

В. Л. ЦУЛАДЗЕ

**БАССЕЙНОВЫЙ
МЕТОД
ВЫРАЩИВАНИЯ
ЛОСОСЕВЫХ
РЫБ**



В. Л. ЦУЛАДЗЕ

БАССЕЙНОВЫЙ МЕТОД ВЫРАЩИВАНИЯ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ

НА ПРИМЕРЕ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ



**МОСКВА
ВО "АГРОПРОМИЗДАТ"
1990**

ББК 47.2
Ц85
УДК 639.211.3

Редактор *О. В. Романова*

Цуладзе В. Л.

Ц85 **Бассейновый метод выращивания лососевых рыб: на примере радужной форели. — М.: Агропромиздат, 1990. — 156 с.**
ISBN 5-10-000993-4

Изложена биотехнология культивирования лососевых на примере радужной форели с использованием морской, пресной и смешанной воды. Приведены требования к качеству воды, расчеты плотности посадки и интенсивности водообмена. Описаны методы формирования ремонтно-маточного стада, корма и технология кормления, необходимые материалы и оборудование.

Для рыбоводов и ихтиологов.

Ц $\frac{4002030000 - 336}{035(01) - 90}$ 120-90

ББК 47.2

ISBN 5-10-000993-4

© В. Л. Цуладзе, 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Разведение рыбы — столь же древняя сфера деятельности человека, как и разведение домашних животных. Однако рыбоводство развивалось значительно медленнее и еще не миновало стадию поиска. Это объясняется многими причинами, среди которых важнейшей является возможность удовлетворения спроса на рыбу за счет естественных водоемов. Рыбу проще ловить, чем разводить. Еще в первые десятилетия нашего века существовала уверенность в том, что запасы рыбы неисчерпаемы и для бесконечного увеличения объема промысла надо только совершенствовать орудия лова. Наконец численность рыб в естественных водоемах начала неуклонно падать. Этот процесс продолжается и поныне, что явилось основной причиной современного прогрессирующего развития рыбоводства.

Сейчас в нашей стране рыбоводство характеризуется стабильным ростом. Ныне сложились четыре основные формы рыбоводства — прудовое, индустриальное (тепловодное), озерное и прибрежно-морское, благодаря чему производство товарной рыбы составляет почти 500 тыс. т в год и даже превышает вылов рыбы во всех естественных внутренних водоемах нашей страны.

Наиболее быстро развивается индустриальное рыбоводство — разведение и выращивание рыбы в небольших рыбоводных емкостях (бассейнах, сетчатых садках, циркуляционных установках, водоемах — охладителях электростанций и т. д.) с применением не только пресной, но и морской воды. Эта форма рыбоводства отличается высокой интенсивностью производства. В настоящее время индустриальное рыбоводство дает 20–25 тыс. т рыбы и развивается опережающими темпами.

Однако рыбоводы испытывают серьезные затруднения из-за недостатка информации. В условиях бассейнового содержания рыбы возникают новые проблемы, связанные с ее жизнеобеспечением. Это, прежде всего, проблемы водообмена и кормления при высокой плотности посадки, обеспечивающей получение 100–150 кг товарной рыбы с 1 м² площади, и полном отсутствии естественной для рыбы пищи, формирования маточного стада, полового созревания производителей и профилактики заболеваний.

Вопросы индустриального рыбоводства, история которого не превышает 15 лет, пока находят недостаточное отражение в специальной

литературе и очень слабое — в учебниках по рыбоводству. В связи с этим предлагаемая книга известного рыбовода и ученого В. Л. Цуладзе существенно восполняет недостаток знаний по теории и практике индустриального рыбоводства. В ней нашли отражение все аспекты индустриального рыбоводства, т. е. разведения рыбы, преимущественно радужной форели, в небольших рыбоводных бассейнах с использованием не только пресной, но и морской воды.

В книге на основе собственных исследований автора, а также обобщения мирового опыта последовательно рассматриваются все этапы рыбоводного процесса — от формирования маточного стада, инкубации икры и выведения молоди до выращивания товарной рыбы. Автор касается гидрологических аспектов бассейнового выращивания рыбы, описывает основные рыбоводные устройства, дает рецепты новейших комбикормов, рассматривает способы кормления и при этом проводит анализ основных экономических факторов, определяющих эффективность данного метода культивирования, т. е. предлагает четкую, ценную в практическом отношении технологию индустриального рыбоводства.

Д-р биол. наук, проф. А. Н. Канидеев

РАДУЖНАЯ ФОРЕЛЬ КАК ОБЪЕКТ РЫБОВОДСТВА

Радужная форель является сегодня одним из самых распространенных объектов мирового рыбоводства и интенсивно культивируется во многих странах мира. В естественных условиях она обитает в холодных и прозрачных пресноводных водоемах, но хорошо растет и в обычных водоемах (как пресноводных, так и солоновато-водных и морских) с незагрязненной водой и достаточным содержанием кислорода.

Радужная форель широко культивируется благодаря своим рыбоводным качествам: она хорошо приспособляется к искусственным условиям содержания и усваивает искусственные корма, обладает высоким (по сравнению с другими лососевыми рыбами) темпом роста при значительной плотности посадки, что является результатом многолетней селекции и отбора по этим и некоторым другим признакам. Потенция роста форели хорошо проявляется в первые три года жизни, в дальнейшем скорость роста замедляется.

Основной задачей товарного форелеводства является выращивание рыбы в наиболее короткий срок и с минимальными затратами. Одним из основных факторов, влияющих на быстрый рост пойкилотермных животных, является поддержание оптимальной для питания и роста температуры. От температуры зависит скорость метаболизма, а следовательно, аппетит, пищеварение и темпы роста.

Вторым не менее важным фактором при полноциклическом культивировании радужной форели является необходимость использования белка животного происхождения (в основном рыбной муки, составляющей до 50 % кормосмеси).

Осморегуляция и адаптация радужной форели к морской воде. Разные виды лососевых отличаются различной адаптационной способностью к морской воде. У лососевых эта способность к солевой адаптации появляется в онтогенезе и зависит от степени развития осморегуляторного механизма.

Сущность осморегуляции состоит в том, что, как только внутренняя концентрация какого-либо вещества превысит его концентрацию в водной среде, начинается диффузия. В водном обмене участвует клеточная мембрана, одни вещества проходят через нее быстрее других в зависимости от градиента концентраций, при этом возникает осмотическое давление.

Кровь лососевых рыб имеет концентрацию солей, приблизительно эквивалентную концентрации солей в смеси одной части морской воды и двух частей пресной воды. Когда рыба находится в пресной воде, то вода постоянно диффундирует в ткани через жабры и другие части тела, где полупроницаемые мембраны соприкасаются с водой. Рыба выделяет излишки воды в виде мочи. Обратный процесс происходит в море — вода постоянно диффундирует и рыба постоянно концентрирует солевой раствор в крови. Для восполнения потерь воды рыбе необходимо заглатывать морскую воду.

Лососевые выделяют излишки солей через специальные хлоридные клетки в жабрах. У проходных видов количество специализированных экскретирующих соль клеток увеличивается, когда молодь превращается в смолта, т. е. при миграции в море. Количество "солевых" клеток значительно меньше у молоди в речной период жизни до миграции в море. Солеустойчивость молоди лососевых возрастает по мере увеличения массы рыб. Некоторые лососевые, такие как форель Кларка, стальноголовый лосось, совершают миграции из пресной воды в морскую и обратно иногда по нескольку раз в год.

Радужная форель — эвригалинная рыба, которая в силу особенностей осморегуляторной системы хорошо приспосабливается к морской воде. Некоторые формы форели переносят прямой перевод в морскую воду соленостью до 28 ‰ при длине 10–12 см и массе 20–25 г, в то время как другие (большинство рыб) — при длине 20 см, массе 100 и даже 150–200 г, некоторые же адаптируются к морской воде только постепенно — в течение недели. Эти различия зависят, очевидно, от генетических особенностей рыб.

Температура воды. Интенсивность обмена у радужной форели, являющейся пойкилотермным организмом, определяется температурой воды. Температурный диапазон жизнедеятельности закрепляется наследственно, но в его пределах может происходить как более интенсивный, так и менее интенсивный обмен веществ. В теплых водах метаболизм у рыбы протекает быстрее, чем в холодных, в ее тканях активизируются окислительные процессы, при этом возрастает потребность в кислороде — происходит распад оксигемоглобина на гемоглобин и кислород, т. е. отдача кислорода тканям. Повышение температуры воды вызывает одновременное уменьшение содержания растворенного кислорода, что препятствует связи гемоглобина с кислородом в органах дыхания и повышает интенсивность дыхания. Поэтому при возрастании температуры воды необходимо или увеличивать количество растворенного кислорода в воде, или уменьшать плотность посадки рыбы.

Первой реакцией организма на повышение температуры является увеличение потребления пищи, сопровождаемое более высокой скоростью ее прохождения через кишечник. При повышении температуры с 10 до 18 °С улучшается усвоение энергии и белка.

В настоящее время нет достаточного количества данных, четко

подтверждающих изменение потребности радужной форели в белке при изменении температуры воды, и данных о влиянии температуры на эффективность использования корма. Однако имеющиеся сведения позволяют утверждать, что наилучшее усвоение корма происходит при температуре воды 10–15 °С, а наибольший темп роста при менее эффективном использовании энергии корма наблюдается при температуре 16–18 °С. Таким образом, изменение температуры воды относительно этих двух оптимумов влияет на активность потребления корма и эффективность его использования. При температуре ниже 16–18 °С активность потребления корма снижается и, как следствие, уменьшается суточный рацион, но возрастает эффективность использования энергии корма (10–15 °С) для пластического обмена. При температуре выше 16–18 °С увеличивается общее и относительное потребление корма на единицу прироста форели. При температуре морской воды ниже 4 и пресной ниже 2,5 °С, а также при температуре выше 23 °С, несмотря на достаточное питание, рост рыбы резко замедляется.

Радужная форель холодолюбива и относительно stenothermna. В реках и ручьях, где можно обнаружить радужную форель, перепад температур в 5 °С – обычное явление. В пределах температурного градиента при возможности свободного перемещения радужная форель предпочитает определенную температуру, которая зависит от предварительной акклимации. Если температура акклимации была сравнительно высока, то избираемая температура ниже ее и наоборот.

Изменения температуры среды не сопровождаются немедленными изменениями в обмене, особенно когда условия среды изменяются быстро. Рыба считается акклимированной, если у нее установился новый уровень обмена. Так, в обычных условиях радужная форель погибает при температуре 25–26 °С. Однако для форели, акклимированной к 12 °С, летальной является температура 24,9 °С, к 16 °С – 25,4 °С, к 20 °С – 25,8 °С, к 24 °С – 26,3 °С соответственно. Увеличение температуры акклимации на 3 °С обычно повышает летальную температуру приблизительно на 1 °С – до достижения критического значения температуры, когда дальнейшая акклимация невозможна.

Было установлено, что радужная форель, акклимированная к температуре 18 °С, в термоградиенте предпочитает эту же температуру.

Для радужной форели благоприятная температура составляет 9–17 °С, а наиболее благоприятная – 13,6 °С.

Нерест радужной форели происходит при температуре 4–10 °С, но наиболее часто – при 6–8 °С. Скорость эмбрионального развития зависит от температуры. Границы оптимальных температур для эмбрионального развития лежат в пределах 6–13 °С. Его продолжительность при соответствующих предельно возможных температурах различается в 6–7 раз, но при оптимальном интервале – обычно в 2 раза.

Температура ниже 2 и выше 14 °С неприемлема для эмбрионального развития радужной форели. Ускоренное развитие приводит к вылупле-

нию нежизнеспособных свободных эмбрионов. Для выдерживания свободных эмбрионов и выращивания личинок наиболее подходящей является температура 8–12 °С. При температуре ниже 2,5 °С свободные эмбрионы не поднимаются на плав, не переходят на активное питание и погибают. При выращивании мальков наилучший результат достигается при температуре 10–14 °С, которая в дальнейшем может быть поднята до 18 °С.

Температура воды и содержание в ней атмосферных газов находятся в непосредственной взаимосвязи (табл. 1).

1. Растворимость газов в пресной воде при нормальном атмосферном давлении и относительной влажности воздуха 80 %, мг/л

Газ	Температура воды, °С					
	0	5	10	15	20	25
Кислород	14,7	12,7	11,3	10,0	9,0	8,2
Азот	22,5	20,0	18,1	16,5	15,0	14,1
Аргон	0,96	0,85	0,74	0,68	0,61	0,65
Углекислый газ	1,01	0,95	0,70	0,60	0,50	0,44

В загрязненной воде влияние температуры обусловлено видом и концентрацией загрязняющего вещества. Так, например, токсичность тяжелых металлов с повышением температуры возрастает.

Температура оказывает влияние на плавательную активность, иммунитет, жизнестойкость. Рыба должна постепенно привыкать к меняющейся температуре воды – условие, с которым следует считаться особо. Быстрое изменение температуры на 5–10 °С может оказать вредное воздействие на рыбу или даже вызвать ее гибель за короткое время.

Растворимый в воде кислород. Главным компонентом реакции окисления пищевых веществ в организме радужной форели (как и всех рыб) является кислород. Благодаря реакции окисления организм получает всю необходимую для существования энергию. В спокойном состоянии утилизация кислорода у форели достигает 50–60 %. На утилизацию кислорода могут влиять аммиак, нитриты, свободный диоксид углерода, которые при определенной концентрации ухудшают качество воды.

