависимости от места обитания размножение происходит с конца мая до конца июня при температуре воды 9 - 21 °C [2]. Нерестится сибирский осётр на глубине от 4 до 8 метров на песчано-галечниковых и галенечниковых грунтах при скорости течения 2-4 км/час.

В реке Обь нерестилища расположены на большом протяжении реки, однако, в основном, они располагаются выше устья реки Чулыма, что находится в 2540 километрах от устья Оби, так же нерестилища есть и в низовьях реки. В Оби размножение длится с конца мая до июня, когда вода прогревается до 12-18 °C, однако при соответствующих условиях может растягиваться на более продолжительные сроки [25]. Благодаря

зарегулированию стока, нерестилища располагавшиеся в верхних участках Оби и Иртыша вошли в зону затопления и, в настоящее время, утратили значения для естественного воспроизводства. Пригодным для размножения осетра в реке Обь остался участок протяжённостью около 300 километров от Новосибирской ГЭС до устья реки Томь [23]. У енисейской популяции сибирского осетра места размножения располагаются на участке Енисея от устья реки Курейки до села Атаманово. Здесь нерест длится с июня по июля при температуре воды 16 - 21 °С. Места нереста ленского осетра располагаются на значительном протяжении Лены от устья реки Нюя до верхних участков дельты. Сроки размножения варьируются в северных и южных частях бассейна реки Лены: в нижнем течении нерест длится с середины июня до середины июля, а в среднем течении с конца мая до начала июня. В реке Колыма осётр нерестует позже всех остальных популяций - с конца июня до конца июля, когда вода прогревается до 16 - 21 °С. В отдельные годы при соответствующих условиях нерест может продолжаться до начала августа. Байкальский осётр для размножения начинает мигрировать в апреле в реки Селенга, Баргузин и Верхняя Ангара ещё до полного очищения их ото льда, ход продолжается до середины июня. Отмечается, что наиболее массовая миграция длится с начала мая до начала июня при температуре воды 7-14 °С [25]. Плодовитость осетра сильно колеблется в разных водоёмах: в Байкале она находится в диапазоне от 211 до 832 тыс. икринок, в Оби 79-1460 тыс., в Енисее - 83-245 тыс., в Лене - 16-144 тыс., в Индигирке - 105-245 тыс., в Колыме - 65-228 тыс. икринок. Икринки донные, приклеивающиеся к субстрату, их диаметр 2,4-3 миллиметра и масса 11-25 миллиграмм. Продолжительность инкубационного периода зависит от температуры воды - при температуре 13 °С развитие продолжается более 17 суток, а при 14,5 °С - 10-11 суток [2].

Питание

Сибирский осётр - жилая пресноводная, частично проходная донная рыба. Наибольшие концентрации особей образуются в дельтовых участках рек,

являющиеся основными местами нагула. Сибирский осётр представляет собой бентофага с низкой избирательностью [2]. На всем ареале обитания основной пищей осетра являются личинки хиромонид, они составляют от 80% до 99,8% массы содержимого пищеварительного тракта [23]. В дельтах рек основу рациона составляют амфиподы, изоподы и полихеты. В реках пищевыми объектами являются личинки хиромонид, подёнок, веснянок, ручейников, мелкие моллюски и рыба [2]. Сибирский осётр обладает довольно широким спектром питания, его рацион изменяется в пределах ареала и в зависимости от возрастной группы. При анализе рациона на протяжении речных бассейнов прослеживается ряд общих тенденций. В устьевых районах рек, впадающих в Ледовитый океан, основу рациона осетра составляют представители морской бентофауны, например в Обской губе основным кормовым объектом являются моллюски. Выше по течению рек состав рациона изменяется и расширяется, включая в себя всех представителей пресной бентофауны перечисленных выше. Для осетра отмечены возрастные изменения состава и размера кормовых объектов, по мере роста особи в рационе начинают преобладать крупные формы, так же происходит существенное расширение спектра питания. Несмотря на то, что осётр является типичным бентофагом, отмечено, что особи возрасте 3-5 лет способны перейти к хищному типу питания, в отдельных популяциях, например в озере Байкал, взрослые особи преимущественно питаются только рыбой. Характерной особенностью сибирского осетра является прекращение питания в зимний период на большей части ареала [2].

Выращивание радужной форели в условиях монокультуры

В настоящее время форелеводство это одно из самых перспективных и эффективных направлений в отечественной аквакультуре, потенциальные возможности которой оцениваются в 30-45 тысяч тонн ежегодно. Интенсивность производственных процессов и объем промышленного производства зависят от качества воды, кормов и видового состава культивируемых объектов. Культивируемыми объектами являются радужная и ручьевая форель.

Благодаря высоким продуктивным качествам, способности быстро приспосабливаться к условиям окружающей среды, радужная форель на территории Российской Федерации является основным объектом разведения в форелеводстве. Она способна выдерживать широкий диапазон температур от 0 до 30 °С, активно осваивать естественную кормовую базу водоёма, а также обладает хорошими показателями роста в силу хорошего усвоения кормов.

Форелевые хозяйства делятся на полносистемные и неполносистемные. На полносистемных хозяйствах проходит весь цикл выращивания от икринки до товарной рыбы, на неполносистемных хозяйствах выращивается посадочный материал или товарная рыба.

Необходимым условием при организации холодноводного форелевого хозяйства является наличие постоянного источника водоснабжения, который способен удовлетворить нужды всего хозяйства. Источником водоснабжения может быть родник, ручей, река, озеро, водохранилище или грунтовые воды, которые в данном случае более предпочтительны поскольку обладают постоянной температурой, отсутствием загрязнений и болезнетворных организмов. От мощности водоисточника зависит количество получаемой продукции. По получаемой продукции, по площади и характеру хозяйства рассчитывается расход воды. При прудовом рыбоводстве нужна 2-5-кратная смена воды за сутки, при выращивании форели в бассейнах, с плотностью посадки достигающей 100 кг/м³, необходима 5-10 кратная смена воды в час.

Кратность смены воды определяет плотность посадки и при прудовом рыбоводстве, и при бассейновом.

Для прудового форелеводства чаще всего используются пруды, ширина которых колеблется от 4 до 12 метров и длина от 20 до 50 метров, глубина не превышает 1,2 метров. Для увеличения интенсивности форелевых хозяйств используют проточные бассейны. Одно из основных их преимуществ перед прудами заключается в удобстве эксплуатации. В качестве материала для бассейнов может выступать бетон или стеклопластик. Широкое распространение сейчас получают системы оборотного водоснабжения, такие хозяйства дополнительно оснащают фильтрами, аэраторами, озонаторами и насосами. Радужную форель можно выращивать в садках и бассейнах на тёплых сбросных водах энергетических и промышленных предприятий. На подобных хозяйствах форель выращивают в осенне-зимний период при температуре воды 5-20 °С и товарной массы достигает на 12 месяцев выращивания. Поскольку с возрастом у форели повышается солеустойчивость и её обмен веществ в солёной воде повышается, существуют морские нагульные садковые хозяйства, на которых с массы 120 - 150 грамм за год достигает массы 1 килограмм.

Таким образом, существует несколько вариантов форелевого хозяйства, которые отличаются технологиями воспроизводства, типам используемых водоёмов, рыбоводческих ёмкостей и так далее. В данной работе рассмотрено форелевое хозяйство с установкой замкнутого типа водоснабжения. [22]

Инкубация икры и выращивание личинок

Цех доинкубации служит для инкубации икры со стадии «глазка», подращивания личинок и мальков массой до 0,5 грамм. Для этих целей в цехе устанавливаются лотки, площадью 2,3 м³ и глубиной 15 сантиметров, с 4 поддонами для икринок в каждом. Расход воды одного лотка с икринкам составляет 12 л/мин, при появлении личинок вырастает до 26 м³/ч. Плотность посадки предличинок не превышает 10 тыс. шт/м². Поскольку процесс

вылупления и выдерживания предличинок должен проходить в темноте, лотки закрываются крышкой.

Оплодотворённая икра на стадии «глазка» распределяется на рамках лотков инкубационного аппарата. В период инкубации необходимо круглосуточно следить за притоком и оттоком воды из лотков, температурой, она должна быть в диапазоне от 8 до 11 °С, оптимальная - 9 °С, и концентрацией кислорода - не менее 7 мг/л.

В период инкубации необходимо убирать из лотка погибшие икринки. Отбор производят пинцетом с проволочной петлей или стеклянной трубкой, которая вставлена в резиновую грушу. В благоприятных условиях инкубации, за 30-35 дней отход не должен превышать 15%. Колебания температуры воды, снижение концентрации кислорода, загрязнение вредными веществами и механическое воздействие приводят к увеличению отхода икры и эмбрионов, способствует возникновению различных аномалий формы тела (искривление позвоночника, отсутствие анального плавника, недоразвитые жаберные дужки и прочее). К гибели икры и деформации тела личинок приведёт перемещение и дезинфекция икры на стадии бластулы, при начале гастрюляции, при появлении краевого узелка, при закрытии бластопора и перед выклевом. На стадиях утолщения бластодиска, обрастания желтка бластодермой, роста хвостового отдела и на стадии пигментации глаз икру можно перемещать и дезинфицировать.

Вылупление икры длится в течении 6-10 суток. Предличинки после вылупления лежат на дне лотка, иногда немного передвигаясь. Масса предличинок варьируется в зависимости от размера икринок от 40 до 100 миллиграмм, длина - от 10 до 19 миллиметров. Предличинки обладают желточным мешком, пищеварительный тракт и желудочный аппарат не развиты. Со временем размер желточного мешка уменьшается, повышается интенсивность дыхания и выделения продуктов обмена, усложняется кровеносная система, усиливается пигментация и предличинки начинают активнее двигаться, образовывать скопления и проявлять поведенческие реакции, например отрицательный фототаксис, реакцию на соприкосновение

друг с другом и положительную реакцию на приток воды. Когда желточный мешок рассасывается на $2/3$ изначальной величины, предличинки поднимаются в толще воды для наполнения газом плавательного пузыря.

При выдерживании предличинок слой воды должен быть не более 10-15 сантиметров, необходимо внимательно следить за гидрохимическим режимом воды в лотках. Для этого несколько раз в сутки измеряют концентрацию кислорода и регулируют проточность, ежедневно измеряют концентрацию азота. При температуре воды $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и ниже процесс рассасывания желточного мешка удлиняется и увеличивается количество отхода. По мере развития предличинок, постепенно увеличивают освещённость лотков, прямые солнечные лучи на предличинок попадать не должны. Каждые 2 дня проверяется состояние предличинок и фиксируются образцы для анализа развития. Весь инвентарь, для предотвращения заболеваний, должен держаться в дезинфекционном растворе [5].

Выращивание мальков до средней массы 5 грамм

Для подращивания мальков устанавливают бассейны диаметром 5 метров и высотой 1,2 метра. Объем воды в бассейне при наполнении до уровня 1 метр равен $18,8\text{ м}^3$. По центру бассейна располагается перекрытое решёткой отверстие, через которое происходит отвод воды.

Подращивание личинок занимает 30-45 суток, при температуре не ниже $15-16\text{ }^{\circ}\text{C}$ можно добиться сокращения этого периода. Личиночный период заканчивается с полным рассасыванием желточного мешка и появлением чешуи и начинается мальковый этап. К этому моменту мальки достигают массы до 500 миллиграмм. Посадка в бассейны осуществляется после сортировки по двум размерным группам. Плотность посадки - 30 кг/м^3 . В бассейнах устанавливается уровень воды в 1 метр. На этом этапе необходимо поддерживать оптимальную температуру воды от $12-14\text{ }^{\circ}\text{C}$, круглосуточно следить за гидрохимическими показателями, регулярно кормить рыбу каждые 2 часа и контролировать рост, изменяя дозировку корма. В первые недели

мальков кормят не меньше 8 раз за день с избытком пищи, по мере роста число кормлений уменьшается. Не рекомендует допускать повышенной плотности, так как это приводит к разноразмерности рыб, и озонировать воду раньше достижения мальками 2 грамм веса [5].

Выращивание молоди и товарной рыбы

Для выращивания молоди и товарной форели используются те же рыбоводные ёмкости, что и для выращивания мальков до массы 5 грамм, описанной выше.

Адаптационный период длится первые 2-3 после зарыбления бассейнов, в это время не менее двух раз в день измеряют температуру воды и концентрацию кислорода для нормирования выдачи корма. Нормы кормления зависят от размера рыб, количества отхода и температуры воды, так же необходим контроль за поедаемостью корма. Спустя 2-3 недели после зарыбления проводят контроль за состоянием рыб: проверяют наличие заболеваний, взвешивают, определяют среднюю массу и считают количество отхода за этот период.

Во время дальнейшего выращивания форели круглосуточно следят на за сохранностью рыбы, собирают и регистрируют отход, проводят измерения температуры, прозрачности, цветности, рН, концентрации кислорода, аммонийного азота и нитритов. Температуру воды необходимо поддерживать в районе 18 °С, концентрацию кислорода не ниже 12 мг/л, рН - 7-8. При отклонении показателей от нормы проверяют агрессивную окисляемость, концентрацию углекислоты, сероводорода, азота и железа. Каждые 10 дней проводят контрольный облов рыбы - отлавливают 10 особей из одного бассейна, обследуют на наличие заболеваний, взвешивают, определяют среднюю массу и прирост. Раз в месяц проводится контрольное определение перманганатной и бихроматной окисляемости, солевого состава воды.

В связи с тем, что форель хищник, при выращивании в аквакультуре особи растут неравномерно, более активные особи быстрее поглощают корм, растут

быстрее и отгоняют более мелких рыб от мест выдачи корма. Таким образом некоторые особи могут быть в два раза крупнее остальных. Поэтому необходимо сортировать рыбу по размеру, не допуская совместного содержания крупных и мелких рыб. Для сортировки используется сетка с диаметром ячеей 0,5 сантиметра, которая разделяет бассейн на две части. Впервые рыбу сортируют на 30 день после зарыбления бассейна, когда разница в росте достигнет 15-20% [5].

Плотность посадки товарной форели в бассейнах составляет 300-350 шт/м³, вода сменяется каждые 10-15 минут. При таких условиях можно достичь 75 килограмм рыбопродукции с 1 м³. [22]

Кормление радужной форели

Кормление это основной рабочий процесс в форелеводстве, на который приходится порядка 50-60% всех производственных расходов. Кормление должно заключаться в выдаче рыбе корма с учетом изменяющихся условий: роста форели, качества корма, термического и газового режимов воды бассейнов, садков и прудов. Для получения экономического эффекта при выращивании форели необходим постоянный контроль за технологией кормления.

В настоящее время основной пищей для радужной форели выращиваемой в условиях аквакультуры являются выпускаемые промышленностью полноценные сухие комбикорма, которые выпускаются в виде крупки и гранул разных размеров [22]. Для нормальной жизнедеятельности, роста и развития форели корма должны быть сбалансированы по количеству питательных веществ и химическому составу. В зависимости от возраста рыбы, размеров, зрелости гонад, температуры и гидрохимических свойств воды изменяется потребность рыбы в белках, углеводах, жирах, витаминах и минеральных компонентах.

На сегодняшний день для кормления радужной форели используют сухие гранулированные и экструдированные корма, которые обеспечивают

полноценное и сбалансированное питание рыбы на протяжении всего периода выращивания. Корма для форели классифицируются на 2 группы: стартовые корма, выпускаемые в виде крупки и производционные в виде гранул. Основной частью используемых кормов является высококачественный белок, доля которого в кормах составляет от 40 до 50%, производящийся из рыбной муки, которую получают благодаря низкотемпературной вакуумной сушке, а также белковых концентратов рыбы и сои с добавлением муки из креветок. Иногда рыбную муку частично заменяют крилевой, а так же соевым и подсолнечным шротом. Оптимальное содержание белка в кормах для взрослых особей лососёвых видов рыб установлено в пределах 45-55%, а для молоди в 35-45%.

Жиры так же важный компонент комбикормов из-за того, что являются легкоусваиваемыми источниками энергии. Специалисты убеждены, что для полноценного и сбалансированного питания рыб корма должны содержать преимущественно «жидкие» жиры, которые богаты ненасыщенными жирными кислотами. Особенно это важно для ранних стадий развития - для личинок и мальков. «Твёрдые» жиры в состав производционных кормов можно вводить для выращивания товарной форели. Потребность радужной форели в жире удовлетворяется при его содержании в корме в количестве 8-12%, 0,5% из которых должны составлять высоко ненасыщенные жирные кислоты, такие как: линолевая, линоленовая и арахидоновая.

Углеводы являются самым доступным и дешёвым источником энергии. Тем не менее лососёвые виды рыб используют их неэффективно в силу пониженной функции щитовидной железы и недостаточной активности амилолитических ферментов. Из-за этого в форелевых кормах обычно невысокое содержание углеводов - не больше 20%, которые приходятся на глюкозу и лактозу. Выявлено, что гидробарометрическая обработка и экструзия дают возможность увеличить энергетическую ценность этих компонентов и их содержание в корме до 35%.

Кроме того, для нормальной жизнедеятельности, роста и развития рыбам необходим комплекс минеральных элементов, который должен включать в себя

кальций, фосфор, магний, калий, сера, хлор, железо, йод, медь, кобальт, цинк, молибден, селен, хром, олово. Тем не менее с кормами, обогащённые этими элементами, необходим очень осторожный подход, потому что при определённых гидрохимических показателях водоёма даже незначительный избыток некоторых минеральных элементов может оказать негативное влияние на жизнедеятельность форели. Так же в качестве необходимых добавок используют витамины групп А, В, С, D и Е. для удобства применения их изготавливают в виде поливитаминных смесей - премиксов, основу которых составляют мелко просеянная мука и злаковые отруби с минимальным содержанием легко окисляемых веществ [16]. Радужная форель довольно быстро реагирует на недостаточное количество витаминов в питании, поэтому поливитаминный комплекс вводится во все корма и на всех этапах развития рыбы в количестве 1%. В некоторых случаях дозу премикса изменяют, например при кормлении пастообразным кормом, который, как правило, состоит из 50% говяжьей селезёнки, дозу премикса уменьшают до 0,5%, для повышения резистентности организма ослабленной рыбы дозу поднимают до 1,5%.

Для придания красноватого оттенка мясу радужной форели используется искусственный краситель астаксантин (в среднем 50 мг/кг корма) [22].

Корма

В настоящее время отечественной промышленностью производятся следующие стартовые корма в виде крупки для выращивания молоди лососёвых видов рыб: РГМЗМ, РГМ-6М, РПМ-6М (ВНИИПРХ), ЛК-5С (СеврыбНИИпроект), для выращивания товарной рыбы выпускаются производственные гранулированные и экструдированные комбикорма РГМ-5В, РГМ-5ВЭ, РГМ-8, РГМ-8В, РГМ-8ВЭ (ВНИИПРХ), 114-1 (ГосНИОРХ), 114-Латлг, Р-3а (КрасНИИРХ), ЛК-5, ЛК-5П (СеврыбНИИпроект).

Таблица 1 - Состав стандартных производственных кормов для лососей и товарной форели, % [22].

Показатель	РГМ-5В	РГМ-8	114-1	Р-3а	114- Латлг	ЛК-5
Мука						
рыбная	45	20	45	15	20	38
Мясо-костная	8,6	6	13	2	5	6
кровая	3	-	-	3	2	8
водорослевая	1	1	-	1	-	3
травяная	4,2	-	-	1	5	-
Из куколки тутового шелкопряда	-	-	-	-	10	-
Азотистые отходы клеевой промышленности	-	-	-	-	20	-
Дрожжи кормовые	3,8	8	15	10	10	10
Шрот соевый	6,6	26	-	-	10	14
Подсолнечный	-	25	-	54	-	-
Пшеница	16,7	7,8	21	5,3	12	-
Меласса	-	-	3	-	2	-
Обрат сухой	7	-	-	-	-	10
Масло растительное	3	5	-	6	4	-
Фостфатиды	-	-	3	-	-	5
Премикс	1	1	1	1	2	1
Мел	0,1	0,2	-	-	-	1
Холин-хлорид 50%	0,1	0,2	-	-	-	-
Литенол	-	-	-	-	-	3
Лизин	-	-	-	1,4	-	-
Метионин	-	-	-	0,3	-	-
Энергетическая ценность, мДж/кг	0,8	10,4	10,8	11,2	10,6	11,2
Предназначен для массы рыбы, г	5-50	30-50	30-50	30-50	30-50	Более 30

Большим спросом пользуются зарубежные производственные корма POLAR, EDEL, ROYAL, BIOMAR, VITAL, KRAFT и стартовые корма RFSPONS и ELITE PLUS. [18]

Таблица 2 - Состав производственного экструдированного корма фирмы Biomar. [36]

Показатель	Размер гранул, мм			
	3	4,5	6	8
Протеин, %	43-46	41-44	38-41	38-41
Жиры, %	27-30	29-32	31-34	31-34
Углеводы, %	10-16	11,3-17,3	12,1-18,1	12,1-18,1
Целлюлоза, %	0,8-2,4	0,7-2,2	0,9-2,8	0,9-2,8
Зола, %	4,7-6,7	4,5-6,5	4,1-6,1	4,1-6,1
Общий фосфор, %	0,9	0,9	0,9	0,9
Азот, %	7,1	6,8	6,3	6,3
Валовая энергия, МДж/кг	24-26	24-26	24,4-26,4	24,4-26,4
Усвояемая энергия, МДж/кг	21,7	21,8	22,1	22,1

Так же при кормлении форели, помимо гранулированных комбикормов, применяется пастообразный корм, который основан на продуктах животного происхождения, таких как говяжья селезёнка, свежая непищевая рыба, с добавлением отрубей, жмыхов, кормовых дрожжей и шротов. Подобные корма значительно дешевле, но имеют гораздо меньший срок годности, из-за чего используют их только на не крупных хозяйствах и при подращивании личинок в инкубационном цехе [22].

Нормы кормления

При выращивании рыбы на комбикормах, помимо их производственных качеств, необходимо учитывать и размер гранул и крупки, который изменяется по мере переходы рыб из одной возрастной и размерной группы в другую [22]. Заниженные или завышенные размеры скармливаемого комбикорма обычно приводят к замедлению скорости роста рыб и потери корма, что снижает

эффективность использования комбикормов.. Иногда неправильный выбор размера гранул и крупки может привести к травмированию пищевода и даже его закупорке [16]. В следствии этого, существуют установленные нормы размеров корма, например крупка размером 0,4-2,5 миллиметра используется при кормлении молоди форели весом до 5 грамм, гранулы диаметром 3,2 - 10 миллиметров изготавливают для кормления рыб массой от 5 грамм до 1 килограммов и более. [22]

Таблица 3 - Нормы размеров крупки, гранул производственного корма форели [22].

Масса рыбы, г	Размер крупки, гранул, мм	Частота кормления в сутки, раз
До 0,2	0,4-0,6	12
0,2	0,6-1	10
1,1-2	1,2-1,5	9
2,1-5	1,5-2,5	8
5,1-15	3,2	8
15,1-50	4,5	6
51-200	6	4
Более 200	8	4

Кормление личинок форели начинают с момента перехода на плав и частичного рассасывания желточного мешка. Если на этом этапе задержать начало кормления, то это вызовет патологии и частичную гибель молоди.

Во время первого адаптационного этапа корм необходимо рассеивать по поверхности воды мелкими порциями в течении 5-10 минут. Личинки начнут приспосабливаться к захвату корма, беря корм, в основном, в толще воды. Пастообразный корм вносят в определённые кормовые места в бассейнах или на кормовые стоили в прудах и садках. Доза разово внесённого корма должна быть потреблена личинками за 10-15 минут. За 1 штуки молодь форели должна получать корма в количестве 7-10% от массы тела. Кормить молодь необходимо не менее 12 раз в сутки.

При кормлении радужной форели нужно следить за количеством скармливаемого комбикорма, во избежание перекармливания рыбы, потому что приводит к нерациональной потере корма и заболеванию рыб. Следует давать корм в одном и том же месте бассейна, садка или пруда, в одно и тоже время, не допуская перерывов и «выходных» дней. В связи с тем, что кормление форели по принципу поедаемости нерационально, для гранулированных кормов с калорийностью 2,5—3 тыс. ккал/кг разработаны суточные нормы кормления. Суточная норма корма делится соответственно количеству кормлений с учётом температуры воды. Отмечено, что наилучшее потребление корма форели происходит при температуре воды 16-18 °С. Так же дозы кормления корректируются при понижении содержания в воде растворённого кислорода и изменения рН. Так например, в случае повышения рН выше 8,5, кормление прекращают, а при понижении концентрации растворённого в воде кислорода на 10%, дозы кормления соответственно понижают на 10% [22].

Таблица 4 - Суточная норма корма для молоди форели (% от массы тела) в зависимости от температуры воды [22].

Температура воды, °С	Масса молоди, г					
	До 0,25	0,25-1,0	1,0-2,5	2,5-5	5-12	12-20
15	7,2	6,8	6,8	5,2	4,8	3,8
16	7,7	7,1	6,4	4,9	4,1	3,1
17	7,2	6,8	6,1	4,9	4,0	3,1
18	6,7	6,8	6,0	4,5	4,0	3,1

Таблица 5 - Суточная норма корма для форели (% от массы тела) в зависимости от температуры воды [22].

Температура воды, °С	Масса рыбы, г					
	20-50	50-100	100-200	200-300	300-500	500-1000
2	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
3	0,7	0,6	0,5	0,35	0,25	0,15
4	0,8	0,7	0,6	0,4	0,3	0,2
5	0,9	0,8	0,7	0,45	0,35	0,25
6	1,0	0,9	0,8	0,5	0,4	0,3

7	1,1	1,0	0,9	0,6	0,45	0,35
8	1,3	1,1	1,0	0,7	0,5	0,4
9	1,5	1,3	1,1	0,8	0,6	0,5
10	2,0	1,5	1,2	0,9	0,7	0,6
11	2,4	1,7	1,4	1,0	0,8	0,7
12	2,6	1,9	1,6	1,1	0,9	0,8
13	2,8	2,1	1,9	1,3	1,0	0,9
14	3,0	2,4	2,0	1,5	1,1	1,0
15	3,5	2,6	2,3	1,7	1,2	1,1
16	4,0	2,8	2,5	1,9	1,3	1,2
17	4,5	3,2	3,0	2,2	1,5	1,4
18	5,0	3,7	3,4	2,4	1,7	1,6
19	4,5	3,5	2,8	2,0	1,5	1,3
20	3,7	3,1	2,4	1,7	1,2	0,9

Влияние условий среды на радужную форель

Температура воды. Радужная форель является холоднолюбивой, пойкилотемной и относительно stenothermic рыбой. Крайние температуры, при которых она способна выживать: 0 - 30 °С. Лучшие показатели роста отмечаются при температуре воды 15-18 °С, температуру выше 21 °С переносит плохо.

Выдерживание радужной форели определённое время при повышенной температуре способствует повышению пороговой температуры, которая изменяется в зависимости от сезона года и возраста: если для сеголетков она равна 28,5 °С, то для двухлеток уже поднимается до 29,4 °С. В обычных условиях гибель микижи наступает при 25-26 °С. При отсутствии болезней и достаточном насыщении воды кислородом годовики и взрослые особи могут в течение непродолжительного времени выдержать температуру воды 25,8 °С.

Радужная форель обладает большими адаптационными способностями касательно температуры воды. Исследования показали возможность инкубации икры при температуре от 2 до 15,5 °С, хотя крайние температуры являются неблагоприятными. Низкая температура увеличивает продолжительность

эмбриогенеза до 110 суток, высокая - уменьшает до 18 суток, но провоцирует большее количество нарушений в развитии. Наиболее благоприятная температура для инкубации - 13,4 °С.

Также температура воды оказывает огромное влияние и на скорость полового созревания. От производителей получают икру хорошего качества, если содержат их при температуре не выше 13,4 °С и около 6 месяцев перед нерестом при температуре не более 12,3 °С.

Содержание форели в течении 16 месяцев после выклева при постоянной температуре воды не выше 15,7 °С, а затем при температуре ниже 12,3 °С, позволяет сформировать качественное маточное поголовье, которое быстро растёт и становится половозрелым в возрасте двух лет.

Кислород. Радужная форель - реофильная и оксигенофильная рыба. Содержание в воде растворённого кислорода имеет большое значение для форели, при пониженном содержании кислорода (до 4-5 мг/л) рыба находится в угнетённом состоянии. Способность форели приспосабливаться к небольшому количеству растворённого в воде кислорода в большей степени зависит от температуры воды. По данным исследований, выдерживание форели при 3 мг/л кислорода и 1 °С уже через 22 дня способствует уменьшению интенсивности дыхания и понижению кислородного порога с 1,07 до 0,84 мг/л.

Интенсивность роста эмбрионов и скорость рассасывания желточного мешка также зависят от содержания кислорода: при его недостатке эти процессы замедляются. Для молоди значительное увеличение содержания кислорода (до 170% насыщения) оказывается токсичным и приводит к постепенной гибели. Перенасыщение воды кислородом отрицательно сказывается на развитии инкубируемой икры, личинок и мальков, отход может достигать 70%. Установлено, что при выращивании товарной форели оптимальным количеством кислорода является 9-12 мг/л, в таких условиях наблюдается максимальный рост рыбы.

Значительное перенасыщение воды кислородом и азотом ведёт к возникновению пузырьковой болезни у форели всех возрастов, чаще

проявляется у молоди. Установлено, что насыщение воды азотом до 103% является смертельным для личинок, 105-113% - для мальков и годовиков и 118% - для взрослых рыб.