При кормлении, а также на протяжении нескольких последующих часов скорость обмена у радужной форели увеличивается, возникает повышенная потребность в кислороде. При недостатке кислорода в воде он начинает действовать как ограничивающий фактор, рост рыбы резко замедляется и уменьшается эффективность конвертирования корма.

Содержание растворенного кислорода в воде обратно пропорционально температуре, но возрастает при повышении давления. Чем выше расположена местность над уровнем моря, тем меньше содержание растворенного кислорода – оно снижается примерно на 0,5 мг/л через каждые 300 м (табл. 2). В редких случаях содержание растворенного кислорода в воде соответствует 100 %-ному насыщению при данных температуре и давлении. Количество растворенного кислорода в морской воде обратно пропорционально солености (табл. 3).

2. Количество растворенного кислорода в воде при 100 %-ном насыщении, мг/л

Температура, °C	Атмосферное давление, мм рт. ст.					
	680	700	720	740	760	780
1	12,5	12,5	13,0	13,5	14,0	14,0
2	12,0	12,5	12,5	13,0	13,5	14,0
3	11,5	12,0	12,5	12,5	13,0	13,5
4	11,5	11,5	12,0	12,5	12,5	13,0
5	11,0	11,5	11,5	12,0	12,5	12,5
6	11,0	11,0	11,5	11,5	12,0	12,5
7	10,5	11,0	11,0	11,5	12,0	12,0
8	10,5	10,5	11,0	11,0	11,5	12,0
9	10,0	10,5	10,5	11,0	11,0	11,5
10	9,8	10,0	10,5	10,5	11,0	11,0
11	9,6	9,8	10,0	10,5	10,5	11,0
12	9,4	9,6	9,9	10,0	10,5	10,5
13	9,1	9,4	9,7	9,9	10,0	10,5
14	8,9	9,2	9,5	9,7	10,0	10,0
15	8,7	9,0	9,1	9,5	9,8	10,0
16	8,6	8,8	9,1	9,3	9,6	9,8
17	8,4	8,6	8,9	9,1	9,4	9,6
18	8,2	8,5	8,7	8,9	9,2	9,4
19	8,1	8,3	8,5	8,8	9,0	9,2
20	7,9	8,1	8,4	8,6	8,8	9,1
21	7,8	8,0	8,2	8,5	8,7	8,9
22	7,6	7,9	8,1	8,3	8,5	8,8
23	7,5	7,7	7,9	8,2	8,4	8,6
24	7,4	7,6	7,8	8,0	8,3	8,5
25	7,3	7,5	7,7	7,9	8,1	8,3

Радужная форель – реофильная и оксигенофильная рыба. Ее чувствительность к низкому содержанию растворенного в воде кислорода неодинакова и зависит от периода развития (икра, личинки, молодь, взрослая рыба) и условий, в которых осуществляются основные процессы жизнедеятельности (питание, рост, размножение). Эти процессы, в свою очередь, определяются плавательной способностью и поведением

3. Количество растворенного кислорода в морской и пресной воде при нормальном атмосферном давлении, мг/л

Температура, °C	Соленость, ‰															
	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30
0	14,64	14,56	14,19	13,83	13,48	13,14	12,80	12,48	12,16	11,86	11,56	11,27	10,99	10,70	10,44	10,18
1	14,24	14,17	13,82	13,47	13,14	12,80	12,48	12,17	11,86	11,57	11,23	11,00	10,73	10,45	10,19	9,95
2	13,85	13,79	13,46	13,12	12,79	12,48	12,17	11,88	11,57	11,29	11,02	10,74	10,48	10,22	9,96	9,71
3	13,49	13,42	13,09	12,77	12,47	12,17	11,88	11,59	11,29	11,02	10,76	10,50	10,24	9,99	9,74	9,51
4	13,14	13,08	12,76	12,46	12,15	11,86	11,59	11,29	11,03	10,76	10,49	10,25	10,01	9,76	9,53	9,29
5	12,81	12,75	12,44	12,15	11,86	11,57	11,29	11,03	10,77	10,51	10,27	10,02	9,77	9,54	9,32	9,09
6	12,48	12,43	12,14	11,85	11,57	11,29	11,03	10,77	10,51	10,27	10,03	9,79	9,55	9,34	9,12	8,90
7	12,18	12,12	11,85	11,56	11,30	11,03	10,77	10,53	10,28	10,03	9,80	9,57	9,35	9,14	8,92	8,71
8	11,89	11,83	11,56	11,28	11,04	10,77	10,53	10,28	10,05	9,82	9,58	9,37	9,15	8,93	8,73	8,53
9	11,62	11,54	11,28	11,02	10,77	10,53	10,28	10,05	9,82	9,59	9,38	9,16	8,96	8,74	8,55	8,35
10	11,35	11,27	11,02	10,77	10,53	10,28	10,05	8,83	9,59	9,38	9,18	8,96	8,76	8,57	8,37	8,18
11	11,10	11,01	10,76	10,53	10,28	10,06	9,83	9,61	9,39	9,18	8,98	8,77	8,58	8,39	8,21	8,02
12	10,86	10,76	10,53	10,28	10,06	9,83	9,61	9,41	9,19	8,99	8,79	8,60	8,41	8,22	8,03	7,86
13	10,62	10,51	10,28	10,06	9,83	9,62	9,41	9,21	9,00	8,80	8,61	8,42	8,24	8,05	7,87	7,70
14	10,39	10,28	10,06	9,85	9,63	9,41	9,21	9,00	8,82	8,61	8,42	8,25	8,06	7,89	7,71	7,55
15	10,18	10,06	9,85	9,63	9,43	9,22	9,02	8,82	8,63	8,44	8,27	8,08	7,90	7,73	7,57	7,41
16	9,97	9,85	9,63	9,43	9,22	9,02	8,83	8,64	8,45	8,27	8,09	7,92	7,74	7,58	7,42	7,26
17	9,76	9,64	9,43	9,22	9,03	8,85	8,66	8,47	8,28	8,11	7,93	7,76	7,60	7,44	7,28	7,12
18	9,56	9,44	9,24	9,03	8,86	8,66	8,47	8,29	8,12	7,95	7,77	7,61	7,45	7,29	7,13	6,99
19	9,37	9,24	9,05	8,86	8,67	8,48	8,31	8,13	7,96	7,79	7,63	7,47	7,31	7,15	7,00	6,86
20	9,19	9,04	8,85	8,67	8,49	8,32	8,15	7,97	7,80	7,64	7,48	7,32	7,18	7,02	6,87	6,73
21	9,02	8,87	8,69	8,51	8,32	8,15	7,99	7,82	7,66	7,49	7,34	7,19	7,03	6,89	6,74	6,61
22	8,85	8,70	8,51	8,34	8,16	8,00	7,83	7,67	7,51	7,35	7,21	7,05	6,90	6,76	6,63	6,48
23	8,68	8,53	8,35	8,17	8,00	7,84	7,69	7,53	7,37	7,22	7,06	6,92	6,79	6,64	6,50	6,36
24	8,52	8,37	8,19	8,02	7,86	7,69	7,54	7,38	7,24	7,09	6,93	6,80	6,65	6,52	6,38	6,25
25	8,37	8,21	8,03	7,87	7,71	7,55	7,39	7,25	7,11	6,96	6,82	6,67	6,54	6,39	6,26	6,15

рыбы. Концентрация кислорода, составляющая около 5 мг/л, является для роста критической, и ее дальнейшее уменьшение на каждый мг/л снижает темп роста на 30 %. Если форель содержалась при концентрации кислорода менее 5 мг/л, то увеличение концентрации кислорода в дальнейшем не в состоянии компенсировать вред, причиненный рыбе при его низкой концентрации. Пребывание форели в воде с концентрацией кислорода менее 5 мг/л даже в течение 8–12 ч влечет за собой такое снижение темпа роста, которое наблюдается при постоянно низкой концентрации кислорода.

Потребление радужной форелью кислорода прямо пропорционально температуре воды и обратно пропорционально массе рыбы. О концентрации кислорода, которая может влиять на оплодотворение икры радужной форели, ничего не известно. Уменьшение содержания растворенного кислорода или перенасыщение может замедлять развитие и рост эмбрионов форели, уменьшать размеры выклюнувшихся эмбрионов или задерживать выклев. Для обеспечения процесса эмбрионального развития целесообразно поддерживать содержание кислорода в воде не ниже 7,5 мг/л, так как содержание кислорода в воде, составляющее около 3 мг/л, вызывает гибель икры, а менее 7 мг/л — тормозит ее развитие. Эмбрионы радужной форели наиболее чувствительны к дефициту кислорода во время выклева. Высокая смертность наблюдается при понижении содержания кислорода до 3 мг/л. Летальный уровень содержания кислорода для радужной форели колеблется от 0,95 до 3,4 мг/л.

Уменьшение содержания растворенного кислорода даже до 50 %-ного насыщения может снизить потребление пищи и темп роста молоди даже при прочих благоприятных условиях.

Радужная форель продолжает плавать и при такой концентрации кислорода, которая близка к летальной. Ее максимальная устойчивая скорость плавания в нормальных условиях снижается при любом уменьшении концентрации кислорода в воде по сравнению с нормальным уровнем насыщения. С ростом скорости течения воды повышается потребление кислорода рыбами — оно удваивается при проточности 1–2 длины рыбы в секунду и еще раз удваивается при повышении скорости течения до 2–3 длин рыбы в секунду.

Содержание растворенного кислорода в воде, используемой в форелеводстве, должно составлять от 10–11 (на входе) до 7 (на выходе) мг/л, но не менее. Содержание кислорода 2 мг/л необходимо для проведения различных рыбоводных операций. При температуре 20 °С содержание кислорода в воде должно составлять 9 мг/л (100 %-ное насыщение).

Известно, что радужная форель хорошо переносит насыщение воды чистым кислородом до 300–350 % нормального и выше. При температуре воды 21–26 °С у рыбы наблюдаются хорошие рост и выживаемость (как у молоди, так и у взрослой рыбы), если в рыбоводную

емкость подается вода, содержащая по крайней мере 20 мг/л кислорода на входе и около 8 мг/л на выходе.

Потребление кислорода радужной форелью зависит от состава корма и, в частности, от соотношения протеина и энергии. Чем больше доля протеина, используемого на энергетические нужды, тем больше расходуется кислорода. При поступлении энергии за счет жира потребление кислорода снижается. Плохо сбалансированный по аминокислотам корм обуславливает повышение потребления кислорода, часть протеина разлагается до аммиака и выводится из организма.

Потребление кислорода существенно меняется с ростом рыбы (табл. 4).

4. Потребление кислорода питающейся форелью в зависимости от температуры и массы тела, г/ (кг · сут)

Температура воды, °С	Масса рыб, г	
	25	100
5	2,5–3,0	1,5–2,0
10	5,0–5,5	3,5–4,0
15	9,0–10,0	6,5–7,5
20	11,0–12,0	7,5–8,5

Так, форель массой 1 г при активном обмене веществ и температуре 15–20 °С потребляет около 1000 мг/ (кг · ч) кислорода, а форель массой 10 г – только 500 мг/ (кг · ч). При обычном обмене веществ потребность в кислороде снижается до 200–300 мг/ (кг · ч).

От температуры и концентрации кислорода зависит потребность радужной форели в воде (табл. 5).

5. Потребность радужной форели массой 0,2 кг в кислороде и воде в зависимости от температуры и содержания растворенного кислорода

Температура воды, °С	Потребность в кислороде, г/ (кг · сут)	Потребность в воде, м ³ /сут	
		при концентрации кислорода на выходе 5 мг/л	при концентрации кислорода на выходе 6 мг/л
6	2,6	347	400
8	3,4	492	576
10	4,3	683	811
12	5,1	879	1063
14	6,0	1111	1364
16	6,8	1360	1700

Множество производимых рыбоведами процедур (отлов, сортирование, транспортирование, перевод в соленую воду, профилактические ванны), как известно, вызывают стресс у рыбы. Культивируемая рыба по-разному реагирует на стресс: она может погибнуть, потерять пищевую активность или повести себя необычным образом, иногда же отход рыбы остается на обычном уровне, питается и ведет себя рыба нормально, но оплата корма менее эффективна. Одной из причин подобного состояния рыбы, вызывающей резкое увеличение потребления кислорода, может оказаться такая процедура, как сортирование рыбы (рис. 1).

Свободный диоксид углерода (CO_2). Уменьшение кислородосвязывающей способности крови рыбы обусловлено присутствием в воде свободного диоксида углерода.