При выращивании в искусственных условиях насыщение воды кислородом менее 60% вызывает замедленный рост рыбы и требует большого количества кормов. При содержании кислорода 3 мг/л радужная форель погибает, при 5 мг/л наблюдается угнетённое дыхание, более 7 мг/л - нормальный рост, при 10-11 мг/л наблюдается оптимальное развитие. Установлено, что при одной и той же температуре чувствительность радужной форели к содержанию кислорода обратно пропорциональна её массе.

Углекислый газ. Пределы содержания углекислоты в воде для форели составляют 4-6 мг/л. При содержании 3,6 мг/л наблюдается угнетённое дыхание, при 6-8 мг/л происходит нарушение равновесия, при 10,7 мг/л форель плавает на боку и спине.

Аммиак. Допустимая концентрация аммиака равно 0,1 мг/л, а солей аммония - 5 мг/л. Содержание аммиака, равное 0,3-0,4 мг/л, при температуре воды 14 °С и содержании кислорода 9-10 мг/л вызывает гибель форели. Количество аммиака в отработанной воде при замкнутом водоснабжении уменьшают с помощью бактериальных процессов.

Хлориды и нитриты. Предполагают, что повышенные концентрации хлоридов в воде связывают и нейтрализуют нитриты - продукты промежуточного обмена, которые уменьшают темп роста и выживание рыбы. Форель может выдерживать концентрацию нитритов до 1,06 мг/л. В обычных условиях концентрация нитритов и азота, равная 0,55 мг/л, приводит к гибели рыб.

Жёсткость. Вода средней жёсткости благоприятна для развития форели, очень мягкой и очень жёсткой воды избегает.

Свет и прозрачность. Отношение к свету у форели меняется с возрастом. Инкубация икры и рассасывание желточного мешка у личинок происходит в темноте. Прямые солнечные лучи губительно действуют на икринки и

свободных эмбрионов. Для молоди и взрослой рыбы предпочтителен рассеянный свет. Форель избегает ярко освещённых участков. Продолжительность светового дня влияет на скорость полового созревания. Оптимальная продолжительность светового дня, позволяющая на 1,5 месяцев ускорить созревания, составляет 8 часов.

Радужная форель предпочитает чистые и прозрачные воды. Взвеси, находящиеся в воде, осаждающаяся на жабрах, вызывают затруднения дыхания, способствуют уменьшению активности питания, замедлению роста и могут привести к гибели, молодь особенно чувствительна к помутнению воды. В период дождей и паводков мутная вода вызывает массовую гибель личинок и мальков. Взвесь, оседающая на икре, также может вызвать её гибель.

Солёность. С возрастом форель лучше переносит увеличение солёности. Личинки могут выдерживать солёность лишь 5-8‰, сеголетки - 12-14‰, годовики - 20-25‰, взрослые особи могут выдерживать до 35‰.

Активная реакция среды. Оптимальная активная реакция среды для обитания радужной форели - нейтральная и слабощелочная (рН 7-8). Кислая среда угнетающе действует на молодь. В отдельных случаях, форель может существовать при рН 4,7-9,2. Как правило, при рН менее 5,6 форель не может нормально размножаться, хотя отмечают, что местные формы форели в водоёмах с кислой средой способны размножаться даже при рН 5,0. Обычно реакция среды с рН 9 и более приводит к гибели.

Токсичные вещества. Сероводород даже в незначительной концентрации токсичен для форели. Токсичными являются и соли цинка, при организации хозяйства следует избегать применения оцинкованных труб, а также инкубационных аппаратов из оцинкованного железа. Кроме того, форель очень чувствительна к содержанию хлора, токсичной концентрацией является даже 0,0002-0,0008 мг/л HOCl . В хлорированной питьевой воде форель гибнет. Губительной также может оказаться плёнка из нефти или масел на поверхности воды [29].

Установлено и регламентировано, что для выращивания радужной форели наиболее пригодна вода со следующими ПДК:

- Температура не более 20 °С;
- Цветность не более 30 град
- Прозрачность - 1,5 метра
- Щёлочность - 1,5 мг-экв
- Жёсткость 8-12о
- Взвешенные частицы - не более 25 мг/л
- Растворённый кислород - не менее 7,0-8,0 мг/л
- Свободный аммиак - 0,05 мгN/л
- Двуокись углерода - не более 10 мг/л
- Сероводород - отсутствует
- Водородный показатель - 7,0-8,5 рН
- Перманганатная окисляемость - 10 мгО/л
- Аммонийный азот - 0,5 мгN/л
- Нитриты - 0,1 мгN/л
- Нитраты - 1 мгN/л
- Фосфаты - 0,3 мгP/л
- Железо общее - 0,5 мгFe/л
- Гидрокарбонаты - 150 мг/л
- Сульфаты - 40 мг/л
- Хлориды - 50 мг/л
- Кальций - 40 мг/л
- Магний - 50 мг/л
- Натрий + Калий - 20 мг/л
- Минерализация - 300 мг/л
- Общее количество микроорганизмов - 1 млн.кл/мл
- Количество сапрофитов - 3 тыс.кл/мл

Выращивание сибирского осетра в условиях монокультуры

В настоящее время, в связи с сокращением популяций осетровых видов рыб, воспроизводство и выращивание осетровых в условиях аквакультуры приобретает большое значение. Перед осетроводством ставятся задачи поддержания численности популяций, сохранение генетической структуры видов и производство товарной продукции. Одна из основных проблем осетроводства это создание и эксплуатация маточный стад. Создание маточного стада заключается в выращивании половозрелых рыб с икры, что, в случае сибирского осетра, занимает продолжительное время - репродуктивный возраст самок начинается в 18 лет. Выращивание осетров в промышленных хозяйствах в установках с замкнутым типом водоснабжения позволяет ускорить процесс создания ремонтно-маточных стад, при регулируемых и постоянных условиях среды время созревание гонад можно сократить до двух раз. Появляется возможность получать икру ежегодно. Разработка метода прижизненного получения икры позволяет использовать производителей несколько нерестовых сезонов [22].

Один из основных объектов осетроводства является ленский осётр - представитель популяции сибирского осетра реки Лена. Успешное его внедрение в товарное осетроводство и получение высоких рыбохозяйственных результатов обусловлено рядом биологических особенностей вида. Ленская популяция осетра обитает в суровых условиях Якутии, живёт в пресной воде, не совершая протяжённых миграций, обладает широким рационом питания, питается круглогодично, устойчив к паразитарным заболеваниям [31]. Хорошо растёт в бассейнах при кормлении исключительно сухими комбикормами, а производители дают полноценные половые продукты [14]. Наиболее полезная для осетроводства отличительная черта ленского осетра от представителей других популяция - более раннее созревание при более мелких размерах [31].

Выращивание личинок

После вылупления предличинок высаживают в лотки и содержат в них до перехода на активное питание и в течении следующего месяца. Личинки содержатся при плотности посадки от 4 до 5 тыс. шт./м², для повышения скорости роста и развития рекомендуется содержать при наименьших значениях.

За 3-4 дня до перехода на активное питание предличинки образуют веерообразные скопления (рои) на днел лотка. На момент начала активного питания они рассредотачиваются по дну и в толще воды.

Начинать кормление личинок необходимо при первых случаях выхода пробки из анального отверстия, у всей массы личинок этот процесс длится 3-4 дня. Задерживание начала кормления приводит к повышению количества отхода, поэтому корм в лотке должен быть всегда. При переходе на активное питание средний вес личинки равен 35 миллиграмм. Личинок каждые 2 часа кормят искусственным кормом, добавляя 10-15% живого корма и рубленными олигохетами в течении первых 5-10 дней. Когда все личинки перешли на активное питание плотность посадки понижают до 1,3 - 1,5 тыс. шт./м² и течении двух недель снижают количество живого корма и переводят на питание исключительно комбикормами.

Личинки содержатся при температуре 20-25 °С, обмен воды происходит каждые 2-3 часа, лотки убирают с помощью сифона дважды в день, при таких условиях содержания молодь достигает массы 1 грамм за 30 дней и 3 грамм за 50 дней. [17;10]

По достижении этой массы молодь пересаживают в бассейны, размер которых составляет 2000*2000*700 мм, рабочий объем 2,2 м³ с круговым током воды. Сток бассейна закрыт съёмной решёткой, которая защищает от выноса личинок, решётка заменяется в зависимости от размера рыб. Уровень воды изменяют в зависимости от роста рыб от 0,3 до 0,7 метров [7].

После зарыбления бассейна необходим тщательный контроль за термическим, гидрохимическим и гидрологическим режимом, бесперебойной

подачей воды, состоянием и развитием личинок. При температуре 15-20 °С концентрация кислорода должна быть 8-9 мг/л. Расход воды должен составлять 3-4 л/мин, при большем личинки течением будут прижиматься к стоку бассейна. В связи с этим нельзя чистить бассейн механически, используя центральный сток, для чистки необходимо применять сифон. Измерения температуры воды проводят 3 раза в сутки, измерения концентрации кислорода раз в 5 дней.

По мере роста личинок увеличивают расход воды в бассейне увеличивают до 20 л/мин, а при достижении массы 1 грамм до 24-30 л/мин. На этом этапе выживаемость молоди составляет примерно 50-70% от количества предличинок [10].

Выращивание молоди и товарной рыбы

Для выращивания молоди и товарного осетра используют бассейны площадью 10-15 м² и глубиной воды 1 метр.

По мере роста возникает вариабельность массы тела рыб и возникает необходимость в сортировке, которую проводят в следующем режиме: молодь массой 1-30 грамм сортируют 1 раз в 10 дней, от 30 грамм - один раз в 20 дней. При выращивании товарной рыбы сортировку проводят каждые 15-30 дней [27].

Также необходимо изменять плотность посадки в зависимости массы рыб.

Таблица 6 - Плотность посадки осетра в зависимости от средней массы рыб [7].

Масса рыбы, г	До 200	200-500	Более 500
Плотность посадки, шт/м ²	400	250-300	30-80

В летний период температура вода должна быть в диапазоне от 18 до 25 °С, зимой, для стабилизации циклов развития гонад, следует понизить температуру до 10-11 °С. Водообмен в бассейне должен быть 2-3 раза в час. Периодичность чистки бассейнов определяют по температуре воды, плотности посадки и интенсивности кормления.

Для получения товарной продукции осетра в качестве посадочного материала используют годовиков [14].

Кормление сибирского осетра

Корма

Когда молодь достигает массы в 35 миллиграмм, её начинают кормить стартовыми кормами, такими как СТ-07, СТ-4А3, БМ-1 и корм на основе рыбного фарша (РФ), а затем ОПК-1, в количестве 60—70 %.

Таблица 7 - Состав стандартных производственных кормов для осетровых, % [22].

Компонент корма	СТ-07 (ЦНИОРХ)	СТ-4А3 (АзНИИРХ)	БМ-1 (АзНИИРХ)	РФ
Фарш рыбный	-	-	-	50
Мука				
рыбная	20	35	32	13
мясо-костная	-	-	7	7
кровяная	15	4	10	5
Обрат сухой	5	-	5	-
Дрожжи кормовые	-	-	10	8
БВК на н- парафинах	20	5	-	-
Шрот				
соевый	-	15	9	-
подсолнечный	-	6	8	5
Пшеница	-	8	8	2
Специальные продукты				
микробиосинтез а	-	14	-	-
Переработки крыля	7	-	-	-
Казеинат натрия	20	-	-	-

Премикс	2	1,5	1,5	1
Рыбий жир	8	6	9	1
Фосфатиды	8	-	-	6
Хлористый натрий	-	0,5	0,5	-
Масло растительное	-	-	-	2

Если эти корма отсутствуют, то они могут быть заменены на форелевый комбикорм, карповым РК-С или «Эквизо».

При правильном кормлении и нормальных условиях содержания молодь достигает массы 1 грамм на 50 день и 3 грамм в возрасте 70 дней. Начиная с 3 грамм молодь переводят на кормление осетровыми комбикормами ОПК-1, БМ-1 или форелевым РГМ-6М. Для этой возрастной группы размер гранул должен составлять 2,5-6 миллиметров. Так же можно использовать пастообразный корм на основе рыбного фарша (РФ), который добавляют в рацион или полностью заменяют гранулированные корма. Для сеголетков суточная норма корма при оптимальных температурных показателях должна составлять от 6 до 15% от массы рыбы, частота кормления при выращивании в бассейнах или садках - до 12 раз в сутки, в прудах - 3-4 раза.

Более крупных осетров выращивают на гранулированных комбикормах ОПК-1, РГМ-8В, 18-80, 16-80. Благодаря высокой пищевой пластичности осетровых, в промышленных хозяйствах их можно выращивать исключительно на комбикормах.

Большим спросом пользуются корма фирм Coopens, Biomar, jbl, Tetra, Sturio.

Таблица 8 - Состав производственного экструдированного корма фирмы Biomar [36].

Показатель	Размер гранул, мм			
	3	4,5	6	8
Протеин, %	46	44	44	44
Жиры, %	14	16	16	16
Углеводы, %	20,3	20,5	20,5	20,5

Целлюлоза, %	5,0	5,3	5,3	5,3
Зола, %	6,3	6,6	6,6	6,6
Общий фосфор, %	0,9	1,0	1,0	1,0
Азот, %	7,4	7,0	7,0	7,0
Валовая энергия, МДж/кг	21,8	21,9	21,9	21,9
Усвояемая энергия, МДж/кг	18,5	18,5	18,5	18,5

Нормы кормления

Личинки осетровых видов рыб начинают питаться ещё до освобождения кишечника от первичного кала - меланиновой пробки, в силу того, что выход пробки из анального отверстия растягивается до 4 дней. Личинок, которые перешли на смешанное питание, кормят рубленными олигахетами, мелким зоопланктоном, науплиями артемий. В питании молоди живой корм должен присутствовать в течении 1 месяца. На активное питание личинки переходят когда достигают массы 30-40 миллиграмм. Их кормят круглосуточно - каждые 30 минут днём и каждый час в ночное время. Что бы молодь быстрее привыкала к корму, в первые 3-4 дня корм дают в избытке - до 50% от массы особи.

При кормлении осетровых так же необходимо следить за размером гранул и крупок корма, во избежание возникновения патологий и нерациональной потери корма.

Таблица 9 - Нормы размеров крупки, гранул производственного корма осетра [22].

Масса рыбы, г	Размер крупки, гранул, мм
3-10	1,5-2,5
10-30	3,0-3,5
30-50	3,5-4,5
50-250	6,0-8,0
250-500	6,0-8,0
500-1500	6,0-8,0

Суточный рацион молоди должен быть равен 15-25% от её массы тела при температуре воды 20-24 °С, если температура ниже, то соответственно суточную норму уменьшают. Во избежание загрязнения ёмкости, в которой содержится молодь, кормом, а как следствие нарушение газового режима, необходимо проверят поедаемость корма каждые 2-3 часа [22].

Таблица 10 - Суточные нормы кормления сибирского осетра гранулированным кормом (% от массы тела) при разной температуре воды [24].