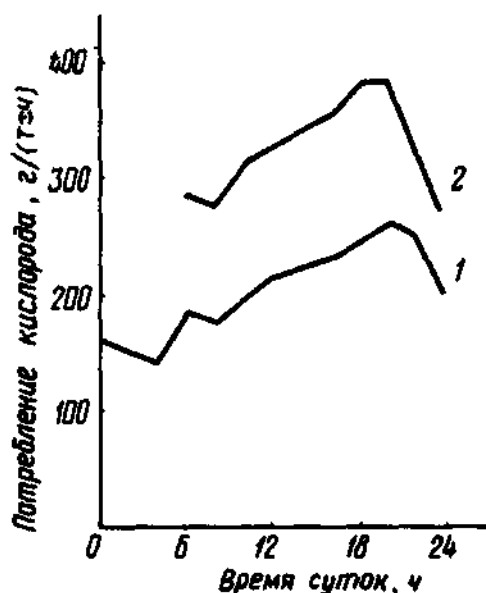
6. Результаты выращивания радужной форели при различной концентрации CO_2

Концентрация CO_2 , мг/л	Масса рыб, г		Кормовой коэффициент	Заболеваемость нефрокальциозом, %
	стартовая	конечная		
12	20	205	1,41	4,8
22	20	196	1,45	9,7
55	18	135	1,67	45,2

При концентрации 12 и 22 мг/л рост и кормовой коэффициент были сходными, но при концентрации 55 мг/л в начале выращивания отмечались потеря аппетита, ухудшение роста и оплаты корма в течение первых 28 суток. Затем наблюдалось их улучшение, что свидетельствовало об определенной степени акклимации к диоксиду углерода. Увеличение его концентрации привело к учащению случаев заболевания нефрокальциозом, который при аутопсии легко определяется по присутствию белых известковых отложений в почке. Было обнаружено, что известковые частицы состоят главным образом из фосфата кальция.

Рис. 1. Расход кислорода при выращивании 1,75 т радужной форели (средней массой 80 г) при температуре воды 9 °С:

1 – типичное потребление кислорода; 2 – потребление кислорода на следующий день после пересадки рыбы в бассейн для выращивания



Нефрокальциоз является причиной смерти рыбы, выращенной в пресной воде с высоким содержанием диоксида углерода, при переводе в морскую воду.

Концентрация свободного диоксида углерода тесно взаимосвязана с рН среды.

Активная реакция среды (рН). Восприимчивость радужной форели к величине рН различна, и ее следует рассматривать во взаимосвязи с окружающей рыб естественной средой. Величина рН показывает концентрацию водородных ионов и может изменяться от 0 до 14: рН7 соответствует нейтральной реакции, ниже 7— кислой, выше — щелочной.

Реакция среды является результатом взаимодействия множества растворенных в воде веществ и многочисленных протекающих в ней биологических процессов, от которых зависят ее стабильность и изменчивость. Лучший рост рыбы отмечается в воде с постоянным рН. Колебания рН в значительной степени зависят от диссоциации аммиака, наличия диоксида углерода и минеральных солей. Восприимчивость форели к кислой или щелочной рН зависит от времени контакта. При выращивании форели лучше всего использовать воду, в которой рН составляет от 7 до 8, хотя можно использовать воду с рН от 6,5 до 9. Критическими для радужной форели значениями рН являются 4,5 и 9,2. Темп роста рыб в кислых водах ниже, чем в щелочных. Икра радужной форели не выживает при рН ниже 4,5 и выше 9, но при рН 5 выживаемость является приемлемой.

При низких значениях рН (4,3—4,8) и содержании кальция 9,3 мг/л происходят удлинение срока инкубации и увеличение смертности икры, снижение частоты сердцебиения личинок, замедление роста, образования костного вещества и меланина у эмбрионов. При изменении содержания кальция до 112 мг/л частота сердцебиения, длительность инкубации и смертность меняются в зависимости от концентрации кальция в воде.

Годовики форели более устойчивы к низким значениям рН, чем молодь на более ранних стадиях развития. Токсическое действие критических значений рН проявляется в разрушении жаберного и кожного эпителия, эрозии спинных и хвостовых плавников, повреждении роговицы и хрусталика глаза и слепоте. Половозрелая радужная форель обладает повышенной устойчивостью к кислым водам при содержании в воде кальция.

Понижение или повышение величины рН относительно нейтральной затрудняет потребление форелью растворенного кислорода. Влияние рН связано с уровнем насыщения воды кислородом. При высоком содержании кислорода влияние рН может не сказаться на росте рыбы. При рН выше 8 равновесие между недиссоциированным аммиаком (NH_3) и диссоциированным аммиаком (NH_4^+) быстро смещается в сторону NH_3 , что увеличивает риск интоксикации.

Изменения рН оказывают воздействие на физиологическое состоя-

ние рыбы и ее поведение. Кислые воды отрицательно влияют на аппетит и рост форели, уменьшается потребление кислорода, возникает ацидоз и создаются благоприятные условия для развития и распространения эпидемических заболеваний. Повышение рН в кислой среде может быть достигнуто путем внесения извести в источник воды.

Аммиак. В водных растворах аммиак содержится в двух формах: ионизированный аммиак, или аммоний (NH_4^+), и неионизированный аммиак (NH_3). В связи с тем что токсическое действие на рыб оказывает только неионизированная форма аммиака, необходимо знать концентрацию NH_3 в общем количестве аммиака. Неионизированный аммиак находится в равновесии с аммонием, что главным образом зависит от рН и в меньшей степени — от температуры и ионной силы воды.

Чем более щелочной является вода, тем больше сдвигается равновесие в пользу неионизированного аммиака. В нейтральной среде почти весь неионизированный аммиак диссоциирует в аммоний, при рН 8 около 5 % комплекса NH_4/NH_3 присутствует в форме неионизированного аммиака, при рН 9 — около 20 %, при рН 10 — около 80 %, а при рН 11 — около 95 %.

Низкая концентрация кислорода (менее 5 мг/л) может значительно увеличивать токсичность неионизированного аммиака для рыбы. Снижение температуры воды до 3 °С обуславливает повышенную чувствительность к NH_3 .

Источниками аммиака в водоемах являются, как правило, бытовые, промышленные и сельскохозяйственные стоки. При интенсивном рыбоводстве, когда плотность посадки высока, в процессе метаболизма белка аммиак может накапливаться в воде. В этом случае необходимо обеспечить максимально возможный водообмен, что позволит поддерживать концентрацию аммиака на уровне безопасном для рыбы. Повышение температуры увеличивает долю неионизированного аммиака в растворе. Для взрослой радужной форели летальная концентрация неионизированного аммиака (NH_3) составляет приблизительно 0,45 мг N/л (табл. 7).

7. Летальная концентрация общего аммиака, мг N/л

рН	Температура, °С			
	5	10	15	20
6,5	1139	750	500	346
7,0	360	241	167	113
7,5	114	76	53	36
7,8	57	38	27	18
8,0	37	25	17	12
8,2	23	15	11	8
8,5	12	8	5	4

Основными симптомами токсического воздействия аммиака являются гипервентиляция, повышенная возбудимость, кома и судороги, снижение числа эритроцитов в крови, повреждение жаберного эпителия, изменения в эпидермисе, увеличение потребления воды. Однако эти признаки исчезают, если рыба переводится в свободную от аммиака воду до истечения 95 % среднего времени выживаемости при данной концентрации.

Пороговая концентрация неионизированного аммиака при нересте форели составляет 0,3–0,4 мг/л, при развитии икры – 0,35 мг/л, при росте и развитии эмбрионов и личинок – 0,025 мг/л, а затем возрастает в мальковый период развития до 0,44 мг N/л.

При концентрации неионизированного аммиака от 0,10 до 0,15 мг N/л у радужной форели отмечаются вялость, потеря аппетита и плохой рост в течение первых двух недель или временное ухудшение роста, иногда же данная концентрация на рост и оплату корма влияния не оказывает. Как правило, рыба, акклимированная к этой концентрации, растет в дальнейшем нормально. Концентрация NH_3 0,07 мг N/л не оказывает никакого вредного влияния на радужную форель при содержании в течение длительного времени (табл. 8).

8. Концентрация общего аммиака, вызывающая концентрацию неионизированного аммиака 0,07 мг N/л, в пресной (П) и морской (М) воде, мг N/л

рН	Температура воды, °С									
	5		10		15		20		25	
	П	М	П	М	П	М	П	М	П	М
7,0	62	70	39	50	28	33	19	23	12	18
7,5	19	22	13	15	9	10	6	7	3,9	5
8,0	6	7	4	5	2,8	3,4	1,9	2,3	1,3	1,6
8,5	3	2,3	1,4	1,6	0,9	1,1	0,7	0,8	0,4	0,6

Для успешного выращивания радужной форели необходимо, чтобы уровень аммиака в воде не превышал указанного в табл. 9.

При увеличении солёности происходит уменьшение процентного содержания неионизированного аммиака в воде при любых значениях рН и любой температуре воды. NH_3 значительно менее токсичен в морской воде солёностью 9–11 ‰, чем в пресной или воде солёностью 33 ‰. Это связано с уменьшением осмотического стресса при промежуточном значении солёности.

Нитриты (NH_2^-) и нитраты (NO_3^-). В естественном круговороте обмена веществ возникают следующие этапы окисления азота: ионизи-

9. Концентрация аммиака для культивирования радужной форели, мг N/л

Уровень	Общего			Неионизированного
Желательный	1,0*	0,5**	0,1***	0,005
Приемлемый				
в течение длительного срока (свыше 14 дней)	3,0*	1,5**	0,3***	0,015
в течение короткого срока (до 14 дней)	5,0*	2,5**	0,5***	0,025
Неприемлемый (заметное снижение пищевой активности)	8,0*	4,0**	0,8***	0,04
Летальный	15,0*	8,0**	1,5***	0,08

* рН при 20 °С – 7,0.

** рН при 20 °С – 7,5.

*** рН при 20 °С – 8,0.

рованный аммиак, или аммоний (NH_4), и неионизированный аммиак (NH_3), нитриты (NO_2^-) и нитраты (NO_3^-). Нитриты могут вызывать окисление двухвалентного железа гемоглобина крови в трехвалентное железо метагемоглобина, неспособного переносить кислород. Токсичность зависит от времени экспозиции и размера рыбы, наибольшую устойчивость проявляют мальки. Для радужной форели порог токсичности нитритов колеблется от 0,1 до 1 мг/л. Нитриты являются неустойчивыми солями, проявляющими тенденцию к окислению в нитраты при высоком содержании кислорода в воде (80–100 % насыщения).

Биологическое окисление нитритов под действием бактерий приводит к образованию нитратов, более стабильных и являющихся токсичными лишь при высокой концентрации – 100–300 мг/л. Нитраты редко достигают токсической концентрации при хорошей проточности, но благоприятствуют развитию водорослей.

Жесткость воды. Концентрация двухвалентных катионов (в основном кальция и магния) в воде определяет ее жесткость, которая выражается в мг · экв кальция или магния в 1 л воды (1 мг · экв жесткости равен 20,04 мг/л кальция или 12,6 мг/л магния). Иногда жесткость выражают в градусах. Один немецкий градус равен 0,36 мг · экв/л или 10 мг кальция на 1 л воды. Жесткость в пределах 3–7 мг · экв/л или 8–12 град благоприятна для развития форели. Очень мягкая и очень жесткая вода малоприспособна для культивирования рыбы. Для увеличения жесткости пресной воды используют известь. Соленая вода, как правило, жесткая.

Свет и освещенность. Естественная периодичность света вызывает выделение гормона роста и анаболических стероидов, а также может

влиять на двигательную активность рыбы, одновременно стимулируя деятельность щитовидной железы. Зависимость роста от светового периода определяется стимулирующим влиянием удлиненного светового режима и тормозящим укороченного, а также требует для своего проявления по меньшей мере 6–8 недель.

Температура выше или ниже оптимальной для роста рыбы обычно подавляет рост и может уменьшать влияние фотопериода. Там, где сезонные колебания температуры незначительны или отсутствуют, влияние фотопериода на начало полового созревания может быть решающим. При содержании рыбы под открытым небом интенсивность света должна контролироваться навесами или установленными в бассейнах плавающими крышками-экранами, закрепленными неподвижно. Продолжительность фотопериода может быть критической для развития гонад перед нерестом, а полная смена фаз (день–ночь) может отрицательно сказываться на росте и утилизации корма. Окраска форели также изменяется в зависимости от освещенности.

В природе интенсивность света медленно возрастает и медленно понижается. При внезапном включении яркого света радужная форель ведет себя беспокойно, начинает метаться и биться о стенки бассейна. Поэтому в ночное время следует избегать пользования светом, за исключением аварийных ситуаций, а в помещениях без окон – применять автоматическое включение света через реостат.

Прямой солнечный свет губительно действует на икру и свободных эмбрионов форели. Осмотр икры и эмбрионов следует проводить, используя лампочку мощностью 40 Вт с включением на 10 мин 2 раза в сутки. Инкубацию икры и выдерживание эмбрионов проводят в темном помещении. Молодь и взрослая рыба предпочитают рассеянный свет.

Выращивание радужной форели при трех уровнях освещенности – 0,2, 2 и 20 лк показало снижение темпа роста при освещенности 0,2, а при освещенности 2 и 20 лк различий в темпе роста не было. Форель, выращенная при освещенности 0,2 лк, была менее подвижна и активна. В то же время у молоди массой 0,4–7,5 г при освещенности 30 лк происходит замедление темпа роста, а при 100 лк молодь растет так же, как при естественном освещении.

Соленость воды. При культивировании в морской воде радужная форель должна осуществлять осморегуляцию, т.е. поддерживать концентрацию солей в тканях и органах постоянно на одном и том же уровне. Потребление воды и экскреция солей (осморегуляция) требует дополнительного расхода энергии.

Наиболее значительный темп роста для каждого вида рыб наблюдается при вполне определенной солености, для одних – при 0 ‰ (пресная вода), для других – при 10–12 ‰ (изотоническая соленость, соответствующая осмотическому давлению жидкостей тела рыбы), для третьих – при 28–35 ‰ (морская вода).

В период смолтификации у лососевых рыб происходит физиологическая перестройка организма, в результате которой они начинают выдерживать океаническую соленость. У радужной форели не происходит смолтификации, однако она хорошо приспосабливается к морской воде.

При опытном выращивании молоди радужной форели в воде различной солености на сухих гранулированных кормах (влажностью 13 ‰) рецепта РТМ-6М и РТМ-5В (табл. 10) суточная доза корма зависела от температуры и массы рыбы. Плотность посадки рыбы и содержание растворенного кислорода в контроле (пресная вода) и опыте (солончатая вода) были одинаковыми. Радужная форель без акклимации переводилась в воду соленостью 5, 10 и 17 ‰.

В результате проведенных экспериментов было установлено, что соленость до 10–12 ‰ может оказывать положительное влияние на темп роста радужной форели.

Опыты показали, что рыба массой 0,07–0,2 г наиболее интенсивно растет в пресной воде, а у рыбы массой 0,14–0,4 г темп роста в солончатой (5 ‰) и пресной воде одинаков. Содержание рыбы массой 0,3–1,1 г в воде соленостью 5,6 ‰ дает увеличение прироста на 14,3 % по сравнению с приростом при содержании в пресной воде, а для рыбы массой 1,0–10,0 г прирост составил почти 6 %. Соленость 10 ‰ действует отрицательно на форель массой от 0,3 до 10 г. Рыба массой свыше 10 г наиболее быстро растет при солености 10 ‰, а массой свыше 14 г — при солености 17 ‰, при этом увеличение прироста в солончатой воде достигает 2–7 % по сравнению с приростом в пресной. Снижение темпа роста у рыбы массой свыше 30 г наблюдалось при солености 16,5 ‰ (см. табл. 10), что, очевидно, было связано с высокой плотностью посадки рыбы (до 130 кг/м³) и низким содержанием кислорода на входе (7 мг/л) при интенсивности водообмена 6 раз в час.

При длительном содержании радужной форели (115–150 сут) в воде соленостью 16,5–17,5 ‰ и пресной воде тенденция к увеличению темпа роста в морской воде сохранилась (табл. 11).

Увеличение темпа роста молоди массой 0,3–1,1 г в солончатой воде по сравнению с пресной составило около 14 %, а более крупной рыбы (массой до 180 г) — до 7 % (см. табл. 10 и 11).

При выращивании радужной форели в морской и пресной воде в течение 35 сут и увеличении суточной дозы корма в 1,5 и 2 раза относительно темпа роста рыб в солончатой воде сохранилась та же тенденция и значительного его возрастания не отмечалось (табл. 12).

Взвешенные вещества. Абсолютно чистой воды в природе не бывает. Даже дождевая вода содержит растворенные газы и различные соли. Взвешенные вещества представляют собой твердые частицы размером около 0,45 мк, включающие элементы осадка, органического вещества (остатки растений, животных, частицы корма, фекалии), а также клетки фитопланктона и других микроорганизмов. Наличие

10. Результаты выращивания молоди радужной форели в пресной и солоноватой воде

Масса рыб, г		Соленость, ‰	Температура, °С	Суточный прирост, г	Отношение прироста в морской воде к приросту в пресной, %
стартовая	конечная				
0,3	1,0	0	13,4	0,023	100,0
0,3	1,1	5,6	12,9	0,027	114,3
1,0	2,6	0	13,7	0,053	100,0
1,0	2,7	5,6	13,4	0,057	106,3
3,1	6,1	0	14,8	0,100	100,0
3,1	6,5	5,7	14,6	0,113	106,6
4,5	10,6	0	15,9	0,203	100,0
4,1	10,0	5,5	16,1	0,197	94,3
10,0	18,7	0	16,7	0,273	100,0
10,0	17,7	5,1	15,7	0,257	97,2
10,0	19,1	10,2	14,8	0,303	104,9
14,6	41,1	0	17,8	0,340	100,0
14,7	41,0	10,0	19,1	0,337	99,2
14,5	41,5	17,1	20,3	0,346	101,9
20,2	34,5	0	16,7	0,477	100,0
20,2	34,9	5,1	15,7	0,490	101,2
20,2	36,0	10,2	14,8	0,527	104,3
32,3	50,3	0	16,5	0,600	100,0
32,7	49,4	16,5	14,5	0,557	98,2
49,2	64,7	0	15,3	0,517	100,0
50,2	69,2	17,2	11,9	0,633	106,9
93,0	135,7	0	16,5	1,423	100,0
98,3	135,7	16,5	14,5	1,247	87,6
135,4	171,0	0	15,0	1,017	100,0
141,2	177,0	17,0	13,2	1,023	103,5

11. Результаты выращивания радужной форели в пресной и солоноватой воде

Масса рыб, г		Соленость, ‰	Температура, °С	Суточный прирост, г	Отношение прироста в морской воде к приросту в пресной, %
стартовая	конечная				
32,3	150	0	14,6	0,785	100,0
32,7	149	16,5	11,4	0,775	99,3
49,2	107,4	0	13,9	0,506	100,0
50,6	109,7	17,5	10,0	0,514	102,1

тонкодисперсионных взвесей ухудшает условия развития икры, эмбрионов и личинок радужной форели, может привести к задержке в росте, снижению сопротивляемости болезням и даже к гибели.

12. Результаты выращивания радужной форели в пресной и солоноватой воде при различных суточных дозах корма

Суточная доза, норма	Масса рыб, г		Соленость, ‰	Температура, °С	Суточный прирост, г	Отношение прироста в морской воде к приросту в пресной
	стартовая	конечная				
1	135,4	171,0	0	15,0	1,017	100,0
1	141,2	177,0	17,0	13,2	1,023	103,5
1,5	135,4	171,9	0	15,0	1,043	100,0
1,5	134,6	179,1	17,0	13,2	1,271	104,2
2	144,6	198,5	0	15,0	1,540	100,0
2	138,7	188,5	17,0	13,2	1,423	95,0

Механическое действие таких частиц приводит к закупориванию жабр или воспалению жаберных крышек. Тонкодисперсионные взвеси создают большую поверхность для роста грибов и бактерий и могут способствовать развитию болезней. Взвешенные частицы могут абсорбировать и адсорбировать различные химические вещества. Значительное поступление взвешенных веществ может вывести из строя запорную арматуру, ухудшить условия наблюдения за рыбой и вызвать необходимость дополнительной очистки бассейнов от наносов и снизить пищевую активность рыбы до нулевой.

Взвешенные вещества в концентрации 1200 мг/л снижают оплодотворяемость икры радужной форели. Они снижают выживаемость икры, эмбрионов и личинок, нарушая газообмен. Мелкие частицы за счет абразивного воздействия могут повреждать икру, способствуют проникновению в нее патогенных организмов. Увеличение концентрации взвешенных частиц от 0 до 110 мг/л вызывает отход икры при инкубации до 75 %. Взвешенные в воде частицы, оседая, прилипают к поверхности икринок, что вызывает их гибель в результате нарушения кислородного обмена. То же самое происходит со свободными эмбрионами. При содержании молоди, товарной рыбы, производителей концентрация взвесей не должна превышать 25 мг/л.

Кратковременное увеличение мутности (в течение 2–3 суток) при прозрачности воды более 30 см не оказывает влияния на мальков. В естественных условиях, если концентрация взвешенных веществ достигает 35 мг/л, спустя 2 часа радужная форель начинает искать убежище и прекращает питание, хотя эта мутность не причиняет ей вреда.

Нефтепродукты. Поверхность тела рыб, ротовое отверстие, жаберные лепестки покрыты слизью, которая препятствует проникновению нефти. Радужная форель, погруженная в мазут и затем помещенная в чистую воду, через минуту полностью освобождается от него. Но если нефть эмульгирована энергичным перемешиванием во время шторма

или распылением поверхностно-активного вещества (ПАВ), то вероятность ее прилипания к рыбам резко возрастает.

Необходимо учитывать, что форель, помещенная в морскую воду, должна постоянно заглатывать ее, чтобы избежать нарушений осморегуляции. При этом в ее организме могут накапливаться растворимые компоненты диспергированной нефти. Если эти компоненты не причиняют серьезного вреда взрослым рыбам, то придают неприятный вкус их мясу. Летальные пороги воздействия некоторых видов нефтепродуктов на радужную форель приведены ниже.

Нефтепродукт	Летальный порог, мг/л
Газолин	60–180
Дизельное топливо	300–4000
Подогретая нефть	1000–150 000
Смазочное масло	3000–180 000

Анионные ПАВ, нефтепродукты отрицательно влияют на икринки, личинок, а также сперму радужной форели – она становится неподвижной, и скорость оплодотворения снижается.

Токсические вещества. Хлор оказывает токсическое воздействие на икру и в большей мере на свободных эмбрионов. Минимальная летальная концентрация хлора для радужной форели – 0,01 мг/л. В хлорированной питьевой воде форель погибает.

Сероводород даже при очень низких концентрациях также губителен для форели.

Токсичность растворов, содержащих цинк, в основном обусловлена ионами цинка и зависит от состава воды. Она уменьшается при увеличении жесткости воды, температуры, солености и содержания различных взвесей и увеличивается при снижении концентрации растворенного кислорода. Концентрация цинка в очень мягкой воде при выращивании форели не должна превышать 0,03 мг/л. На результаты культивирования радужной форели могут также оказывать влияние соединения меди, кадмия, пестициды и смеси токсикантов.

Токсическое воздействие химических веществ в воде может в значительной мере изменяться под влиянием таких факторов, как температура, концентрация растворенного кислорода, соленость, водородный показатель, жесткость воды, возраст рыбы, а результаты взаимодействия этих факторов далеко не всегда предсказуемы. Вот почему контроль за качеством воды является необходимой частью рыбоводного процесса при культивировании радужной форели. Внезапные и резкие изменения качества воды обычно приводят к стрессовым состояниям или даже гибели форели. Однако постепенные и незначительные изменения в среде могут иметь большое значение при выращивании, так как, по-видимому, хотя рыба и хорошо приспосабливается к различного рода изменениям среды, но акклимация достигается только путем перехода на другой уровень обмена, что приводит к снижению эффективности выращивания.

ВОДООБМЕН И ПЛОТНОСТЬ ПОСАДКИ ФОРЕЛИ ПРИ БАССЕЙНОВОМ МЕТОДЕ ВЫРАЩИВАНИЯ

Бассейновые установки для выращивания форели относятся к полужамкнутым или проточным системам, в которых используется природная вода, проходящая через систему один или более раз. В таких системах можно контролировать температурный и кислородный режим, расход воды и скорость течения, расход кормов и процесс кормления, а также заболевания рыб.

При выращивании радужной форели в бассейновых установках с механической подачей воды необходимо учитывать большие энергетические затраты, которые непосредственно связаны с водообменом и плотностью посадки рыбы в бассейне.

Радужную форель можно выращивать в бассейнах при очень высокой плотности посадки. Но при этом необходимо следить за качеством воды, так как даже в проточных системах с частой сменой воды возможно ухудшение ее качества по мере прохождения от одного конца бассейна до другого или от точки поступления до центрального слива. При высокой плотности посадки в бассейновых установках прекращение подачи воды даже на 5–10 мин может вызвать высокий отход рыбы. Кроме того, необходимо учитывать, что высокая плотность посадки рыбы усиливает опасность вспышки заболевания. Правильная эксплуатация бассейновой системы в таких условиях во многом зависит от квалификации рыбовода, так как высокая плотность посадки рыбы легко может привести к стрессовым ситуациям. Многие рыбоводы считают, что максимальный размер форели, которого она может достичь в рыбоводной емкости, ограничивается размерами этой емкости. Опыт содержания форели Дональдсона в бассейнах размером 2 × 2 × 0,5 м (40–60 шт. на бассейн) при уровне воды 0,3 м и смене воды за 10 мин показал, что в возрасте 3 лет форель может иметь массу 3,2–4,3 кг. При выращивании радужной форели в аквариумах она иногда достигает такого размера, что даже не может развернуться в нем. Таким образом, пространство, как правило, не является лимитирующим фактором. Однако при бассейновом выращивании форели можно достичь такой плотности посадки, что любой из показателей качества воды станет лимитирующим для дальнейшего роста рыбы.

Применение высокой плотности посадки и водообмена резко снижает потребность в площадях и объемах для выращивания рыбы, а также сокращает протяженность водоподающих и водосбросных сетей, но повышает требования к рыбоводному оборудованию, качеству воды, зачастую требует проведения водоподготовки.

В форелеводстве существуют несколько методов ведения хозяйства, различающихся уровнем интенсификации. Это обычный метод, при котором плотность посадки сравнительно низка и достигает 10 кг/м³, интенсивный — при плотности посадки 30–100 кг/м³, распространен-

ный во многих странах, и сверхинтенсивный — при плотности посадки 300–400 кг/м³.

Естественно, рыбопродуктивность возрастает при интенсификации форелеводства. Вместе с тем интенсификация требует высокого уровня оснащения. Кроме того, интенсивный и сверхинтенсивный методы выращивания радужной форели в бассейнах требуют получения икры и молоди 2–3 раза в год, для того чтобы повысить полезную загрузку оборудования, уменьшить его простои. Поэтому в зависимости от выбранного метода выращивания (обычный, интенсивный, сверхинтенсивный) определяют объемы производства, учитывая рыбопродуктивность каждого из них, а также выбирают основную технологическую схему выращивания и подбирают необходимое оборудование.