Температура воды, °С	Масса рыбы, г							
	1	1-5	5-10	10-50	50-100	100-500	500-1000	1000-5000
5	-	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2
10	3,0	2,5	1,8	1,5	1,2	0,9	0,6	0,3
15	4,0	3,0	2,5	2,0	1,8	1,3	0,8	0,4
20	5,0	4,0	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5
25	6,0	4,5	3,5	3,0	2,5	2,0	1,2	0,6

В летний период, при температуре воды от 16 до 24 °С товарного осетра кормят до 6 раз в сутки при содержании в бассейнах или садках и 2-3 раза в прудах. Когда температура воды опускается до 4-6 °С, потребность осетра в корме резко снижается, так как увеличивается время прохождения пищи по пищеварительному тракту до 36 часов, в этот период корм дают 1 раз в сутки [22].

Таблица 11 - Суточные нормы прироста сибирского осетра (г) в зависимости от массы рыбы и температуры воды [22].

Температура воды, °С	Масса рыбы, г		
	400-800	801-1500	Свыше 1500
12	2,1	1,7	1,5
15	3,2	2,7	2,2
21	3,6	3,2	2,6
25	4	3,4	3

Влияние условий среды на сибирского осетра

Температура воды. Сибирский осётр отличается эвритермностью, благодаря чему он может выдерживать диапазон температур от 1 до 30 °С, а также питаться и расти в зимнее время. Рост сибирского осетра при низкой температуре замедляется менее значительно, в отличие от других осетровых. Для молоди оптимальная температура находится в диапазоне от 14 до 18 °С, для товарной рыбы 17-26 °С. Лучшие показатели роста достигаются при температуре воды от 15 до 25 °С [22;15].

Кислород. Концентрация растворённого в воде кислорода влияет на жизнедеятельность сибирского осетра, при её понижении падает интенсивность питания, в следствии чего замедляется рост. При выращивании осетра в условиях аквакультуры скорость роста снижается при уменьшении кислорода от 40 до 60%. Недостаток кислорода в воде создаёт неблагоприятные зоогигиенические условия, как следствие накапливаются органические вещества и размножается сапрофитная микрофлора, которая отрицательно воздействует на рыбу. Длительное нахождение осетра в воде с низкой концентрацией кислорода уменьшает резистентность организма к возбудителям болезней. Чрезмерная концентрация может быть летальна. Оптимальная концентрация кислорода для сибирского осетра - 7-11 мг/л [12].

Углекислый газ. Высокая концентрация углекислоты негативно влияет на питание и рост осетра, в следствии чего уменьшается выживаемость и темп роста и молоди и взрослых рыб. Так же при низком содержании кислорода и высоком содержании углекислого газа осётр хуже использует корм. Концентрация углекислоты 3 мг/л вызывает угнетённое дыхание и аритмию, при 5-8 мг\л нарушается равновесие, при 17 мг/л рыба плавает на боку.

Аммиак. Аммиак это главный стрессобразующий фактор для рыб, при его чрезмерной концентрации у рыб блокируется дыхательный центр и проявляются необратимые изменения в организме, которые приводят к гибели. При выращивании сибирского осетра содержание аммиака в воде не должно превышать 0,05 г/м³ [28].

Хлориды и нитриты. Передельно допустимые значения нитритов для воды, предназначенной для выращивания сибирского осетра составляет $0,02 \text{ г/м}^3$, а нитратов $1,0 \text{ г/м}^3$. Хлориды в довольно широком диапазоне не оказывают влияние на осетра. Норма содержания хлоридов в воде 10 мг/м^3 , допускается кратковременное поднятие до 15 мг/л .

Жёсткость. При выращивании сибирского осетра жёсткость воды должна составлять $3-10 \text{ мг.экв/л}$. Тем не менее при организации производства жёсткая вода предпочтительнее, благодаря высокой буферности она имеет более стабильный pH, а так же в ней понижается токсичность многих веществ.

Свет и прозрачность. Освещённость влияет на рост и развитие осетра. При освещённости от 3 до 8 лк повышается скорость роста молоди, увеличивается интенсивность дыхания и потребления корма, однако снижается расход кислорода на прирост и кормовой коэффициент [3]. Так же выявлено, что на рост молоди положительно влияет содержание при зеленом и голубом освещении. Сразу после вылупления личинки проявляют сильно выраженную фотореакцию, избирая освещённость до 5000 лк, с переходом на активное питание реакция ослабевает [26].

Солёность. Характерной чертой осетровых рыб является эвригалинность на ранних стадиях онтогенеза. Так как вид сибирский осётр формировался изолированно от морских бассейнов, он показывает наименьшую толерантность к солёности, в сравнении с анадромными осетрами. Сибирский осётр не способен поддерживать осмолярность плазмы и электролитный баланс при солёности выше изоосмотической, из-за этого становится невозможным его существование дальше опреснённых приустьевых участков морей. Личинки погибают при переводе в воду с солёностью $10,5-12,5\%$, с возрастом солеустойчивость повышается и взрослая рыба выдерживает 12% [17].

Активная реакция среды. Для осетровых рыб показатель pH должен находиться в пределах $7,0-8,5$.

Установлено и зарегистрировано, что для выращивания сибирского осетра наиболее пригодна вода со следующими ПДК:

- Температура не более 25 °С;
- Цветность не более 50 град
- Прозрачность - 0,75-1,0 метра
- Взвешенные частицы - не более 25 мг/л
- Растворённый кислород - не менее 6,0 мг/л
- Свободный аммиак - 0,05 мгN/л
- Двуокись углерода - не более 10 мг/л
- Сероводород - отсутствует
- Водородный показатель - 7,0-8,5 рН
- Перманганатная окисляемость - 15 мгО/л
- Аммонийный азот - 0,5 мгN/л
- Нитриты - 0,1 мгN/л
- Нитраты - 2 мгN/л
- Фосфаты - 0,5 мгP/л
- Железо общее - 1 мгFe/л
- Гидрокарбонаты - 400 мг/л
- Сульфаты - 200 мг/л
- Хлориды - 150 мг/л
- Кальций - 150 мг/л
- Магний - 30 мг/л
- Натрий + Калий - 200 мг/л
- Минерализация - 2000 мг/л
- Общее количество микроорганизмов - 3 млн.кл/мл
- Количество сапрофитов - 5 тыс.кл/мл

Содержание радужной форели и сибирского осетра в условиях поликультуры

Поликультура в рыбоводстве - один из методов интенсификации рыбоводства, подразумевающий совместное выращивание в одном водоёме или рыбоводной ёмкости двух видов рыб. Для выращивания в условиях поликультуры выбирается основной объект, на выращивание которого будет ориентированно производство, и добавочный вид, отличающийся от основного спектром питания. Это позволяет максимально эффективно использовать кормовую базу водоёма, достигнуть экономии искусственных кормов, расширить ассортимент продукции, выпускаемой рыбохозяйственным предприятием и понизить себестоимость продукции. [28]

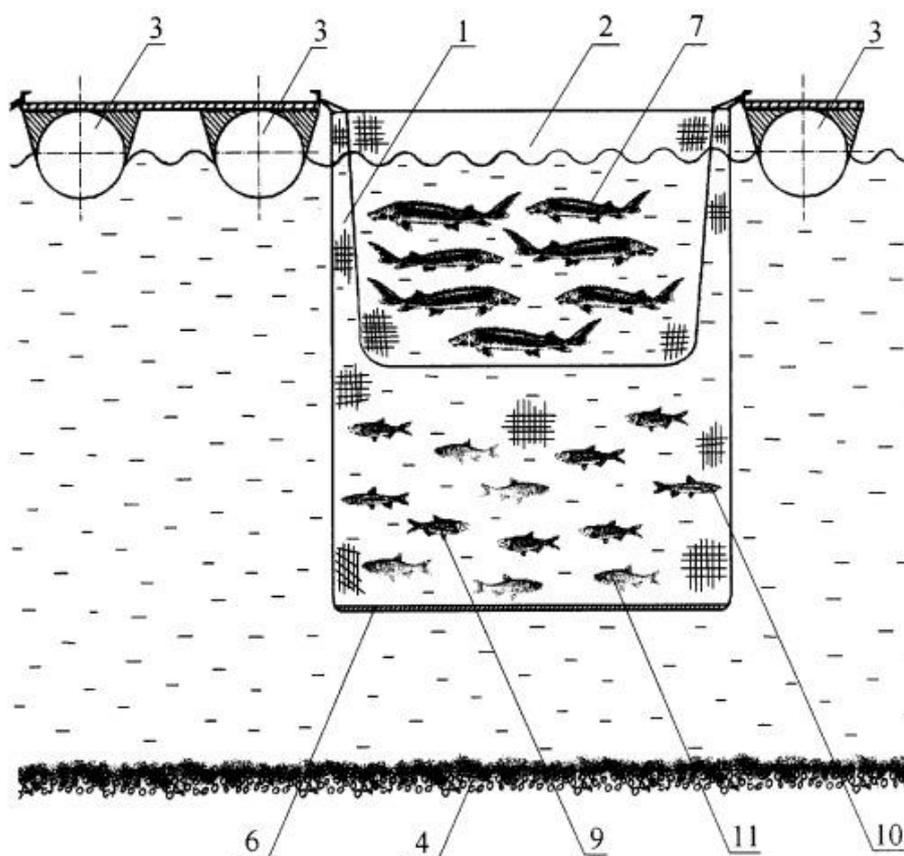
Кроме этого поликультура имеет ещё ряд преимуществ. Например, некоторые виды рыб, такие как карп и белый толстолобик, могут питаться экскрементами других видов рыб. Некоторые виды потребляя естественную кормовую базу водоёма стимулируют её развитие, так например белый толстолобик питается в основном крупными и малопродуктивными клетками фитопланктона, чем способствует омоложению популяции и повышению продуктивности одноклеточных водорослей. При совместном выращивании карпа и белого толстолобика происходит взаимная мелиорация: толстолобик увеличивает продукцию фитопланктона - основного продуцента кислорода, в следствии чего улучшается газовый режим водоёма, что способствует более быстрому росту карпа, который, в свою очередь, увеличивает кормовую базу для толстолобика, взмучивая донные отложения. Таким образом, при совместном содержании карпа и белого толстолобика у обоих увеличивается темп роста.

Однако поликультура может иметь и отрицательные стороны. Самая существенная из них возникает при чрезмерной плотности посадки: у видов увеличивается пищевая конкуренция, в следствии чего, замедляется темп роста.

Существует несколько вариантов поликультуры: вариант, когда доли выращиваемых видов сопоставимы; посадка добавочных видов в небольшом количестве, например хищников, которых сажают в количестве 30-100 особей на 1 га; и смешанную посадку, когда выращиваются разновозрастные рыбы одного вида, например сеголетки карпа, питающиеся зоопланктоном и двухлетки, которые полностью перешли на питание донными беспозвоночными. К добавочным видам относится щука, сом, судак, карась, гибриды карпа и карася, линь, чёрный амур. Хищники питаются малоценной сорной рыбой, конкурирующей с основным видом за пищу. Благодаря этому, помимо добавочной продукции хищников, увеличивается рыбопродуктивность по карпу [37].

Кроме нагульных прудовых хозяйств, опыт применения поликультуры имеется и в садковом рыбоводстве. Однако этот технологический приём не получил широкого распространения в связи с тем, что не достигалась максимальная рыбопродуктивность. В первую очередь это связано с тем, что добавочные виды потребляли дорогостоящие комбикорма предназначенные для основного вида, а кормовые ресурсы, на которые было направлено формирование поликультуры потреблялись в незначительной мере. В результате основной объект не получает необходимого количества питательных веществ для образования продукции и отстаёт в росте.

Для решения этой проблемы был разработан метод пространственного изолирования основного объекта от добавочного. Основным объектом выступали осетровые виды рыб, а добавочными белый и пёстрый толстолобик и белый амур. Пространственное изолирование осуществлялось установкой в большой садок с растительными рыбами садок меньших размеров с осетровыми.



5 рисунок - рисунок - Пространственное изолирование видов в садковой поликультуре [11]. 1 - большой садок с добавочными видами; 2 - малый садок с основным видом; 3 - борты садка; 4 - дно водоёма; 6 - дно большого садка; 7 - основной виды; 9,10,11 - добавочные виды.

Пространственная изоляция позволила предотвратить потребление растительноядными рыбами комбикорма, используемого для кормления осетров. Способ позволил получить дополнительную продукцию растительноядных рыб за счёт их питания непотреблёнными осетровыми кормами, экскрементами осетра и детритом. Толстолобики утилизируют органику и тем самым препятствуют усиленной эвтрофикации водоёма. Белый амур потребляет перифитонные обрастания, чем оказывает мелиоративный эффект, улучшая гидрологический режим садков [11].

Поликультура в установках с замкнутым типом водоснабжения не подразумевает взаимной мелиорации видов друг на друга и косвенного влияния одного вида на кормовую базу другого, так как в системах УЗВ все гидрохимические показатели подконтрольны, а корма используют

исключительно искусственные. Выпускаемыми промышленностью комбикормами могут питаться все растительноядные рыбы, которые обычно используются в садковой и прудовой поликультуре. Поэтому в УЗВ условная поликультура карпа и белого толстолобика не рентабельна, так как виды не оказывают друг на друга положительного влияния, но конкурируют за корм, из-за чего оба вида будут показывать плохие темпы роста.

Основной задачей при создании поликультуры в установках с замкнутым типом водоснабжения является пространственное разделение объектов выращивания с целью недопущения пищевой конкуренции. Самыми подходящими для этой задачи являются лососёвые и осетровые виды рыб. Лососи это хищные рыбы, которые добывают еду с поверхности и в толще воды, а осетра типичные бентофаги - питаются исключительно со дна. Таким образом, находясь в одной рыбоводной ёмкости лосось и осётр не конкурируют между собой за пищу - форель не будет брать корм со дна, а осётр не сможет кормиться с поверхности воды. Осетровые виды рыб довольно неприхотливы в питании и могут питаться и расти на непотреблённых форелевых тонущих комбикормах.

Для создания в УЗВ поликультуры лососёвых и осетровых рыб рекомендуется использовать радужную форель (*Oncorhynchus mykiss*) и сибирского осетра (*Acipenser baerii*). Выращивания радужной форели одно из самых перспективных и эффективных направлений аквакультуры. Радужная форель в УЗВ показывает высокие производственные качества и темпы роста, благодаря вкусовым качествам ценится у потребителей. Внедрение сибирского осетра в аквакультуру обусловлено не только его товарными качествами, спросом на мясо и икру, возможностью выращивать в бассейнах до товарного исключительно на сухих комбикормах, но и необходимостью создания и эксплуатации маточных стад в целях сохранения генетической структуры вида и поддержания численности его популяций. Осётр отличается долгими темпами роста, организация поликультуры с радужной форелью позволит получать товарную продукцию ежегодно.