Для выращивания 50 т форели в год при плотности посадки 10 кг/м³ потребуется около 14 тыс. м² производственной площади. Примерно на такой же площади (15 тыс. м²) при плотности посадки 40 кг/м³ можно вырастить 250 т форели в год, а при плотности посадки 300 кг/м³ такое количество форели может быть выращено на площади в 4 тыс. м². В настоящее время в нашей стране производится рыбоводное оборудование, позволяющее получать за год до 200 кг товарной форели с 1 м³ рабочего объема.

Решающее значение при культивировании форели в проточных системах имеет содержание растворенного кислорода в воде. Необходимо различать понятия "количество растворенного кислорода в воде" (это количество кислорода может быть использовано форелью при дыхании и измеряется в мг/л) и "специфическое потребление кислорода форелью" (оно измеряется в мг/(кг · ч)). Знание этих величин чрезвычайно важно для экономичного ведения хозяйства при выращивании форели в бассейновых установках.

Однако на потребление кислорода форелью оказывают влияние: масса рыбы, температура воды, сбалансированность корма и уровень кормления, плотность посадки рыбы, плавательная активность, соленость, время суток, половая и воспроизводительная активность. Кроме того, присутствие диоксида углерода затрудняет использование кислорода из-за снижения величины рН. Необходимо учитывать, что кислород необходим не только для дыхания форели, но и для окисления органических веществ, которые появляются при выращивании рыбы в бассейнах за счет иловых отложений, неиспользованных кормов, экскрементов, жидких выделений форели.

Специфическое потребление кислорода форелью неотделимо от расхода кислорода на окисление органических веществ, которые могут находиться в природном водоемнике. Кроме того, продукты жизнедеятельности форели могут содержаться в воде в большем или меньшем количестве в зависимости от конструкции бассейна. Таким образом,

определить потребность в кислороде и воде для любого форелевого хозяйства достаточно сложно.

Изучение влияния вышеперечисленных факторов на эффективность потребления кислорода форелью позволяет определить плотность посадки рыбы на единицу объема и интенсивность водообмена в ней. При использовании природной воды без оксигенации плотность посадки рыбы, под которой мы понимаем концентрацию рыбы в единице объема (в $\text{кг}/\text{м}^3$), а для икры и вылупившихся эмбрионов их количество на 1 м^2 , и водообмен взаимосвязаны. При определенной температуре воды и определенной индивидуальной массе рыбы количество растворенного в воде кислорода соответствует строго определенному количеству рыбы, и при увеличении концентрации рыбы необходимо соответственно увеличивать водообмен.

При бассейновом разведении форели, когда применяются высокая плотность посадки рыбы и интенсивный водообмен, для неполовозрелых особей на специфическое потребление кислорода, помимо качества природной воды, влияют главным образом температура воды, индивидуальная масса рыбы, сбалансированность корма и уровень кормления, плотность посадки рыбы и расход кислорода на окисление органических веществ в бассейне.

При температуре $15-18^\circ\text{C}$ (верхняя граница температурного оптимума) и применении тестообразных и гранулированных кормов баланс содержания кислорода для бассейна рабочим объемом 1 м^3 при водообмене 3 раза в час и плотности посадки форели $25 \text{ кг}/\text{м}^3$ следующий: 90 % кислорода потребляется форелью при дыхании и 10 % идет на окисление иловых отложений, остатков корма, экскрементов и жидких выделений форели. При более низкой температуре, а также в бассейнах с круговым током воды и центральным водоспуском даже при увеличении плотности посадки рыбы и соответствующем увеличении интенсивности водообмена приведенные данные по потреблению кислорода будут близки к действительным. Необходимо отметить, что практически отсутствует кислородный обмен через водную поверхность.

Таблица 13 составлена на основании анализа теоретических и эмпирических данных по выращиванию радужной форели в бассейнах при плотности посадки до $60 \text{ кг}/\text{м}^3$, полученных в Швеции, ФРГ, США, ГДР, ПНР, СССР (ВНИИПРХ).

Воспользовавшись уравнением определения баланса кислорода в непроточном карповом пруду, а также данными по потреблению кислорода форелью в бассейне, можно составить следующее уравнение кислородного баланса рыбоводной емкости:

$$0,9 (O_2'' - O_2') n\nu = O_{2\text{сп}} P, \quad (1)$$

где O_2'' и O_2' – содержание растворенного кислорода на входе и выходе, $\text{мг}/\text{л}$; n – смена воды в бассейне, раз в час; ν – рабочий объем рыбоводной емкости, л^3 ; $O_{2\text{сп}}$ – специфическое потребление кислорода радужной форелью, $\text{мг}/(\text{кг} \cdot \text{ч})$; P – общая масса рыбы, кг .

13. Потребление растворенного кислорода радужной форелью при кормлении сухим гранулированным кормом по нормам, мг/(кг · ч)

Масса рыб, г*	Температура воды, °С																			
	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21		
0,08	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,2	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
0,5	224	243	264	285	310	334	366	396	429	466	506	547	594	642	698	755	811	890	-	
1,0	216	235	254	274	299	320	353	376	414	442	480	528	570	620	674	734	790	860	-	
5,0	200	217	236	256	276	302	326	352	382	416	450	488	526	575	622	680	738	794	-	
10,0	135	155	166	182	200	220	241	304	360	390	420	446	476	510	540	584	626	672	-	
15,0	130	150	160	178	192	214	233	290	348	376	404	430	458	488	524	562	602	650	-	
20,0	129	146	154	170	189	208	227	288	341	366	394	419	447	478	515	550	590	632	-	
25,0	124	142	150	166	184	204	221	280	334	360	386	410	440	470	500	538	573	616	-	
30,0	122	140	148	164	182	200	218	274	325	350	374	398	427	459	494	532	566	608	-	
35,0	121	138	146	162	176	194	214	273	320	343	368	396	422	452	489	527	561	600	-	
40,0	120	137	144	157	174	189	212	272	315	339	362	390	416	446	480	520	555	595	-	
45,0	119	135	141	155	173	187	210	270	314	335	359	386	412	442	478	516	550	590	-	
50,0	118	134	139	153	171	186	207	268	310	332	355	384	409	437	475	511	546	580	-	
60,0	116	132	138	151	169	183	204	264	307	328	352	379	404	434	467	504	538	577	-	
70,0	114	130	136	149	166	181	200	260	303	325	344	372	400	432	462	495	528	568	-	
80,0	113	128	135	148	164	179	198	256	298	320	342	370	395	428	452	486	524	556	-	
90,0	112	128	134	147	162	177	197	250	294	316	340	365	390	414	448	484	517	552	-	
100,0	111	126	133	146	161	176	194	244	290	312	336	360	384	410	442	476	514	549	-	
200,0	105	119	126	138	152	168	182	230	274	294	316	338	364	390	422	456	490	522	-	
300,0	102	114	123	133	146	160	176	220	264	285	304	326	350	376	404	438	470	500	-	
400,0	99	112	118	130	142	155	171	214	260	278	297	320	345	368	394	430	460	492	-	
500,0	98	110	115	127	140	152	168	208	254	272	292	311	336	360	387	417	447	484	-	
600,0	96	108	114	126	138	150	166	205	250	267	286	304	327	352	382	409	438	472	-	
700,0	96	107	113	124	136	148	164	203	248	264	282	302	324	349	378	403	432	469	-	
800,0	94	106	112	123	134	147	162	200	244	262	279	300	321	344	372	401	425	466	-	
900,0	94	104	111	122	134	146	160	194	240	257	275	298	318	340	370	396	422	460	-	
1000,0	92	104	110	120	132	143	160	191	238	254	273	295	314	337	366	394	420	456	-	

* Икра.

Левая часть уравнения кислородного баланса показывает количество растворенного кислорода в рыбоводной емкости при определенной температуре воды, который может быть использован рыбой при дыхании. Коэффициент 0,9 показывает, что 90 % кислорода идет на дыхание форели, а 10 % – на окисление органических веществ в бассейне. Величина O_2' – содержание кислорода на вытоке – не должна опускаться ниже 7 мг/л, так как необходимо предусмотреть расход кислорода при стрессовых ситуациях. Правая часть показывает специфическое потребление кислорода всей рыбой при определенной температуре и определенной индивидуальной массе рыбы в условиях кормления сухим гранулированным кормом по соответствующим таблицам кормления.

Под плотностью посадки рыбы мы понимаем концентрацию рыбы (шт. или кг) в единице рабочего объема (1 м^3 или 1000 л), которую можно рассчитать по формуле

$$W = P/v, \quad (2)$$

где W – плотность посадки рыбы, $\text{кг}/\text{м}^3$; P – общая масса рыбы, кг; v – рабочий объем рыбоводной емкости, л^3 .

Пользуясь определением плотности посадки рыбы по формуле (2) и уравнением (1) и выражая рабочий объем в литрах, можно рассчитать плотность посадки рыбы по формуле

$$W = \frac{0,9 (O_2'' - O_2') 1000n}{O_{2\text{сп}}}, \quad (3)$$

где n – заранее заданная величина (так как водообмен и плотность посадки взаимосвязаны и связь эта главным образом зависит от температуры воды и индивидуальной массы рыбы).

Из формулы (3) легко найти интенсивность водообмена n , но при этом задается плотность посадки рыбы.

Необходимо отметить, что определение кислородного баланса с помощью уравнения (1) при использовании природной воды с концентрацией кислорода до 100 % насыщения не дает необходимых результатов, это ограничение связано, во-первых, с количеством доступного для рыбы растворенного кислорода в воде, во-вторых, с увеличением затрат энергии на преодоление течения, а также с ухудшением других условий жизнедеятельности.

Интенсивность водообмена n непосредственно связана с расходом воды:

$$Q = nv/3600, \quad (4)$$

где Q – расход воды, л/с; v – объем рыбоводной емкости, м^3 .

Следовательно, общий расход воды, необходимой для выращи-

вания определенного количества рыбы, имеющей конкретную индивидуальную массу при конкретной температуре, составит

$$Q = PO_2_{\text{сп}} / (O_2'' - O_2') 0,9. \quad (5)$$

Расчеты, проведенные по уравнению кислородного баланса в рыбноводном бассейне, являются ориентировочными и могут служить отправной точкой для установления конкретной плотности посадки и интенсивности водообмена в зависимости от температуры воды, индивидуальной массы выращиваемой рыбы, используемых кормов, качества природной воды в каждом хозяйстве.

Вот некоторые примеры расчетов.

Пример 1. Нужно определить максимальную плотность посадки радужной форели индивидуальной массой 10 г при температуре воды 5 и 15 °С, интенсивности водообмена 3 раза в час и содержании кислорода на вытоке 7 мг/л.

Расчеты следует проводить по формуле (3). При температуре воды 5 °С содержание растворенного кислорода при 100 %-ном насыщении составляет 12,81, а при 15 °С – 10,18 мг/л (см. табл. 3), специфическое потребление кислорода форелью при 5 °С составляет 155, а при 15 °С – 446 мг/(кг · ч) (см. табл. 13). Таким образом, максимальная плотность посадки при 5 и 15 °С составит

$$W_5 = \frac{0,9 (12,81 - 7,0) 1000 \cdot 3}{155} = 101,2 \text{ кг/м}^3;$$

$$W_{15} = \frac{0,9 (10,18 - 7,0) 1000 \cdot 3}{446} = 19,2 \text{ кг/м}^3.$$

При этом в обоих случаях расход воды составит

$$Q = \frac{1000 \cdot 3}{3600} = 0,83 \text{ л/с.}$$

Таким образом, повышение температуры воды при сохранении той же прочности вызывает снижение плотности посадки рыбы. Для увеличения плотности посадки необходимо увеличить водообмен в рыбноводной емкости.

Пример 2. Нужно определить максимальную плотность посадки радужной форели массой 100 г при температуре воды 5 и 15 °С, интенсивности водообмена 3 раза в час, содержании кислорода на вытоке 7 мг/л.

Расчеты следует проводить по формуле (3). При температуре 5 °С содержание растворенного кислорода при 100 %-ном насыщении составляет 12,81, а при температуре 15 °С – 10,18 мг/л (см. табл. 3), специфическое потребление кислорода форелью при 5 °С – 126, а при 15 °С – 360 мг/(кг · ч) (см. табл. 13). Таким образом, максимальная плотность посадки составит

$$W_5 = \frac{0,9 (12,81 - 7,0) 1000 \cdot 3}{126} = 124,5 \text{ кг/м}^3;$$

$$W_{15} = \frac{0,9 (10,18 - 7,0) 1000 \cdot 3}{360} = 23,8 \text{ кг/м}^3.$$

При этом в обоих случаях расход воды составит 0,83 л/с.

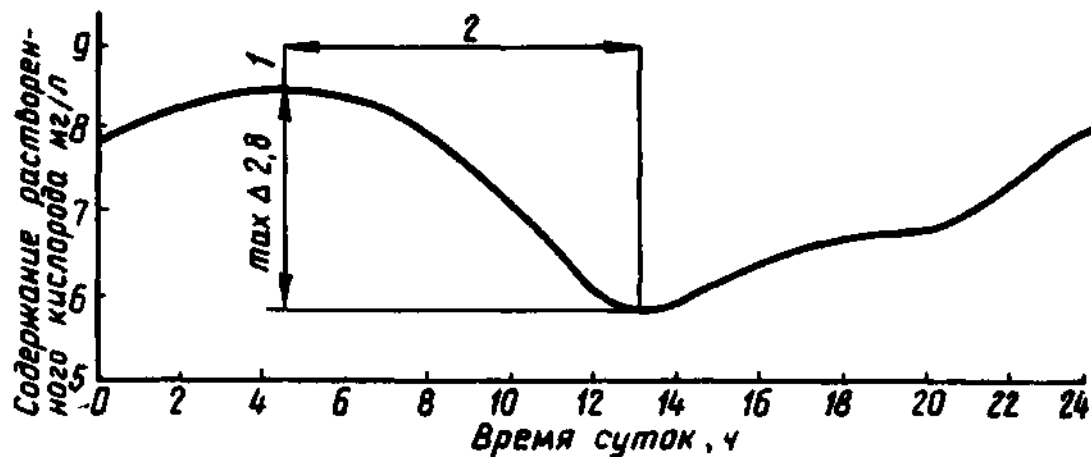


Рис. 2. Суточное изменение содержания растворенного кислорода на вытоке:

1 — предел насыщения воды кислородом при 17 °С; 2 — интервал влияния кормления на потребление кислорода форелью

Плотность посадки рыбы при одинаковых водообмене и параметрах воды тем выше, чем больше индивидуальная масса рыбы и ниже температура воды.

При использовании природной воды плотность посадки и водообмен зависят от насыщения ее растворенным кислородом (табл. 14), уровень насыщения зачастую ниже 100%. Особенно это нужно учитывать при использовании соленой воды, в которой растворимость кислорода ниже, чем в пресной, и при высокой температуре может быть критической для рыбы.

В бассейне необходимо иметь постоянный запас растворенного кислорода, который выражается в разнице между допустимым (5 мг/л) и фактическим (не ниже 7 мг/л) содержанием кислорода в воде на вытоке из бассейна, т.е. запас "надежности" должен составлять не менее 2 мг/л.

Так, для радужной форели средней массой 80 г при температуре воды 9 °С специфическое потребление кислорода в течение суток колебалось от 163 до 263 мг/(кг · ч). После отлова и пересадки рыбы на следующие сутки специфическое потребление кислорода возросло с 278 до 385 мг/(кг · ч), т.е. в 1,5 раза (рис. 2).

Стабильность концентрации растворенного кислорода в бассейне является важным фактором. Ее колебания в первую очередь оказывают воздействие на пищевую активность и оплату корма. Поэтому для поддержания оптимальной продуктивности необходимо все рыбоводные операции проводить только тогда, когда есть полная уверенность в том, что концентрация кислорода будет соответствовать необходимому уровню или превышать его.

Необходимо помнить, что у радужной форели потребность в кислороде в течение суток неодинакова. Так, на вытоке (рис. 3) при температуре воды 17 °С, средней массе рыбы 210 г, плотности посадки.

14. Насыщение пресной воды кислородом при различной температуре, мг/л

Температура, °С	Насыщение, %					
	100	90	80	70	60	50
1	14,3	12,9	11,4	10,0	8,5	7,1
2	13,9	12,6	11,2	9,8	8,3	7,0
3	13,6	12,2	10,9	9,5	8,1	6,8
4	13,2	11,9	10,6	9,3	7,9	6,6
5	12,9	11,6	10,3	9,0	7,7	6,4
6	12,6	11,3	10,1	8,8	7,5	6,3
7	12,3	11,0	9,8	8,6	7,4	6,1
8	12,0	10,8	9,6	8,4	7,2	6,0
9	11,7	10,5	9,4	8,2	7,0	5,8
10	11,4	10,3	9,2	8,0	6,8	5,7
11	11,2	10,1	9,0	7,8	6,7	5,6
12	11,0	9,8	8,8	7,7	6,6	5,5
13	10,7	9,6	8,6	7,5	6,4	5,3
14	10,5	9,4	8,4	7,4	6,3	5,2
15	10,3	9,3	8,2	7,2	6,2	5,1
16	10,1	9,1	8,1	7,1	6,1	5,0
17	9,9	8,9	7,9	6,9	5,9	4,9
18	9,8	8,8	7,8	6,8	5,8	4,9
19	9,6	8,6	7,7	6,7	5,7	4,8
20	9,4	8,5	7,5	6,6	5,6	4,7
21	9,2	8,3	7,4	6,5	5,5	4,6
22	9,1	8,2	7,2	6,3	5,4	4,5
23	8,9	8,0	7,1	6,2	5,3	4,4
24	8,7	7,9	7,0	6,1	5,2	4,4
25	8,6	7,8	6,9	6,0	5,1	4,3

62 кг/м³ и при кормлении 1 раз в 6 ч максимальное потребление кислорода форелью наблюдается спустя 6 ч после раздачи корма.

Среди рыбоводов до сих пор нет единого мнения о плотности посадки форели различных размерно-возрастных групп. Кроме того, не установлены нормы расхода воды на единицу продукции и на едини-

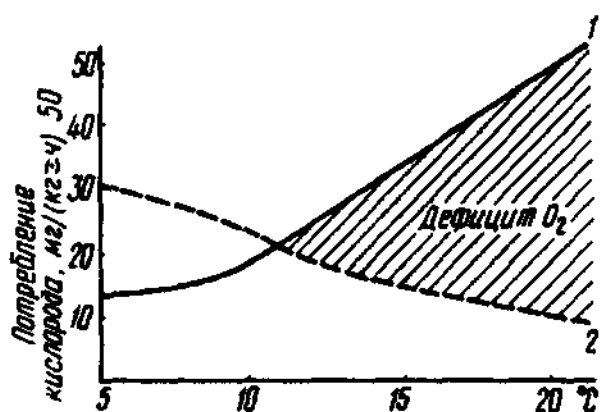


Рис. 3. Потребность в кислороде форели общей массой 100 кг, индивидуальной массой 100 г (1), и содержание кислорода в воде при водообмене 5 раз в час в зависимости от температуры (2)

цу рабочего объема бассейна в зависимости от ее качества и уровня кормления рыбы различными кормами.

В связи с этим интересны полученные эмпирические данные о допустимой плотности посадки молоди радужной форели при выращивании в пресной воде в зависимости от средней массы рыбы, уровня водообмена и температуры воды (табл. 15). Эти данные получены при ориентации на проточные воды высокого качества, поэтому их необходимо корректировать на основании собственных данных и практического опыта хозяйства. Надо учитывать, что при высоких плотности посадки и уровне водообмена может возрастать роль факторов, лимитирующих рост рыбы.

15. Максимальная плотность посадки молоди при различном водообмене, кг/м³

Водообмен, раз в час	Средняя масса рыб, г					
	1	3,5	8	16	27	43

При температуре 4,5–7 °С

1	16	24	32	40	48	56
2	20	44	56	68	84	100
3	40	60	80	100	116	145
4	52	68	100	128	145	145
5	64	112	145	145	145	145
6	76	112	145	145	145	145

При температуре 7–9,5 °С

1	12	18	24	32	36	42
2	20	30	42	54	64	76
3	28	32	44	60	76	92
4	40	60	76	100	116	145
5	44	72	96	120	145	145
6	52	86	112	145	145	145

При температуре 9,5–12 °С

1	8	12	16	20	24	30
2	14	24	30	38	46	52
3	20	36	44	56	66	76
4	26	46	58	72	86	98
5	32	58	72	90	106	120
6	38	70	88	108	130	145

При температуре 12–15 °С

1	5	8	11	14	17	20
2	11	16	20	26	34	40
3	16	24	32	40	48	58
4	22	34	44	56	66	76
5	28	44	56	68	82	96
6	34	50	66	82	98	116

Водообмен, раз в час	Средняя масса рыб, г					
	1	3,5	8	16	27	43

При температуре 15–18 °С

1	4	7	10	13	16	19
2	8	12	18	22	28	32
3	12	20	26	32	38	46
4	16	24	32	42	50	50
5	20	30	40	50	60	72
6	24	36	48	60	74	86

Согласно табл. 15 максимальная плотность посадки молоди массой до 50 г может достигать 145 кг/м³. Значения плотности посадки, полученные с помощью данных табл. 13, составляют от 71 до 95 % значений, приведенных в табл. 15.

Довольно часто в рыбоводстве пользуются такими понятиями, как расход воды на единицу массы выращиваемой рыбы и, наоборот, возможная посадка рыбы на единицу подаваемой воды — эти величины взаимнообратны. При этом расход воды на единицу массы рыбы, непосредственно связанный с плотностью посадки, является экономическим фактором в форелеводстве. Так, при массе рыбы 8 г в зависимости от плотности посадки, температуры воды и интенсивности водообмена от 1 до 6 раз в час расход воды на 1 кг форели меняется следующим образом:

Температура, °С	4,5–7	7–9,5	9,5–12	12–15	15–18
Расход воды, л/мин	0,52–0,11	0,69–0,15	1,04–0,19	1,51–0,25	1,67–0,35

С увеличением интенсивности водообмена от 1 до 6 раз в час и увеличением индивидуальной массы рыбы расход воды на 1 кг форели уменьшается, а с увеличением температуры воды — возрастает. Шведские рыбоводы рекомендуют несколько другие нормативы (табл. 16) расхода воды на единицу массы форели при различной индивидуальной массе и температуре воды.

Как показывает анализ эмпирических данных, полученных при опытном и производственном выращивании форели преимущественно при температуре 14–18 °С, можно определять расход воды в соответствии с массой тела рыбы (табл. 17). Данные табл. 17 можно использовать при выращивании форели и в воде с более низкой температурой, так как при этом снижается интенсивность обмена и соответственно уменьшается потребность форели в кислороде.

16. Потребность форели в пресной воде при 100 %-ном насыщении кислородом, л/ (мин · кг)

Масса рыб, г	Температура воды, °С						
	5	7,5	10	12,5	15	17,5	20
0,5	0,4	0,6	0,8	1,1	1,4	2,0	2,6
1,5	0,27	0,4	0,53	0,67	0,87	1,2	1,6
2,5	0,32	0,52	0,72	0,88	1,2	1,64	2,16
5,0	0,32	0,48	0,6	0,8	1,08	1,5	2,0
10,0	0,29	0,44	0,56	0,74	0,97	1,38	1,83
25,0	0,27	0,38	0,48	0,65	0,86	1,19	1,6
50,0	0,25	0,33	0,42	0,57	0,77	1,06	1,4
75,0	0,22	0,31	0,39	0,54	0,7	0,98	1,3
100,0	0,21	0,3	0,37	0,51	0,65	0,92	1,25
200,0	0,18	0,25	0,32	0,43	0,56	0,78	1,04

17. Потребность форели в воде в зависимости от массы тела при 100 %-ном насыщении кислородом, л/ (мин · кг)

Масса рыб, г	Температура воды, °С								
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,14 (0,08–0,2)	1,3	1,5	1,7	2,0	2,4	2,7	3,2	3,8	4,3
0,25 (0,15–0,35)	1,0	1,1	1,3	1,6	1,8	2,1	2,5	2,8	3,3
До 1	0,7	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	1,5	1,8	2,0
До 20	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,1
До 160	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6
Более 160	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5

Продолжение

Масса рыб, г	Температура воды, °С								
	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0,14 (0,08–0,2)	4,9	5,6	6,5	7,2	8,2	9,1	10,1	11,5	12,6
0,25 (0,15–0,35)	3,7	4,3	4,9	5,6	6,3	6,9	7,7	8,7	9,6
До 1	2,4	2,7	3,0	3,4	3,8	4,3	4,7	5,3	6,0
До 20	1,3	1,5	1,7	1,9	2,2	2,5	2,7	3,0	3,4
До 160	0,7	0,8	1,0	1,0	1,2	1,3	1,5	1,6	1,9
Более 160	0,6	0,7	0,9	0,9	1,1	1,2	1,3	1,4	1,7

Учитывая разнообразие условий содержания рыбы в хозяйствах и зависимость потребления кислорода рыбой от многих факторов, для определения плотности посадки и интенсивности водообмена в рыбноводных бассейнах лучше всего пользоваться эмпирическим методом, так как не существует достаточного количества данных для достоверного описания этой зависимости математически.

Изменение температуры воды, ее насыщение кислородом и дебит необходимо знать для определения плотности посадки. Далее нужно составить уравнение кислородного баланса для каждого типа бассейна. Приходная часть баланса равна разнице растворенного кислорода на входе и выходе. По табл. 13 определяется специфическое потребление кислорода форелью в зависимости от массы рыбы и температуры, а по формулам (1) и (3) — максимально возможная плотность посадки форели в любой момент выращивания в бассейне.

Регулирование расхода воды и количества рыбы в бассейне осуществляется на основании контроля за потреблением кислорода рыбой в зависимости от плотности ее посадки и температуры воды с учетом наличия в бассейне загрязняющих веществ.

В существующих отечественных руководствах по выращиванию форели в бассейнах и прудах предлагаемые нормативы позволяют выращивать молодь массой 1–30 г при плотности посадки от 16 до 60 кг/м³, а взрослую рыбу массой 30–150 г — при плотности посадки от 30 до 75 кг/м³ (интенсивность водообмена — 6 раз в час). При этом предлагается ступенчатая технологическая схема выращивания форели — плотность посадки рыбы изменяется на стадии сеголетка, годовика, двухлетка.