Общее рекомендуемое оборудование для всех производственных модулей УЗВ

Система УЗВ включает в себя в следующие компоненты: рыбоводные бассейны, секции водоподготовки, насосы, трубопровод и лотки для подачи и отвода воды. Секция водоподготовки является важнейшей частью системы, в ней происходят следующие процессы:

- удаление взвешенных твёрдых частиц - продуктов жизнедеятельности и остатков несъеденного корма;
- разложение растворённого органического остатка;
- нитрификация - преобразование аммиака в нитрит;
- денитрификация - преобразование нитрита в нитрат, затем в газообразный азот;
- Удаление фосфата;
- Удаление углекислого газа;
- Аэрация - обогащение кислородом

Рыбоводные бассейны. Материал бассейна не должен выделять в воду вещества токсичные для культивируемых объектов, внутренняя поверхность бассейна должна быть гладкой, что бы не ранить рыбу. Допустимые материалы, из которых может быть изготовлен бассейн - стеклопластик или прорезиненная ткань. Для предотвращения размножения болезнетворных микроорганизмов в процессе эксплуатации бассейн должен самоочищаться. Конструкция бассейна должна доступ для чистки и дезинфекции, быть прочной и герметичной. Бассейн должен быть установлен таким образом, что бы вода в механический фильтр поступала самотёком. Необходимо, что бы в бассейнах были установлены датчики минимального и максимального уровня воды. Для удобства и автоматизации кормления бассейны можно оборудовать автоматической кормушкой, которая позволяет управлять процессом кормления благодаря настройки интервалов кормления.

Секция водоподготовки. В секции водоподготовки происходит механическая и биологическая фильтрация, озонирование и аэрирование.

Механический барабанный фильтр. Механическая фильтрация воды в установках с замкнутым циклом водоснабжения нужна для удаления из воды продуктов первичного загрязнения, к которым относятся например фекалии и остатки корма, и вторичного загрязнения - отработанной биопленки биофильтра. Нерастворённые осадки представляют собой грубодисперсные и мелкодисперсные примеси, слизеподобные и коллоидные вещества. Для этого система оснащается микросетчатым барабанным фильтром.

Для удержания от ухода из бассейна живой и погибшей рыбы, сливы бассейнов оборудованы сетками, размер ячеей которой зависит от размера содержащейся в бассейне рыбы. Выбирая размер ячеей сетки нужно обратить внимание на то, что сетка с малым размером ячеей быстро зарастает биопленкой и перестаёт пропускать воду, в результате чего поднимается уровень воды в бассейне.

Вода из бассейнов удаляется через нижний слив, далее через трубопровод попадает в механический фильтр, представляющий собой цилиндрический каркас с натянутой сеткой. Поток воды направляется вдоль оси цилиндра, выходящий поток идёт от оси к периферии цилиндра, в результате жидкость проходит через ячейки сетки, а нерастворённый осадок остаётся с внутренней стороны на сетке. Цилиндр постоянно вращается, по мере повышения уровня воды в фильтре осуществляется очистка и частицы с сетки смываются струёй воды и попадают в лоток, который располагается выше уровня воды в барабане фильтра, далее уходят в канализацию.



6 Рисунок - Механические барабанные фильтры.

Фильтр должен работать постоянно и в автоматическом режиме, что бы при загрязнении сетки и поднятии уровня воды внутри барабана срабатывал датчик загрязнения воды, включающий привод вращения барабана и промывочный насос. Во избежании сбоя работы всей системы УЗВ, необходим ежедневный визуальный контроль за работой механического фильтра персоналом.

Для отключения механического фильтра из системы УЗВ необходим обводной байпас с дисковыми заслонками типа «баттерфляй». При возникновении поломки фильтра, в первую очередь нужно уменьшить суточную норма корма, что бы снизить нагрузку на сетчатый барабан фильтра.

После механической фильтрации вода попадает в биологический фильтр [4].

Биологический фильтр. Благодаря биологической очистки из системы с замкнутым циклом водоснабжения при помощи микроорганизмов удаляются растворённые загрязнения посредством процессов нитрификации, денитрификации и минерализации.

Аммиак - конечный продукт белкового обмена рыб. На аммиак приходится от 60 до 80% всех органических соединений, которые рыба выделяет в воду через жабры и почки. Аммиак это основное токсичное вещество, на удаление которого направлена работа системы биологической очистки.

Процесс биологической очистки происходит благодаря автотрофным и гетеротрофным бактериям, которые закреплены на поверхности загрузки биофильтра и находятся в активном иле - взвешенной микробной массе.

Первый этап биологической очистки называется аммонификация или минерализация. Гетеротрофные бактерии в процессе своей жизнедеятельности окисляют азотсодержащие компоненты испражнений рыб и остатков корма до простых неорганических соединений - воды, углекислого газа и аммиака. Затем происходит следующая стадия биологической очистки, которая называется нитрификация, она подразумевает под собой окисление аммония до нитритов, а затем до нитратов. Этот процесс осуществляется автотрофными бактериями родов *Nitrosomonas* и *Nitrobacter*. Рода *Nitrosomonas* получает энергию

благодаря процессу окисления аммиака до нитритов, а для рода *Nitrobacter* источником энергии является реакция окисления нитритов до нитратов.

Итогом этих двух этапов является преобразование токсичного для рыб аммония в менее ядовитые нитраты.

Одновременно с процессом нитрификации происходит денитрификация - процесс восстановления неорганического азота, когда азот переходит и нитратов в газообразное состояние. Основные денитрифицирующие бактерии задействованные в этом процессе - рода *Pseudomonas*, *Achromobakter*, *Bacillus* и др. При условии наличия в среде совместно с нитритами аммонийных солей или аминокислот, свободный азот выделяется благодаря их взаимодействию - косвенной денитрификации, во время прямой денитрификации восстановление нитратов, наоборот, происходит до свободного азота. В противоположность процессам минерализации и нитрификации, денитрификация уменьшает количество неорганики в воде. В только запущенной системе биологической фильтрации процессы минерализации, нитрификации и денитрификации происходят последовательно, в уже установившейся системы они протекают параллельно.

Самым ответственным и важным периодом эксплуатации системы биологической очистки считается период запуска, когда происходит формирование микрофлоры, поэтапная смена количественного и качественного состава активного ила. От протекания физико-химических процессов, происходящих в этот момент в аэротенках и биофильтрах, зависит вся дальнейшая работа системы биологической очистки и целой рыбоводной установки. Обычно этот период занимает 20-25 суток.

При запуске работы аэротенка или биофильтра происходит минерализация белковых веществ с образованием углекислоты. На 6-7 день своего максимума достигает процесс аммонификации, концентрация аммиака в этот момент достигает 2,5 мг/л, в дальнейшем она снижается. Затем с помощью бактерий рода *Nitrosomonas*, которые окисляют аммиак до соли азотистой кислоты, происходит накопление нитритов, максимальная концентрация которых

достигается на 8-9 день работы аэротенка или биофильтра и составляет примерно 3 мг/л.

Бактерии *Nitrosomonas* из-за накопления нитритов находятся в состоянии угнетения, в это же время происходит развитие бактерий *Nitrobacter*, окисляющих соли азотистой кислоты в соли азотной кислоты. На 18-19 день отмечается максимум концентрации нитратов, который составляет 7,0-7,5 мг/л, благодаря добавлению в систему свежей воды концентрация остаётся на этом же уровне.

Для того, что бы не допустить массовой гибели рыб в период запуска биологического фильтра, воду, которая прошла через механический фильтр, разделяют на два потока, первый составляет около 70% расхода воды в системе, его смешивают со свежей водой и направляют в бассейн с рыбой, второй направляют в систему биологической очистки в аэротенк или биофильтр, а после смешивают с первым потоком. Со временем поток, который направляется в аэротенк увеличивается, а первый поток уменьшается. В итоге постепенно увеличивается нагрузка на систему биологической очистки.

В результате постепенному вводу в рабочий режим аэротенка, методическому увеличению нагрузки и добавлению свежей воды к выходящей из аэротенка осуществляется снижение концентраций токсичных для культивируемых объектов веществ, не допуская массового отхода рыб в период ввода аэротенка в эксплуатацию.

В настоящее время для биологической очистки воды в системах УЗВ используют биофильтры - устройства, которые используют прикреплённую микрофлору. Аэротенки, использующие активный ил, в силу своей низкой удельной производительности, не получают широко распространения.

Биофильтр - это ёмкость, наполненная различного типа загрузкой, на её поверхностях происходит развитие бактериальной плёнки. Для увеличения производительности биофильтра необходимо увеличить площадь поверхности загрузки. На ранних этапах развития индустриального рыбоводства в конструкциях биофильтров систем с замкнутым циклом водоснабжения

применяли объёмную загрузку, такую как гравий, керамзит, раковины моллюсков и прочие, удельная площадь поверхности (УПП) которых составляла 20-100 м²/м³, ещё одним минусом такой загрузки, по мимо малой удельной площади, является необходимость в периодической её промывке, что убивает бактериальную плёнку. Позже использовалась плёночная и кассетная загрузка с УПП 100-150 м²/м³. В наши дни широкое распространение получили разнообразные виды пластиковой загрузки, к которым относится сотовая и мелкозернистая загрузка или биошары, УПП такой загрузки составляет 350-1750 м²/м³. Кроме того используются биофильтры с регенируемой песчаной загрузкой, имеющую УПП 3000-4000 м²/м³. Повышение удельной площади поверхности загрузки биофильтра позволило уменьшить объем очистных секций УЗВ и соотношению объемов рыбоводных ёмкостей и секции водоподготовки для современных рыбохозяйственных систем составляет 1 : 0,5 - 1.



7 Рисунок - загрузка биофильтра - биошары.

В настоящее время существует три типа биофильтров: погружные, орошаемые и вращающиеся.

Погружные биофильтры. В биофильтрах данного типа вся загрузка находится ниже поверхности воды в резервуаре. В качестве загрузки применяют мелкозернистую регенируемую загрузку, например полимерные

гранулы или песок, и пластиковые элементы с развитой поверхностью. Погружные биофильтры удобны и просты в эксплуатации, у них нет необходимости в больших перепадах уровней воды в установке, это даёт возможность использовать менее мощные циркуляционные насосы, могут работать в большом спектре гидравлических нагрузок. Основное отличие от биофильтров других типов - погружные биофильтры требовательны к высокой концентрации кислорода в 6-8 мг/л.



8 рисунок - Погружной биофильтр.

Орошаемые (капельные) биофильтры. В биофильтрах этого типа загрузка в ёмкости располагается выше уровня воды. Процесс биологической очистки протекает в слое воды, которая стекает по загрузке, это позволяет сохранять газовый режим и увеличивать активность процесса окисления органики микроорганизмами. В таких биофильтрах применяется сотовая и кассетная загрузка или пластиковые элементы с высокой УПП. Конструкция представляет собой закрытую камеру с движущейся сверху вниз водой.

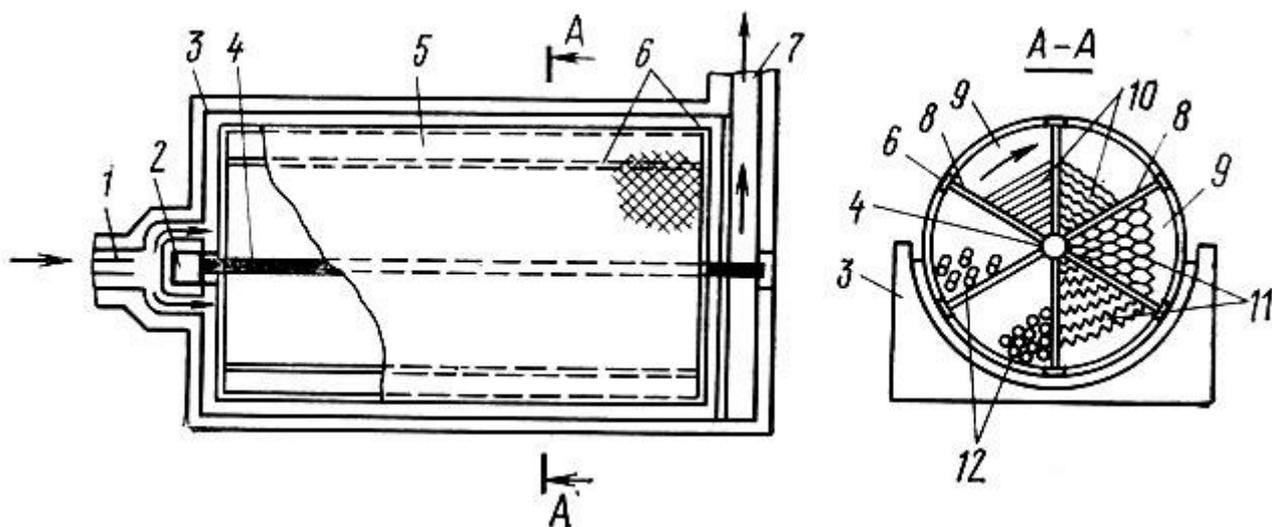
Плюсы орошаемых биофильтров это высокая окислительная мощность и возможность подачи воды с минимальным содержанием кислорода. К минусам можно отнести необходимость значительных перепадов уровней воды в системе, а для этого требуются более мощные циркуляционные насосы, и возможность работы в небольшом диапазоне гидравлических нагрузок.



9 рисунок - Орошаемые (капельные) биофильтры.

Существуют так же комбинированные биофильтры - верхняя часть орошаемый биофильтр, а нижняя погружной. Подобная конструкция позволяет увеличить интенсивность окисления органических веществ.

Вращающиеся фильтры. В биофильтрах данного типа происходит циклическая смена водной и воздушной среды на поверхности биофильтра. Благодаря этому в системе улучшается кислородный режим, и, как следствие, увеличивается её производительность. Конструкция данных биофильтров представляет собой систему пластиковых вращающихся перфорированных труб, которые заполнены гофрированными полиэтиленовыми дисками, или вращающийся барабан, который заполнен пластиковыми элементами с большой площадью поверхности. Вращающиеся фильтры имеют ряд достоинств: не нуждаются в больших перепадах уровней воды, обладают высокой окислительной мощностью и эффективно очищают воду с низкой концентрацией кислорода. К недостаткам можно отнести сложность конструкции, необходимость дополнительного электропривода и ограниченный объем вращающейся части биофильтра.



10 рисунок - Восьмисекционный вращающийся биофильтр [32]. 1 - подводящий лоток; 2 - электродвигатель с редуктором; 3 - бетонный резервуар; 4 - секция биофильтра; 5 - вал; 6 - промежуточная опора со стойками; 7 - брусья секции со стержнями; 8 - отводящий лоток; 9 - гибкая пластмассовая пленка; 10 - кожух биофильтра

Производительность биофильтра определяется многими факторами, например температурой, pH, концентрацией растворённого в воде кислорода, временем нахождения воды в толще загрузки, солёностью, загрязнением подаваемой на очистку воды и наличие в ней ингибирующих для биопленки веществ. Выявлено, оптимальная температура находится в пределах от 24 до 30 °С, pH 7,2-7,8, концентрация кислорода в подаваемой на очистку воде - 6-8 мг/л. Увеличение солёности замедляет реакции окисления биопленкой, так например при повышении солёности до 35‰ окислительная мощность биофильтра уменьшается на 40-45 %.