В различные периоды выращивания радужной форели необходимы бассейны соответствующего типа и размера. При выращивании молоди (до достижения ею массы 10–20 г) пересадку и соответственно изменение плотности посадки обычно производят при сортировании рыбы. При выращивании товарной форели (до достижения ею массы 150 г) устанавливают такую начальную плотность посадки рыбы (с учетом отхода молоди), при которой ее конечная масса будет соответствовать определенной максимальной конечной плотности посадки товарной рыбы. Такой способ выращивания требует уменьшения начальной плотности посадки рыбы в 3–4 раза, но позволяет обходиться без резервирования бассейнов для товарного выращивания форели.

Существует другой способ посадки форели на выращивание в бассейнах, который необходимо применять при механической подаче морской или пресной воды. В этом случае экономически наиболее оправдано выращивать рыбу (молодь и товарную) при стартовой плотности посадки на 10–20 % ниже максимальной. По мере роста рыбы и приближения к максимальной плотности посадки часть рыбы вылавливают и выращивание продолжается. Такой способ выращивания форели

позволяет улучшить обслуживание бассейнов за счет сокращения их необходимого количества.

На выращивание сеголетков (их масса увеличивается с 1 до 15–30 г) затрачивается 120–150 дней, годовиков (масса увеличивается до 60 г) – 160 дней, товарных двухлетков (масса увеличивается до 150–200 г) – 120–150 дней. Таким образом, весь цикл выращивания осуществляется за 500–520 дней, при этом годовая рыбопродуктивность достигает 50–60 кг/м³.

При использовании нагретой воды охлаждающей системы тепловых электростанций товарная рыба средней массой 120–150 г при рыбопродуктивности 75–110 кг/м³ выращивается за год.

Если для выращивания форели используется природная вода и плотность посадки составляет 100–200 кг/м³, необходимо, чтобы бассейны обладали высокой проточностью, что вызвано главным образом необходимостью доставки рыбам кислорода для обеспечения их нормального роста и развития. С повышением температуры возрастает потребность радужной форели в кислороде с учетом кормления при одновременном снижении содержания растворенного кислорода в воде (см. рис. 3). Чтобы сохранить желаемую плотность посадки рыбы при температуре выше 10,5 °С, очевидно, следует добавлять кислород или увеличивать интенсивность водообмена, последнее вызывает увеличение расхода воды и скорости течения в бассейне. При этом надо помнить, что слишком высокая скорость течения может отрицательно сказываться на росте форели.

Практика показала, что наиболее эффективно выращивание форели в воде со 100 %-ным насыщением кислородом. Поддержание в рыбоводном бассейне такого уровня насыщения затруднительно, так как природная вода сама по себе редко бывает так насыщена кислородом и, кроме того, при потреблении кислорода форелью в вытекающей из бассейна воде его количество уменьшается примерно на 50 %, т. е. форель находится фактически постоянно в воде, насыщенной кислородом до 75 %.

Таким образом, при выращивании форели в бассейнах с использованием природной воды с изменяющейся температурой необходимо применять аэрацию чистым кислородом (жидким или газообразным), так как в данном случае применение существующих средств аэрации воды воздухом неэффективно.

Проточность в рыбоводном бассейне нужна для поддержания в воде необходимого количества кислорода, удаления продуктов жизнедеятельности рыбы и создания определенной скорости течения, которая оказывает влияние на темп роста форели. Для удаления продуктов жизнедеятельности форели из рыбоводного бассейна достаточно расхода воды 0,0014 л/(с · кг). Следовательно, при культивировании форели важен не расход воды, а количество растворенного в ней кислорода, от которого зависит плотность посадки рыбы при данном расходе

воды. Поэтому при оксигенации воды нарушается связь между плотностью посадки и водообменом, которая существует при использовании природной воды с естественным насыщением ее растворенным кислородом. При оксигенации воды содержание растворенного кислорода доводят до 30–50 мг/л, что позволяет снизить расход воды в 2–2,5 раза при выращивании одного и того же количества рыбы.

ИСТОЧНИКИ И КАЧЕСТВО ВОДЫ ДЛЯ ФОРЕЛЕВОДСТВА

При выращивании радужной форели к качеству воды предъявляются определенные требования. Вода должна быть чистой и прозрачной, без вредных примесей.

Наилучшей для форели является вода с небольшим содержанием кальция, который необходим для развития скелета. В воде, содержащей известь, форель лучше усваивает корм и развивается быстрее, поскольку кальций, поглощаемый через жабры, влияет на осмотические и метаболические процессы. Но избыток кальция дает осадок на поверхностях рыбоводных емкостей, водоподающих и водосбросных системах, фильтрах и т. д. Следует учитывать, что содержащиеся в воде магний и селен придают рыбе неприятный привкус, а железо способствует развитию ферробактерий. Следует избегать использования вод, богатых органическими веществами, так как они обладают высокой кислотностью, содержат мало кислорода и в них образуются метан и сероводород, а также вод, проходящих по гранитным грунтам, в которых при хорошей выживаемости темп роста форели невысок из-за недостатка кальция. Основные требования, предъявляемые к воде для товарных форелевых хозяйств (ОСТ 15-282–83), приведены ниже.

Ингредиенты и показатели	Значения
Температура воды, °С	Не более 20*
Окраска, запах, привкус	Нет
Цветность, град	Менее 540
Прозрачность, м	Не менее 1,5
Взвешенные вещества, мг/л	До 10
pH	7–8
Растворенный кислород, мг/л	Не менее 9
Свободный диоксид углерода, мг/л	До 10
Сероводород, мг/л	0
Свободный аммиак, мг N/л	Сотые доли
Окисляемость, мг O ₂ /л	
перманганатная	До 10
бихроматная	До 30
БПК ₅ , мг O ₂ /л	До 2
БПК _{полн} , мг O ₂ /л	До 3
Нитриты, мг N/л	До сотых долей
Нитраты, мг N/л	До 2

Фосфаты, мг P/л	До 0,5
Железо, мг/л	
общее	До 0,5
закисное	Не более 0,1
Общая жесткость, мг · экв/л	3–7
Щелочность, мг · экв/л	1,5–2
Общее количество микроорганизмов, млн. кл/мл	До 1
Количество сапрофитов, тыс. кл/мл	До 3

* Перепад относительно температуры в рыбоводной емкости должен составлять не более 5 °С.

При pH 7–7,5 допускается содержание аммонийного азота до 2,5 мг N/л, а при pH 7,6–8 – до 1,5 мг N/л.

Нормальный уровень содержания минеральных веществ составляет 1 г/л. Допустимо повышение минерализации для сеголетков (30 г) до 5, для годовиков (150–200 г) – до 10, для взрослых особей (более 250 г) – до 25 г/л.

При подготовке воды путем подогрева и аэрации воздухом необходимо следить за содержанием растворенного в воде свободного азота, которое не должно превышать 105 %.

Воду, содержащую до 3 мг/л железа, можно использовать после аэрации и отстаивания, а в отдельных случаях – после фильтрации (через песчано-гравийный фильтр).

Обычные пресные воды содержат 20–30 мг/л сульфатов и 10–30 мг/л хлоридов. Однако в отдельных районах в связи с особенностями подстилающих почв содержание сульфатов в воде может достигать 5000, а хлоридов – 3000 мг/л и не оказывать вредного влияния на рыб. Значительное превышение нормы содержания этих веществ не допускается, так как оно указывает на существование внешнего источника загрязнения.

Повышенные требования предъявляются к качеству воды, используемой для инкубации икры и выращивания молоди (см. ниже).

Ингредиенты и показатели	Значения
Температура, °С	
для инкубации икры	6–10
для содержания свободных эмбрионов и подращивания личинок	10–12
Прозрачность, м	Не менее 2
Взвешенные вещества, мг/л	До 5
pH	7–8
Растворенный кислород, мг/л	9–11
Сероводород, мг/л	0
Свободный диоксид углерода, мг/л	Не более 10
Перманганатная окисляемость, мг/л	Не более 10
БПК ₅ , мг O ₂ /л	До 2
БПК _{полн} , мг O ₂ /л	До 3

Аммонийный азот, мг N/л	До 0,75
Свободный аммиак, мг N/л	До 0,01
Железо, мг/л	
общее	До 0,1
закисное	0
Жесткость, моль/л (мг · экв/л)	3–10 (1,5–5)
Минерализация, г/л	До 1

Предельно допустимая концентрация вредных веществ (ядохимикатов, тяжелых металлов, СПАВ, нефтепродуктов) в воде, используемой для рыбохозяйственных целей, должна соответствовать ОСТ 15-282–83.

Можно привести следующий пример выбора водоисточника при создании морского берегового бассейнового хозяйства для выращивания радужной форели на Черноморском побережье Кавказа.

При создании такого хозяйства следует тщательно продумать систему водоснабжения во избежание использования загрязненной морской воды. Соленость в районе Черноморского побережья Кавказа колеблется от 11 до 19 ‰. Максимальная соленость наблюдается зимой (ноябрь–февраль) и достигает 18,5 ‰, а минимальная – весной (апрель–июнь) и достигает 11,7 ‰, средняя соленость (по многолетним данным) составляет 16,5 ‰. Основное влияние на колебания солености в прибрежной зоне оказывает речной сток.

Температура черноморской воды в поверхностном слое (до 10 м) колеблется в течение года от 8 до 26 °С. Температура выше 20 °С сохраняется в течение июля–октября, достигая пика (26 °С) в августе, а минимума (8 °С) – в марте. Слой воды глубиной 10–25 м в июле–октябре прогревается до 22–24 °С.

Надо учитывать, что содержание растворенного кислорода при одинаковых условиях в морской воде ниже, чем в пресной. В течение года в поверхностном слое шельфовой зоны Черного моря у берегов Кавказа содержание растворенного кислорода колеблется от 6,5 до 10,9, а на глубине 25 м – от 3,6 до 12,4 мг/л.

Следовательно, в шельфовой зоне Черноморского побережья Кавказа, где отсутствуют удобные закрытые бухты, из-за штормов в осенне-зимний период и повышенной температуры в летне-осенний период возможности культивирования лососевых рыб в садках ограничены и становится проблематичным полноценное культивирование форели в течение всего года.

Создание водозаборов морской воды с двух горизонтов (6–10 и 20–30 м) дает возможность использовать черноморскую воду для круглогодичного выращивания форели. Наличие низкотемпературного (1–10 °С) источника пресной воды и высокотемпературного (20–28 °С) морской (и наоборот) позволит путем смешивания воды создать оптимальный температурный режим выращивания, а в некоторых случаях – и оптимальный солевой режим без дополнительных энергетических затрат.

ческих затрат. Применение же оксигенации позволит использовать черноморскую воду температурой 20–25 °С и, наконец, создание колодцев на берегу моря в районах, где возможно использование фильтратов морской воды, – получать воду температурой до 18 °С.

Поверхностный слой воды прибрежной зоны в юго-восточной части Черного моря по качеству вполне пригоден для выращивания радужной форели. Общие требования, предъявляемые к солоноватой воде, используемой при выращивании форели, приведены ниже.

Ингредиенты и показатели	Значения
Температура, °С	От 8 до 26 (в течение года)
pH	8–8,5
Растворенный кислород, мг/л	6–10,3
Свободный диоксид углерода, мг/л	0,8–3,1
Сероводород, мг/л	0
Перманганатная окисляемость, мг O ₂ /л	0,1–2,2
БПК ₅ , мг O ₂ /л	0,9–2,5
Аммонийный азот, мг/л	0,1–0,3
Нитриты, мг N/л	0,01
Нитраты, мг N/л	0,4–1,5
Фосфаты, мг P/л	0,03–0,1
Соленость, ‰	12,5–18,2
Щелочность, мг · экв/л	3,1–3,33
Общее количество микроорганизмов, млн. кл/мл	0,5

Все вышеизложенное необходимо учитывать при выборе места для создания форелевого хозяйства бассейнового типа, использующего пресную или морскую воду.

В связи с тем что в бассейновых системах используется природная вода и весьма трудно избавиться от загрязнения, необходимо строго выполнять требования, предъявляемые к источнику водоснабжения и, в частности, к качеству воды. Любое вещество, растворенное в воде, потенциально может попасть в организм форели, а некоторые коллоидные частицы даже проходят через жаберные ткани в кровь. В дистиллированной воде не содержится никаких токсикантов, но отсутствуют минеральные вещества, необходимые для жизни форели. От температурного режима и качества воды зависит эффективность работы форелевого хозяйства. Прежде чем решить, в каком месте будет расположено форелевое хозяйство, необходимо произвести оценку воды.

Вода, которую обычно считают пресной, содержит до 1 г/л растворенных твердых веществ. Жесткая вода содержит около 300, исключительно мягкая вода – около 40, средняя речная и озерная вода – 100–150 мг/л растворенных твердых веществ.

Мощность хозяйства следует рассчитывать по минимальному дебиту водисточника и максимальной температуре воды. При этом надо учитывать, что примерно 30 % воды будет израсходовано на содержание ремонтно-маточного стада, инкубацию икры и подращивание молоди

(до массы 10 г), а остальные 70 % – на выращивание товарной рыбы. Поскольку рост радужной форели в значительной мере зависит от температуры, необходимо знать термику данного водоемисточника в течение года и особенно максимальную температуру и период, в течение которого она сохраняется. Без применения оксигенации водоемисточник, в котором наблюдается даже кратковременное повышение температуры воды до 23–25 °С, не пригоден для форелеводства.