На жизнедеятельность бактерий негативно влияет глюкоза, мочевины, пептон, некоторые аминокислоты, тяжёлые металлы, органические соли, некоторые антибиотики и другие лекарственные препараты, предназначенные рыбам.

Поскольку в УЗВ при выращивании рыб накапливаются нитраты, необходимо ежедневно добавлять в систему 10% свежей воды. В целях уменьшения трат воды в УЗВ добавляют блок денитрификации, в котором, не

считая превращения нитратов в свободный азот, происходит восстановление нитритов до молекулярного азота, минуя фазу образования нитритов бактериями-нитрификаторами. Денитрификаторы устанавливаются до и после биофильтра-нитрификатора, в него поступает от 10 до 20% оборотной воды.

Конструкция денитрификаторов похожа на погружные фильтры - герметичная ёмкость заполненная загрузкой. От биофильтров-нитрификаторов денитрификаторы отличаются более длительным нахождением воды в устройстве (до 1 часа и более) и, как следствие, большим объемом. Для работы денитрификатора необходимо создать анаэробные условия (концентрация кислорода не более 2 мг/л) и обеспечить бактерии питанием в виде растворённого в воде органического вещества.

После механической и биологической фильтрации нагревается до температуры, требуемой культивируемыми объектами, аэрируется или оксигенируется и подаётся в рыбоводные бассейны. В некоторые системы УЗВ добавляют оборудование для регулирования рН и обеззараживания воды (озонирование или УФ-облучение) [22].

Озонатор. В настоящее время на большинстве рыбоводных хозяйств в систему УЗВ включён озонатор. В нем озон впрыскивается в стекающую воду с помощью диффузоров, которые расположены на дне ёмкости. Конструкция озонатора включает в себя генератор озона, компрессор кислородного генератора, систему управления, инжектора, насосы, воздухо-охладители, световые индикаторы выработки азота.



11 рисунок - Конструкция озонатора.

Озон особая модификация кислорода, состоящая из трёх его атомов. При распадении молекулы, самостоятельные атомы стремятся вступить в реакции окисления. Благодаря этому всё влияние озона на протекание биохимических реакций основано на сильном окисляющем действии.

В высокоинтенсивных рыбоводных системах с замкнутым циклом водоснабжения озон используют в целях улучшения качества воды, не добавляя в больших объёмах свежую воду, а так же он является эффективным бактерицидным и противовирусным средством для культивируемых объектов. В настоящее время озон широко используется в аквакультуре благодаря высокой скорости протекания реакций с его участием, образованию малого количества побочных токсичных веществ в пресной воде и образованию кислорода в качестве конечного продукта разложения. Озон улучшает качество воды благодаря микрофлокуляции (увеличение осаждения небольших частиц в фильтре) и окислению органических частиц, нитрита и красящих воду соединений. Однако в больших концентрациях озон может быть опасен рыб.

Для уничтожения болезнетворных микроорганизмов требуется концентрация озона от 0,1 до 2 мг/л и от 1 до 30 минут нахождения воды в контактной камере, однако в системах УЗВ проблематично постоянно

поддерживать концентрацию выше 1 мг/л, а концентрация 2 мг/л не допускается на рыбоводных хозяйствах. Большая часть болезнетворных организмов погибает при концентрации 0,01-0,1 мг/л. Поэтому установлены оптимальные концентрации для различных рыбоводных хозяйств: для систем с морской и солоноватой водой эффективная концентрация 0,1 - 0,2 мг/л, а для пресноводных систем - 0,3 - 0,4 мг/л.

Благодаря микрофлокуляции озон повышает эффективность работы механического фильтра - при озонировании повышается процент удаления твёрдых частиц от количества вносимого корма. Так же, являясь нестабильным реактивным газом, озон разделяет крупные частицы на более мелкие, что помогает гетеротрофным бактериям биофильтра утилизировать загрязнения.

Генерировать озон необходимо на хозяйстве, для этого существует несколько источников энергии: высоковольтный коронный заряд, ультрафиолетовое излучение, химические реакции и электролитические процессы. Высокоэффективным методом генерации озона является коронный разряд, подразумевающий прохождение кислорода в просвет между электронами, которые находятся под высоким напряжением. Для увеличения эффективности генерации озона, в озонатор подают чистый кислород, это вдвойне увеличивает количество получаемого озона, по сравнению с использованием обычного воздуха.

Оксигенатор. Насыщение воды кислородом - неотъемлемый этап водоподготовки в системах с замкнутым водоснабжением. После прохождения секции фильтрации вода по трубопроводу подаётся в рыбоводные бассейны. В этот же момент происходит насыщение её кислородом с помощью реактора-сосуда, который устанавливается в каждом бассейне. Для получения кислорода в систему включают кислородный генератор, от него кислород поступает в реактор, который насыщает воду.

Генератор кислорода служит для выделения из воздуха кислорода, разделяя воздух на кислород и азот. Этот процесс возможен благодаря адсорбирующему материалу, получаемому из неорганических материалов, через него пропускают

воздух и, адсорбируя азот, он пропускает кислород, который на выходе имеет чистоту 95%. Вода и углекислый газ, образующиеся в процессе, через газоотвод выходят в атмосферу.

Оксигенатор - прибор, насыщающий воду кислородом выше уровня равновесного насыщения. В конусных оксигенаторах, обычно используемых на рыбоводных хозяйствах, насыщение воды кислородом до концентрации 25 мг/л происходит под давлением 0,5 - 1 бар.

Конструкция конусного оксигенатора представляет из себя конус высотой 2,2 метра, в верхней части которого установлен удаляющий воздух кран, который позволяет влиять на давление внутри конуса. Основное достоинство конусного оксигенатора - простота и надёжность в эксплуатации [4].

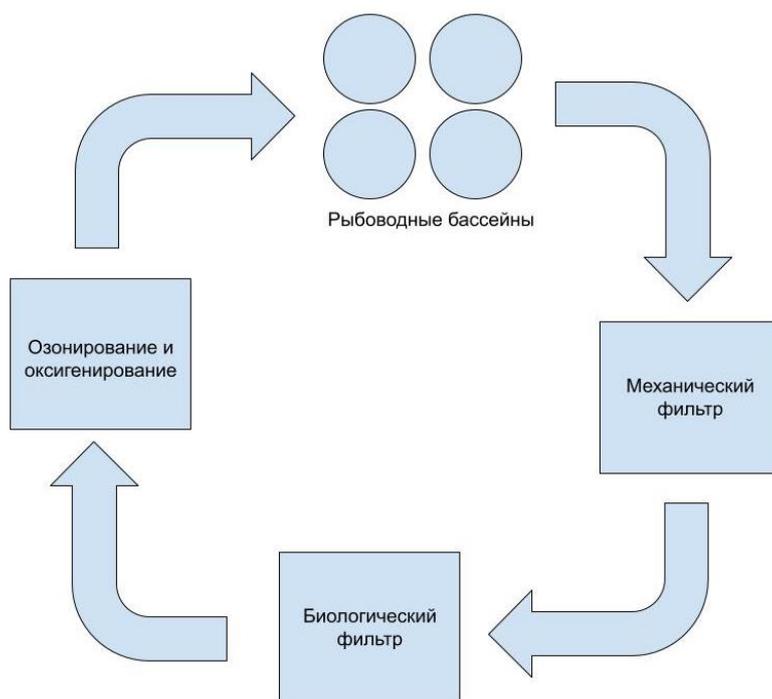


12 рисунок - Конструкция оксигенатора.

Принцип работы системы УЗВ

По центру бассейна располагается перекрытое решёткой отверстие, через которое происходит отвод воды. Через трубопровод вода поступает в регулирующий колодец и в канализационный трубопровод, предназначенный для отведения воды с продуктами жизнедеятельности и остатками корма. Регулирующий колодец это пластмассовая труба, диаметр которой больше диаметра отводящего трубопровода, в который она установлена. Вода выливается из отводящего трубопровода по пространству внутри колодца и

попадает в трубопровод, который подаёт её на очистку в механический фильтр, удаляющий частицы крупнее 30 мкм. Затем вода подаётся в погружной биофильтр, в котором происходят процессы нитрификации и денитрификации, в биофильтр погружен аэратор. Далее примерно 30% воды забирается для озонирования, затем подаётся в выдерживатель, в котором осуществляется окончательное разложение озона. Другой группой насосов вода подаётся в лоток, распределяющий её по бассейнам трубопроводом через кислородный конус. В бассейн установлен рН-зонд, кислородный датчик и датчики уровня воды, показатели с них выводятся на центральный пункт управления. Так же в бассейнах расположены колонны-оксигенаторы, смешивающие кислород с водой. Свежая вода добавляется в систему перед прохождением биофильтра.



13 рисунок - Схема УЗВ.

Требования к качеству воды

Температура. Лучшие показатели роста у радужной форели достигаются при температуре воды 15-18 °С, а у сибирского осетра, благодаря эвритермности, от 15 до 25 °С. Из этого следует, что при выращивании форели и осетра в одной рыбоводной ёмкости, при установке в системе температуры, стоит

ориентироваться на радужную форель, так как она более чувствительна к температуре, и содержать рыб при температуре 15-18 °С.

Кислород. Оптимальная концентрация кислорода при выращивании форели составляет 9-12 мг/л, при выращивании осетра она находится в примерно таком же диапазоне от 7 до 11 мг/л. Следовательно, при выращивании радужной форели и сибирского осетра в условиях поликультуры, концентрация растворённого в воде кислорода должна быть на уровне 12 мг/л.

Углекислый газ. При выращивании радужной форели и сибирского осетра в условиях поликультуры, оптимальная концентрация углекислоты не должна превышать 3 мг/л, допускается кратковременное повышение до 10 мг/л.

Аммиак. Аммиак это главный стрессообразующий фактор для рыб, и его повышенная концентрация вызывает гибель рыб. При совместном содержании форели и осетра концентрация аммиака в воде не должна превышать 0,05 г/м³

Хлориды и нитриты. В поликультуре радужной форели и сибирского осетра допустимые значения нитритов составляют 0,02 г/м³, а хлоридов не более 10 мг/м³.

Жёсткость. Для радужной форели и сибирского осетра более благоприятна вода средней жёсткости. При совместном выращивании этих видов, рекомендуется поддерживать жёсткость воды от 3 до 10 мг.экв/л, предпочтительны более высокие показатели.

Солёность. Повышать солёность воды следует только в профилактических антибактериальных целях.

Активная реакция среды. Для нормальной жизнедеятельности и развития радужной форели и сибирского осетра необходима нейтральная и слабощелочная среда (рН 7-8,5).

Методика выращивания радужной форели и сибирского осетра в условиях поликультуры

Совместную посадку молоди радужной форели и сибирского осетра в один бассейн рекомендуется при достижении ими 5 и 3 грамм соответственно,

обусловлено это одинаковым размером потребляемых гранул корма от 1,5 до 2,5 миллиметров. В целях создания поликультуры радужной форели и сибирского осетра рекомендуется использовать бассейны предназначенные для выращивания радужной форели, которые имеют площадь дна 19,635 м² и объем 18,8 м³. Уровень воды в бассейне должен находиться на уровне 1 метра для комфортного распределения двух видов - форели располагается у поверхности и в толще, осётр держится преимущественно у дна.

Плотность посадки

При определении плотности посадки радужной форели и сибирского осетра в условия поликультуры следует учитывать потребность кислорода каждым видом. Сибирский осётр, будучи бентофагом, потребляет в 3,3 раза меньше кислорода, чем форель: при температуре воды °С 15 и массе 5 грамм форель потребляет 488 мг/(кг*ч), а осётр при той же массе и температуре - 146 мг/(кг*ч) [8,30]. Во избежании увеличения производственных затрат на оксигенацию и аэрацию, рекомендуется уменьшить плотность посадки форели на массу форели, которая потребляет столько же кислорода, сколько и масса осетров при рекомендуемой плотности посадки. Для определения этой массы необходимо массу осетров с м² разделить на разность потребления форелью и осетром кислорода.

$$\frac{m_2}{3,3} = m_1$$

где m_1 - вес форели;

m_2 - вес осетра с м².

Затем получившееся число вычитается из рекомендуемой плотности посадки форели.

Таблица 12 - Плотности посадки, средняя масса и длительность выращивания радужной форели и сибирского осетра в поликультуре.

Длительность выращивания, сутки	0	90	140	180	240	360
Средняя масса осетра, г	3	10	25	250	500	750
Средняя масса форели, г	5	20	250	500/50	500/50	500/50
Плотность посадки осетра, кг/м ²	1,2	4	10	75	25	37,5
Рекомендованная плотность посадки форели в монокультуре, кг/м ³	45	60	100	100	100	100
Начальная плотность посадки форели в поликультуре, кг/м ³	10,94	22,78	7,73	9,24	8,86	8,48
Конечная плотность посадки форели в поликультуре, кг/м ³	43,79	56,97	77,28	92,43	88,64	84,85

Бассейн зарыбляется молодью радужной форели и сибирского осетра при массе 5 и 3 грамма соответственно. Рекомендованная плотность посадки форели при выращивании в монокультуре до 20 грамм - 45 кг/м³. К моменту достижения форелью массы 20 грамм, средний вес осетров будет составлять 10 грамм при плотности посадки 400 шт/м² или 4 кг/м². Согласно выше представленной формуле 4 килограмма осетров потребляют столько же кислорода, сколько и 1,21 килограмма форели. Следовательно окончательная плотность посадки форели на этом этапе должна составлять 43,79 кг/м³. За время выращивания форели с 5 до 20 грамм вес рыбы увеличивается в 4 раза,

следовательно изначальная плотность посадки должна быть уменьшена в 4 раза. Таким образом начальная плотность посадки форели составляет $10,94 \text{ кг/м}^3$.

При достижении форелью массы 20 грамм и осетром 10 грамм необходимо провести пересчет плотности. Рекомендованная плотность посадки форели при выращивании в монокультуре от 20 до 50 грамм - 60 кг/м^3 . К моменту достижения форелью массы 50 грамм, средний вес осетров будет составлять 25 грамм при плотности посадки 400 шт/м^2 или 10 кг/м^2 . Согласно выше представленной формуле 10 килограммов осетров потребляют столько же кислорода, сколько и 3,03 килограмма форели. Следовательно окончательная плотность посадки форели на этом этапе должна составлять $56,97 \text{ кг/м}^3$. За время выращивания форели с 20 до 50 грамм вес рыбы увеличивается в 2,5 раза, следовательно изначальная плотность посадки должна быть уменьшена в 2,5 раза. Таким образом начальная плотность посадки форели составляет $22,78 \text{ кг/м}^3$.

Следующий перерасчет плотности посадки выполняется при достижении форелью массы 50 грамм и осетром 25 грамм. Рекомендованная плотность посадки форели при выращивании в монокультуре от 50 до 500 грамм - 100 кг/м^3 . К моменту достижения форелью массы 500 грамм, средний вес осетров будет составлять 250 грамм при плотности посадки 300 шт/м^2 или 75 кг/м^2 . Согласно выше представленной формуле 75 килограммов осетров потребляют столько же кислорода, сколько и 22,72 килограмма форели. Следовательно окончательная плотность посадки форели на этом этапе должна составлять $77,28 \text{ кг/м}^3$. За время выращивания форели с 50 до 500 грамм вес рыбы увеличивается в 10 раз, следовательно изначальная плотность посадки должна быть уменьшена в 10 раз. Таким образом начальная плотность посадки форели составляет $7,73 \text{ кг/м}^3$.

При достижении форелью товарной массы в 500 грамм, бассейны облавливаются и форель реализуется предприятием. Вес осетров к этому моменту составляет примерно 250 грамм при плотности посадки 300 шт/м^2 или 25 кг/м^2 . В бассейн к осетрам подсаживают молодь форели массой 50 грамм,

выбор весовой категории форели обусловлен тем, что при данных массах осётр и форель питаются гранулами корма одного размера (6-8 мм). К моменту достижения форелью массы 500 грамм, средний вес осетров будет составлять 500 грамм при плотности посадки 50 шт/м² или 25 кг/м². Согласно выше представленной формуле 40 килограммов осетров потребляют столько же кислорода, сколько и 7,57 килограмма форели. Рекомендованная плотность посадки форели при выращивании в монокультуре от 50 до 500 грамм - 100 кг/м³. Следовательно окончательная плотность посадки форели на этом этапе должна составлять 92,43 кг/м³. За время выращивания форели с 50 до 500 грамм вес рыбы увеличивается в 10 раз, следовательно изначальная плотность посадки должна быть уменьшена в 10 раз. Таким образом начальная плотность посадки форели составляет 9,24 кг/м³.

При достижении форелью товарной массы в 500 грамм, бассейны облавливаются и форель реализуется предприятием. Вес осетров к этому моменту составляет примерно 500 грамм при плотности посадки 50 шт/м² или 25 кг/м². В бассейн к осетрам подсаживают молодь форели массой 50 грамм, выбор весовой категории форели обусловлен тем, что при данных массах осётр и форель питаются гранулами корма одного размера (6-8 мм). К моменту достижения форелью массы 500 грамм, средний вес осетров будет составлять 750 грамм при плотности посадки 50 шт/м² или 37,5 кг/м². Согласно выше представленной формуле 37,5 килограммов осетров потребляют столько же кислорода, сколько и 11,36 килограмма форели. Рекомендованная плотность посадки форели при выращивании в монокультуре от 50 до 500 грамм - 100 кг/м³. Следовательно окончательная плотность посадки форели на этом этапе должна составлять 88,64 кг/м³. За время выращивания форели с 50 до 500 грамм вес рыбы увеличивается в 10 раз, следовательно изначальная плотность посадки должна быть уменьшена в 10 раз. Таким образом начальная плотность посадки форели составляет 8,86 кг/м³.

При достижении форелью товарной массы в 500 грамм, бассейны облавливаются и форель реализуется предприятием. Вес осетров к этому

моменту составляет примерно 750 грамм при плотности посадки 50 шт/м² или 37,5 кг/м². В бассейн к осетрам подсаживают молодь форели массой 50 грамм, выбор весовой категории форели обусловлен тем, что при данных массах осётр и форель питаются гранулами корма одного размера (6-8 мм). К моменту достижения форелью массы 500 грамм, средний вес осетров будет составлять 1000 грамм при плотности посадки 50 шт/м² или 50 кг/м². Согласно выше представленной формуле 50 килограммов осетров потребляют столько же кислорода, сколько и 15,15 килограмма форели. Рекомендованная плотность посадки форели при выращивании в монокультуре от 50 до 500 грамм - 100 кг/м³. Следовательно окончательная плотность посадки форели на этом этапе должна составлять 84,85 кг/м³. За время выращивания форели с 50 до 500 грамм вес рыбы увеличивается в 10 раз, следовательно изначальная плотность посадки должна быть уменьшена в 10 раз. Таким образом начальная плотность посадки форели составляет 8,48 кг/м³.

После третьего зарыбления форелью бассейнов с осетрами, форель достигает товарной массы в 500 грамм и реализуется предприятием, осётр достигает массы 1000 грамм и так же реализуется предприятием.

Цикл заканчивается однократным получением товарной продукции осетра и четырехкратным получением продукции товарной форели. Далее цикл повторяется.

Нормы кормления

В индустриальном рыбоводстве на кормление приходится большая часть финансовых расходов, следовательно, для повышения рентабельности создания поликультуры необходимо найти пути уменьшения затрат на корма.

При описанных выше совместных условиях содержания радужной форели и сибирского осетра, основным объектом выращивания является форель. Радужная форель, при выращивании в установках с замкнутым типом водоснабжения имеет кормовой коэффициент от 0,8 до 1,2. Кормовой коэффициент представляет собой отношение потребленного рыбой корма к

приросту единицы массы тела, из этого следует что для получения 1 килограмма форели, рыба должна съесть от 0,8 до 1,2 килограмм корма.

Для оценки эффективности кормления рыб экструдированным кормом используют показатель «оплаты корма», который представляет собой отношение веса данного, а не съеденного, рыбам корма к приросту биомассы за определенный промежуток времени. Чаще всего для форели это показатель находится в диапазоне от 0,9 до 1,4. То есть для прироста 1 килограмма форелью, рыбе нужно дать от 0,9 до 1,4 килограмм корма [16].

Разница между кормовым коэффициентом и «оплатой корма» составляет 0,1 - 0,2 единицы и это говорит о том, что при кормлении радужная форель потребляет не весь корм и часть его уходит в блок водоподготовки и удаляется из системы механическим фильтром. Следовательно, если принять 0,9 - 1,4 килограмм корма, которые даются рыбе, за 100%, то можно предположить, что потери корма при кормлении радужной форели составляют от 11,11% до 14,28%.

При кормлении форели тонущим экструдированным форелевым кормом, 11,11%-14,14% данного корма будет тонуть на дно, где его будет утилизировать сибирский осётр, который на всех этапах выращивания питается гранулами корма того же размера, что и форель. Это позволит свести потери форелевого корма к минимуму, снизить нагрузку на блок водоподготовки и снизить расходы на осетровые корма. Кормовой коэффициент осетра составляет 1,2-1,4.

При первом зарыблении бассейна молодью форели и осетра, оба вида рекомендуется кормить кормом с размером гранул от 1,5 до 2,5 миллиметров. В этот момент в бассейне находится 205,67 килограмма форели и 23,56 килограмма осетра. За время выращивания форели до массы 20 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 617,85 кг и к концу этого этапа составляет 823,25 кг. Согласно показателю «оплаты корма», для получения 617,85 килограмм форели потребуется 555,82 кг корма, 61,75 кг из которых форель не потребит. За время выращивания осетра до массы 10 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 54,97 кг и к концу этого этапа составляет 78,54 кг.

Согласно кормовому коэффициенту, для получения 54,97 килограмм осетра потребуется 65,96 кг корма, 61,75 из которых составляет форелевый корм. Следовательно, на этом этапе выращивания потребуется 4,2 кг осетрового корма, расходы корма уменьшаются на 93,62%.

При выращивании форели с 20 грамм до 50 грамм и осетра с 10 до 25 грамм, оба вида рекомендуется кормить кормом с размером гранул от 3,5 до 4,5 миллиметров. На момент начала этого этапа в бассейне находится 428,26 килограмма форели и 78,54 килограмма осетра. За время выращивания форели до массы 50 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 642,77 кг и к концу этого этапа составляет 1071,03 кг. Согласно показателю «оплаты корма», для получения 642,77 килограмм форели потребуется 578,49 кг корма, 64,27 кг из которых форель не потребит. За время выращивания осетра до массы 25 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 117,81 кг и к концу этого этапа составляет 196,35 кг. Согласно кормовому коэффициенту, для получения 117,81 килограмм осетра потребуется 141,37 кг корма, 64,27 из которых составляет форелевый корм. Следовательно, на этом этапе выращивания потребуется 77,1 кг осетрового корма, расходы корма уменьшаются на 45,46%.

При выращивании форели с 50 грамм до 500 грамм и осетра с 25 до 250 грамм, оба вида рекомендуется кормить кормом с размером гранул от 6 до 8 миллиметров. На момент начала этого этапа в бассейне находится 145,324 килограмма форели и 196,35 килограмма осетра. За время выращивания форели до массы 500 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 1307,54 кг и к концу этого этапа составляет 1452,86 кг. Согласно показателю «оплаты корма», для получения 1307,54 килограмм форели потребуется 1176,76 кг корма, 130,74 кг из которых форель не потребит. За время выращивания осетра до массы 250 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 1276,27 кг и к концу этого этапа составляет 1472,62 кг. Согласно кормовому коэффициенту, для получения 1276,27 килограмм осетра потребуется 1531,52 кг корма, 130,74 из которых составляет форелевый корм. Следовательно, на этом этапе

выращивания потребуется 1400,78 кг осетрового корма, расходы корма уменьшаются на 9,33%.

При повторном зарыблении бассейнов форелью массой 50 грамм, вес осетра составляет примерно 250 грамм, оба вида рекомендуется кормить кормом с размером гранул от 6 до 8 миллиметров. На момент начала этого этапа в бассейне находится 173,71 килограмма форели и 1472,62 килограмма осетра. За время выращивания форели до массы 500 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 1563,97 кг и к концу этого этапа составляет 1737,68 кг. Согласно показателю «оплаты корма», для получения 1563,97 килограмм форели потребуется 1407,57 кг корма, 156,38 кг из которых форель не потребит. За время выращивания осетра до массы 500 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 1767,15 кг и к концу этого этапа составляет 2945,25 кг. Согласно кормовому коэффициенту, для получения 1472,62 килограмм осетра потребуется 1767,14 кг корма, 156,38 из которых составляет форелевый корм. Следовательно, на этом этапе выращивания потребуется 1610,78 кг осетрового корма, расходы корма уменьшаются на 8,85%.

При третьем зарыблении бассейнов форелью массой 50 грамм, вес осетра составляет примерно 500 грамм, оба вида рекомендуется кормить кормом с размером гранул от 6 до 8 миллиметров. На момент начала этого этапа в бассейне находится 163,184 килограмма форели и 490,87 килограмма осетра. За время выращивания форели до массы 500 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 1503,24 кг и к концу этого этапа составляет 1666,43 кг. Согласно показателю «оплаты корма», для получения 1503,24 килограмм форели потребуется 1352,92 кг корма, 150,3 кг из которых форель не потребит. За время выращивания осетра до массы 750 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 245,43 кг и к концу этого этапа составляет 736,312 кг. Согласно кормовому коэффициенту, для получения 245,43 килограмм осетра потребуется 294,5 кг корма, 150,3 из которых составляет форелевый корм. Следовательно, на этом этапе выращивания потребуется 144,21 кг осетрового корма, расходы корма уменьшаются на 51,04%.

При четвёртом зарыблении бассейнов форелью массой 50 грамм, вес осетра составляет примерно 750 грамм, оба вида рекомендуется кормить кормом с размером гранул от 6 до 8 миллиметров. На момент начала этого этапа в бассейне находится 159,42 килограмма форели и 736,312 килограмма осетра. За время выращивания форели до массы 500 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 1435,75 кг и к концу этого этапа составляет 1595,18 кг. Согласно показателю «оплаты корма», для получения 1435,75 килограмм форели потребуется 1292,18 кг корма, 143,56 кг из которых форель не потребит. За время выращивания осетра до массы 1000 грамм, масса рыбы в бассейне увеличивается на 245,43 кг и к концу этого этапа составляет 981,75 кг. Согласно кормовому коэффициенту, для получения 245,43 килограмм осетра потребуется 294,5 кг корма, 143,56 из которых составляет форелевый корм. Следовательно, на этом этапе выращивания потребуется 150,86 кг осетрового корма, расходы корма уменьшаются на 48,78%.

Таблица 13 - Количество форелевого и осетрового корма на разных этапах выращивания в поликультуре.

Масса форели, г	5-20	20-50	50-500	50-500	50-500	50-500
Масса осетра, г	3-10	10-25	25-250	250-500	500-750	750-1000
Размер гранул, мм	1,5-2,5	4,5	6-8	6-8	6-8	6-8
Количество форелевого корма, кг	556	579	1177	1408	1353	1292
Количество осетрового корма, кг	4	77	1401	1611	144	151

Для подачи осетрового корма, во избежание поедания его форелью, рекомендуется установить в бассейн погружную пластиковую трубу, которая не будет касаться дна.



14 рисунок - расположение трубы для подачи осетрового корма, относительно дна и стенки бассейна.

Экономическая выгода создания поликультуры радужной форели и сибирского осетра

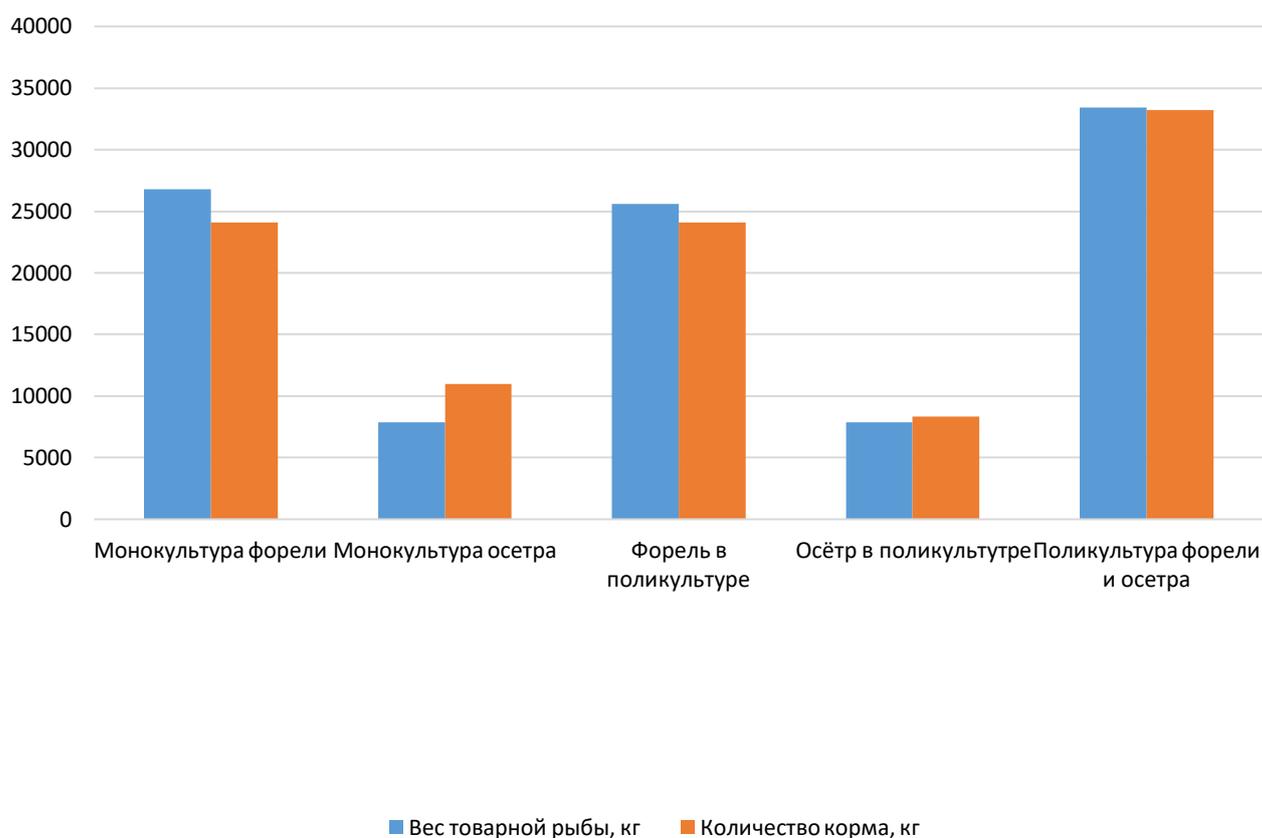
При выращивании радужной форели в условиях монокультуры при рыбоводном цикле описанном выше, с одного рыбоводного бассейна можно получить 7520 килограмм товарной рыбы. Выращивая весь рыбопосадочный материал суммарно можно получить 26790 килограмм товарной форели за 1,5 года.

При выращивании радужной форели в условиях поликультуры при рыбоводном цикле описанном выше, с одного рыбоводного бассейна можно получить 6452,16 килограмм товарной рыбы. Выращивая весь рыбопосадочный материал, можно получить 25584 килограмм товарной форели за 1,5 года.

При выращивании сибирского осетра в условиях монокультуры и поликультуры при рыбоводном цикле описанном выше, с одного рыбоводного бассейна можно получить 981,75 килограмм товарной рыбы. Выращивая весь рыбопосадочный суммарно можно получить 7854 килограмм товарного осетра за 1,5 года.

За всё время рыбоводного цикла, при выращивании всего рыбопосадочного материала будет потрачено 24111 килограмм форелевого корма. При выращивании всего рыбопосадочного материала сибирского осетра в условиях монокультуры было бы потрачено 10995,6 килограмм корма, при выращивании в условиях поликультуры тратится 8316,8 килограмм корма. Экономия осетрового корма составит 24,36%

15 рисунок - Вес товарной рыбы и количество потраченного корма.



При средней стоимости форелевого производственного корма 3000 рублей за 25 килограмм и оптовой стоимости 300 рублей за 1 килограмм форели, при выращивании и реализации всего рыбопосадочного материала, затраты на корм при выращивании радужной форели в монокультуре составят 2 893 320 рублей, цена всей массы товарной рыбы составит 8 037 000 рублей. Таким образом, выращивание радужной форели в условиях монокультуры позволит предприятию получить за 1,5 года прибыль в 5 143 680 рублей.

При средней стоимости осетрового производственного корма 6500 рублей за 25 килограмм и оптовой стоимости 700 рублей за 1 килограмм осетра, при выращивании и реализации всего рыбопосадочного материала, затраты на корм при выращивании сибирского осетра в монокультуре составят 2 858 865 рублей, цена всей массы товарной рыбы составит 5 497 800 рублей. Таким образом, выращивание сибирского осетра в условиях монокультуры позволит предприятию получить за 1,5 года прибыль в 2 638 935 рублей.

При выращивании всего рыбопосадочного материала радужной форели в условиях поликультуры затраты на корм составят 2 893 320 рублей, цена всей массы товарной рыбы составит 7 675 200 рублей. При выращивании всего рыбопосадочного материала сибирского осетра в условиях поликультуры затраты на корм составят 2 162 368 рублей, цена всей массы товарной рыбы составит 5 497 800 рублей. Таким образом, выращивание радужной форели и сибирского осетра в условиях поликультуры позволит предприятию получить за 1,5 года прибыль в 8 117 312 рублей.

Таблица 14 - Экономическая выгода организации монокультуры радужной форели, монокультуры сибирского осетра и поликультуры радужной форели и сибирского осетра.

	Радужная форель, монокультура	Сибирский осётр, монокультура	Радужная форель и сибирский осётр, поликультура
Траты на корм, Р	2 893 320	2 858 865	5 055 688
Цена товарной рыбы, Р	8 037 000	5 497 800	13 173 000
Прибыль, Р	5 143 680	2 638 935	8 117 312

Заключение

Данная работа была посвящена созданию поликультуры лососёвых и осетровых видов рыб в условиях индустриального рыбоводства. Была поставлена и достигнута цель работы, заключающаяся в описании организации создания поликультуры радужной форели и сибирского осетра в условиях индустриальной аквакультуры.

В ходе работы были получены следующие выводы:

- Выбор радужной форели и сибирского осетра в качестве объектов поликультуры обусловлен пространственным распределением видов в толще воды, благодаря чему не возникает пищевой конкуренции. Радужная форель имеет высокие темпы роста и продукционные качества. Сибирский осётр способен весь цикл выращиваться на сухих комбикормах, имеет низкие темпы роста и высоко ценится у потребителей.
- Для создания поликультуры радужной форели и сибирского осетра в установках замкнутого типа водоснабжения используются бассейны, предназначенные для выращивания форели. Блок водоподготовки системы УЗВ состоит из механического и биологического фильтра, озонатора и оксигенатора. При расчёте плотностей посадки рекомендуется учитывать меньшее потребление кислорода осетром.
- Радужная форель более восприимчива к изменениям окружающей среды, чем сибирский осётр, поэтому при создании условий для выращивания этих видов в поликультуре, форель будет лимитировать многие показатели. При выращивании радужной форели и сибирского осетра в поликультуре необходимы следующие условия: температура воды 15 - 18 °С, концентрация растворённого в воде кислорода 12 мг/л, концентрация углекислоты не должна превышать 3 мг/л, концентрация аммиака не должна превышать 0,05 г/м³, рН - 7-8,5.
- Во время кормления радужная форель не потребляет минимум 11,11% корма, этого количества хватает для покрытия части нормы кормления

осетра. Оставшуюся часть подают на дно через погруженную трубу, во избежание потребления осетрового корма форелью.

- При описанной методике выращивания и рыбоводном цикле выращивание радужной форели в поликультуре с сибирским осетром принесёт предприятию на 36% больше дохода, в сравнении с выращиванием форели в монокультуре, и на 67,5% больше, в сравнении с монокультурным выращиванием осетра.

Таким образом, выращивание радужной форели и сибирского осетра в условиях поликультуры позволяет:

- минимизировать потери форелевого корма и снизить трату осетрового корма, благодаря поеданию осетром непотребленного форелью корма;
- получить товарную продукцию осетра не используя отдельные рыбоводные ёмкости;
- Увеличить рыбопродуктивность одной рыбоводной ёмкости не прибегая к дополнительной оксигенации воды;
- увеличить ассортимент продукции, выпускаемой предприятием;
- увеличить рентабельность выращивания рыбы.

Терминологический словарь

Байпас - специальный перепускной канал, резервный путь, запасной маршрут для неперемного обеспечения функционирования системы при наступлении нештатного (аварийного) состояния или иных целей.

Бентофаги - организмы, питающиеся растительным или животным бентосом.

Мелиорация - комплекс организационно-хозяйственных и технических мероприятий по улучшению гидрологических, почвенных и агроклиматических условий с целью повышения эффективности использования земельных и водных ресурсов для получения высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур.

Оксигенфильные организмы - организмы, способные жить лишь при определённой или меняющейся в узких пределах концентрации кислорода.

Пойкилотермия - эволюционная адаптация вида, при котором температура тела живого существа меняется в широких пределах в зависимости от температуры внешней среды.

Реофилы - животные, приспособившиеся к обитанию в текущих водах (ручьях, реках и морских мелководьях, омываемых течением).

Стенотермные организмы - организмы, способные жить лишь при определённой или меняющейся в узких пределах температуре.

Эврибионтность - свойство организмов, заключающееся в способности существовать в широком диапазоне условий среды.

Эвригалинность - способность организмов выносить значительные колебания солёности.

Эвритермность - способность организмов существовать при широких колебаниях температуры.

Эврифаги - организмы с широким спектром пищевых объектов.

Эвтрофикация - насыщение водоёмов биогенными элементами, сопровождающееся ростом биологической продуктивности водных бассейнов.

Список литературы

1. Артамонова В. С., Янковская В. А., Голод В. М., Махров А. А. Генетическая дифференциация пород радужной форели (*Parasalmo mykiss*), разводимых в Российской Федерации. // Труды ИБВВ РАН, 73(76), 2016 - с. 25-45
2. Атлас пресноводных рыб России / под ред. Ю. С. Решетникова. - М.: Наука, 2003. - Т. 1. -379 с.
3. Багров, А.М. Решение проблемы научного обеспечения развития аквакультуры . - М., 1997. - Вып.1. - С.17-22.
4. Барулин Н. В. Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбоводных промышленных комплексах (с временными нормативами), Горки : БГСХА, 2016. – 180 с.
5. Барулин Н. В. Рекомендации по выращиванию рыбопосадочного материала радужной форели в рыбоводных промышленных комплексах (с временными нормативами) – Горки : БГСХА, 2016. – 180 с.
6. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1948. Т. 1. - 468 с.
7. Васильева, Л.М.; Яковлева, А.П.; Щербатова, Т.Г.; Петрушина, Т.Н.; Тяпугин, В.В.; Китанов, А.А.; Архангельский, В.В.; Судакова, Н.В.; Астафьева, С.С.; Федосеева, Е.А. Технологии и нормативы по товарному осетроводству в VI рыбоводной зоне / Под редакцией Судаковой Н. В. М.: Изд-во ВНИРО, 2006. – 100 с.
8. Грищенко Л.И. Болезни рыб и основы рыбоводства— М.: Колос, 1999. — 456 с.
9. Жигин А. В. Пути и методы интенсификации выращивания объектов аквакультуры в установках с замкнутым водоиспользованием (УЗВ) - Москва, 2002. - 40 с.
10. Иванов А. П. Рыбоводство в естественных водоёмах - М. : Агропромиздат, 1988. - 366 с.

11. Карачёв Р.А. , Власов В.А., Лабенец А.В., Липпо Е.В. Использование пространственного изолирования при садковом выращивании рыбы в поликультуре, 2008
12. Киселев А.Ю. Технология выращивания товарного осетра в установках с замкнутым циклом водообеспечения // Слепнев В.А., Филатов В.И. / - М.: ВНИИПРХ. 1995. - 19 с.
13. Кляшторин Л.Б. Водное дыхание и кислородные потребности рыб // - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. - 168 с.
14. Козлов В.И. Справочник фермера-рыбовода, Москва: Издательство ВНИРО, 1998. - 342 с.
15. Константинов А.С. Влияние переменной температуры на рост эвритермных и стенотермных рыб // Вопросы ихтиологии. 1987. Т.27. Вып.: 6. - С.971-977.
16. Крюков В.И., Зарубин А.В. Рыбоводство. Садковое выращивание форели в Центральной России. Учебное пособие для сельскохозяйственных вузов' \\Издание 2-е - Орёл: Автограф, 2011 - с. 300
17. Лукиянов С. В. , Кузнецов В. А. , Лобачёв Е. А. Раннее развитие сибирского осетра (*Acipenser baerii*) в условиях разной солёности // Вопросы ихтиологии, 2018, том 58, № 4 с. 471–476
18. Львов Ю. Б. Плотность посадки разных видов рыб в поликультуре // Вестник Астраханского государственного технического университета, серия: рыбное хозяйство, 2017 - с. 74 - 79
19. Мамонтов, Ю.П. Тенденции развития аквакультуры // Рыбовод и рыболов. - 22. - № 1. - С. 19.
20. Никольский Г.В. Частная ихтиология. Учебное пособие. - М.: Государственное издательство «Советская наука», 1950. - 428 с.
21. Павлов Д. С., Савваитова К. А., Кузищин К. В. и др. Тихоокеанские благородные лососи и форели Азии. М.: Научный мир, 2001. - 200 с.
22. Привезенцев Ю. А., Власов В. А. Рыбоводство. - М.: Мир, 2004. - 456 с.

23. Промысловые рыбы России. В двух томах / Под ред. Гриценко О. Ф. , Котляра А. Н. и Котенёва Б. Н. - М.: издательство ВНИРО, 2006.- Т. 1., 656 с.
24. Проскуренко И. В. Замкнутые рыбоводные установки. – М.: Изд-во ВНИРЮ, 2003. –152 с.
25. Рубан Г. И. Сибирский осётр *Acipenser baerii* Brandt (структура вида и экология). М.: ГЕОС. 1999. - 235 с.
26. Ручин, А.Б. Влияние света на осетровых рыб // Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития: Материалы докладов IV Международной научно-практической конференции - М.: Изд-во ВНИРО, 2006, 47-50 с.
27. Савваитова К. А., Максимов В. А., Мина М. В., Новиков Г. Г., Кохненко Л. В., Мацук В. Е. Камчатские благородные лососи. Воронеж. Издательство ВГУ, 1973. - 120 с.
28. Смирнова Н.В., Лозовская М.В. Влияние различных концентраций кислорода, диоксида углерода, аммиака на выживаемость осетровых рыб и пути её повышения // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 5
29. Титарёв Е.Ф. Форелеводство. - М.: Пищевая промышленность, 1980. - 167 с.
30. Цуладзе В.Л. Бассейновый метод выращивания лососевых рыб: на примере радужной форели, М.: Агропромиздат, 1990. – 156 с.
31. Шерман. И. М., Чижик А. К. Прудовое рыбоводство: учеб. пособие. - Киев, 1989. - 215 с.
32. Яковлев С.В., Воронов Ю.В. Биологические фильтры - Москва: Стройиздат, 1982 - с.120 ил.
33. Продовольственная и сельскохозяйственная организация объединённых наций: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fao.org/home/ru> (Дата обращения 25.06.2022)

34. *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) [Salmonidae]: [Электронный ресурс]. URL:https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/en/en_rainbowtrout.htm (Дата обращения 25.06.2022)
35. *Acipenser baerii* (Brandt, 1869) [Acipenseridae]: [Электронный ресурс]. URL:https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/aquaculture/I1129m/file/en/en_acipenser.htm (Дата обращения 25.06.2022)
36. Биомар: [Электронный ресурс]. URL: <https://www.biomar.com/en/russia/product--species/trout/grower/> (Дата обращения 25.06.2022)
37. Рыбоводство. Аквакультура. Марикультура. [Электронный ресурс]. URL: <http://arktifiksh.com/index.php/vyrashchivanie-ryby/449-polikultura> (Дата обращения 25.06.2022)