Норма расхода воды зависит от индивидуальной массы рыбы, используемых кормов и в значительной мере от качества воды, поэтому установить ее весьма сложно.

В воде, предназначенной для выращивания форели, не должны содержаться гербициды, пестициды, а также такие тяжелые металлы, как кадмий, цинк, медь, серебро, свинец, ртуть. Загрязнение тяжелыми металлами водоносных слоев может произойти в результате проникновения в них стоков промышленных предприятий, а также городских сточных вод. Если есть подозрение, что водоемисточник загрязнен такими стоками, необходимо провести анализ воды на содержание тяжелых металлов при помощи атомной адсорбционной спектрометрии.

Наряду с рассмотренными выше веществами отрицательно могут влиять на форель железо, хлор, вещества, входящие в состав пластмасс. Железо в двухвалентной форме растворяется в кислой и бедной кислородом грунтовой воде и при наличии кислорода выделяется в трехвалентной форме в виде гидроокиси. Это является причиной поражения жабр у молоди форели. Хлор часто добавляют в воду из санитарных соображений, хотя он может привести к гибели рыбы. Токсичность хлора зависит от времени адаптации к нему форели. Содержание хлора в воде в количестве 0,1–0,2 мг/л при 10–14 °С в течение получаса может привести к гибели молоди форели. Поэтому его содержание в воде не должно превышать 0,01 мг/л.

Необходимо избегать расположения форелевых хозяйств вблизи сельскохозяйственных угодий, обрабатываемых химикатами, которые могут служить источником загрязнения грунтовых вод. В большинстве случаев гербицидное и пестицидное загрязнение связано с использованием поверхностных вод. Длительное содержание форели в воде даже с низкой концентрацией токсикантов влияет на ее физиологическое состояние, ухудшая рост и другие рыбоводные показатели, и, кроме того, вызывает накопление этих веществ в теле рыбы до таких концентраций, при которых рыбу уже нельзя употреблять в пищу.

Таким образом, качество воды является главным условием для принятия решения о целесообразности сооружения форелевого хозяйства и месте его расположения. Правильный выбор места для строительства и правильная эксплуатация системы водоснабжения значительно снижают вероятность попадания в воду загрязняющих веществ.

В ГДР снижению отходов рыбы, вызываемых попаданием в воду токсических веществ, способствовало установление на водосборных площадях фореле-

вых хозяйств рыбозащитных зон. В этих зонах запрещаются хранение и применение биоцидов и других токсических веществ, органических и минеральных удобрений, сброс промышленных и бытовых сточных вод. При определении зон учитываются интересы рыбного, сельского, водного хозяйства и промышленных предприятий, представители которых вместе с законодательными органами принимают участие в разработке границ зон. Кроме того, с целью дополнительной защиты от токсических веществ во время выпадения осадков форелевые хозяйства по периметру окружаются канавой.

Вода из природного водоисточника, в котором живет форель в естественном состоянии, а также питьевая вода, пригодная в соответствии с результатами анализа для питья, далеко не всегда является для форелеводства самой лучшей. В питьевой воде может содержаться недостаточное для роста форели количество растворенного кислорода и минеральных солей. В природном водоисточнике темп роста рыбы по ряду причин также может быть низким. В этом случае создавать форелевое хозяйство экономически невыгодно.

Вода, используемая в форелеводстве, может быть пресной и морской, подземной и поверхностной. Подземная вода обычно свободна от загрязнений, хотя может нести с собой такие токсичные для форели газы, как метан или сероводород. Состав воды в значительной степени определяется грунтами. Известняковые воды характеризуются жесткостью, большим содержанием кальция, который оседает на стенках трубопроводов. Подземные воды, протекающие по гранитным грунтам, обладают невысокой жесткостью, в них меньше минеральных веществ, но они, как правило, содержат большое количество свободного диоксида углерода, который вызывает коррозию трубопроводов. Для подземных вод характерна постоянная температура в течение года. В источниках неглубокого залегания температура воды приближается к среднегодовой температуре атмосферного воздуха для данного района. При глубине более 15,2 м температура воды подземных источников возрастает примерно на 1 °С на каждые 32 м.

Существует три вида источников подземных вод: родники, депрессии и скважины. Последние делятся на напорные (артезианские) и колодцы, воду из которых необходимо выкачивать. Родники обладают всеми преимуществами, свойственными грунтовым источникам, и дают воду высокого качества и постоянной температуры. И в связи с тем что стоимость перекачивания может составить значительную часть производственных затрат, это преимущество весьма существенно. Однако в воде родников обычно содержится мало растворенного кислорода, и их дебит невелик.

Вода из депрессии уровня грунтовых вод доступна лишь в некоторых районах и содержит мало растворенного кислорода. Для подачи такой воды в форелевые хозяйства необходимы насосы. Чтобы добраться до грунтовых вод, необходимо вскрыть почву экскаватором в том месте, где уровень грунтовых вод особенно высок, т. е. воды подходят близко к поверхности. Такие источники не могут быть применены для

хозяйств с высокими плотностями посадки из-за малого дебита воды.

Скважина является одним из лучших источников водоснабжения для форелевых хозяйств, хотя для подачи воды из скважины необходимы насосы, что увеличивает эксплуатационные затраты. Как правило, вода из скважин не имеет загрязнений, но, проходя сквозь почву, растворяет на своем пути множество веществ — в ней могут быть растворены вредные газы (сероводород) или химические вещества (железо, сера). Содержание растворенного кислорода в скважинной воде, как правило, низкое. Для подачи воды в хозяйство требуются насосы. Производительность скважины зависит от водопроницаемости водоносного слоя и его толщины.

Колодец представляет собой скважину, нижний конец которой находится внутри водоносного слоя, расположенного ниже уровня грунтовых вод. Уровень воды в колодцах более подвержен колебаниям, чем уровень воды в глубоких скважинах.

Из артезианских скважин вода начинает поступать сама сразу после окончания бурения. Если площадь водосбора скважины находится выше ее выходного отверстия, то вода под действием силы тяжести течет к скважине. Такие напорные скважины встречаются редко.

Таким образом, родниковая и скважинная вода наиболее пригодна для форелеводства, поскольку обладает такими качествами, как постоянство температуры и расхода в течение года (колебания наблюдаются минимальные), отсутствие загрязнения, взвесей и патогенных микробов. Состав этих вод меняется в зависимости от слоя грунта, через который они протекают.

Воду, перенасыщенную газами (диоксид углерода, азот и т.д.), можно освободить от них, если пропустить ее по участку пересеченной местности соответствующей протяженности или через дегазатор гравитационного типа.

Поверхностные источники воды — ручьи, озера, пруды, водохранилища, соленые и солоноватые водоемы — богаты кислородом, но подвержены различным загрязнениям, поэтому пользоваться водой открытых источников нужно осторожно.

Воды ручьев и рек, особенно текущих в горах, отличаются высоким содержанием кислорода. Их минерализация зависит от топографии, типа местности и растворимости нижнего слоя почвы в том районе, где они протекают. Географическая широта, время года, высота над уровнем моря, ширина и глубина реки и интенсивность турбулентности — все эти факторы влияют на концентрацию растворенных и взвешенных в речной воде веществ. По сравнению с другими источниками воды ручьи отличаются более значительными суточными и годовыми колебаниями температуры. Температура воды в ручьях близка к температуре окружающего воздуха. Разность температуры воды и воздуха зависит от размера ручья и ситуации, которая складывается в данный момент в его верхнем течении. В ручьях и реках обитают различные

организмы, попадание которых в бассейновую систему нежелательно, так как они могут стать конкурентами в питании, засорить запорную арматуру, явиться источником различных заболеваний. Многие ручьи и реки несут много ила или твердых взвесей, которые начинают оседать в бассейнах при уменьшении скорости течения. При использовании этой воды водозаборное сооружение должно предотвращать попадание речного мусора (листья, ветки, растения и т. п.), а также твердых взвесей в рыбоводные бассейны. Загрязненные ручьи и реки — плохой источник воды для форелевого хозяйства.

Вода прудов и озер содержит меньше кислорода, чем реки и ручьи. Температура воды в озерах, и в меньшей степени в прудах, более стабильна, чем в ручьях. Однако сезонные колебания температуры весьма значительны. Чем крупнее водоем, тем меньше диапазон колебаний и менее внезапны изменения его гидрохимического режима. Озера и пруды избавляются от загрязнения значительно медленнее, чем реки и ручьи. Количество взвешенных частиц в прудах и озерах обычно меньше, чем в реках, но источников всевозможных заболеваний здесь больше, чем в ручьях, так как вода в них непроточная.

В водохранилищах протекают специфические гидрологические гидрофизико-химические и гидробиологические процессы, отличающиеся от тех, которые наблюдаются в озерах, реках и каналах. Ведущими факторами, определяющими жизнь водохранилища, являются водообмен и уровенный режим. В водохранилищах различного типа водообмен может составлять от нескольких суток до нескольких лет. Амплитуда колебаний уровня воды в различных водохранилищах составляет от нескольких десятков сантиметров (для равнинных водохранилищ) до многих десятков метров (для горных водохранилищ).

В водохранилищах создается направленное движение воды к плотине и образуются зоны водоворотных циркуляций, когда вода перемещается по очень сложным замкнутым траекториям. Такая гидродинамическая структура определяет формирование и движение водных масс, термический, газовый и биогенный режимы, перемещение и осаждение минеральных и органических взвесей, протекание процессов самоочищения воды. По сравнению с реками и озерами вода водохранилищ обладает меньшей самоочищающей способностью, образуются застойные зоны, вода прогревается больше, чем в реках, особенно на мелководьях, происходят цветение воды, чрезмерное продуцирование биомассы водной растительности, что может вызывать значительные суточные колебания содержания кислорода в воде.

Здесь могут преобладать синезеленые водоросли, которые весьма выносливы. Удобрения и химикаты, смываемые дождями с полей в реки, городские сточные воды в конце концов попадают в водохранилища и эстуарии. Эти стоки являются прекрасным удобрением для синезеленых водорослей, которые все чаще, хотя бы в летний период, занимают доминирующее положение в экосистемах. Одноклеточные водо-

росли выделяют химические вещества, как полагают, фенольного ряда, которые отрицательно влияют на качество как пресной, так и морской воды. Глубокие изменения в воде начинают происходить еще до начала ее "цветения", когда синезеленые водоросли только начинают размножаться. Чем выше температура воды, тем сильнее отрицательное влияние синезеленых, зеленых и диатомовых водорослей на рыбу, особенно на молодь. При "цветении" изменение состояния водной среды связано с развитием растений. При этом отклонений от стандартных гидрохимических и гидробиологических показателей качества воды не наблюдается, однако происходит резкое усиление токсичности водной среды с одновременным резким уменьшением содержания перекиси водорода в воде.

Перекись водорода в толще воды находится в приповерхностном слое и у дна. Источниками ее образования являются ультрафиолетовые лучи, водоросли, которые выделяют перекись на свету, бактерии донного ила, которые способны разлагать сахара, аминокислоты, нефтепродукты, фенолы и т.д. Перекись расходуется в воде на окисление токсических веществ с помощью свободных радикалов. В настоящее время во многих странах перекись водорода добавляют в воду для улучшения ее качества. К использованию водохранилищ в форелеводстве необходимо подходить с большой осторожностью.

В реках, каналах, водохранилищах и особенно в стоячих водах могут наблюдаться суточные колебания рН, связанные фотосинтезом, рН может достигать высоких значений (вплоть до 9–10) в конце дня из-за образования щелочных карбонатов. Этому процессу способствует интенсивная инсоляция. Кислые воды отрицательно влияют на аппетит и рост форели, уменьшается потребление ею кислорода, создаются благоприятные условия для развития и распространения эпидемических заболеваний.

В форелеводстве используется и водопроводная вода, в которую для улучшения качества добавляют хлор или фтор, что оказывает на форель весьма нежелательное воздействие. Качество городской воды можно улучшить химическим методом, но это весьма дорого. Поэтому система городского водоснабжения является неудовлетворительным для форелеводства источником.

Морская вода содержит обычно около 35 г/л растворенных твердых веществ, т.е. соленость ее составляет 35 ‰ или 3,5 %.

При использовании морской и солоноватой воды возникают почти те же проблемы, что и при использовании озерной и прудовой воды. При выборе места для строительства берегового бассейнового хозяйства необходимо провести гидрологическое изучение района, включающее не только измерение скорости течений, температуры, солености воды и количества растворенного в ней кислорода, но и санитарную оценку степени загрязнения его промышленными отходами, сточными водами, инсектицидами, учесть степень "цветения" синезеленых водо-

рослей, оказывающих губительное воздействие на рыбу. Необходимо тщательно продумать систему водозабора, водоснабжения и сброса отработанной воды.

Для выращивания рыбы большое значение имеет изменение солености в прибрежной зоне, где происходят самые интенсивные и сложные перемещения воды и твердого вещества и где влияние стока рек и испарений может быть довольно значительным. В эстуариях, в устьях рек соленость изменяется от нулевой до океанической. Основным источником энергии для процессов перемещения вод и наносов береговой зоны являются волны и течения. С глубиной происходит довольно быстрое затухание волновых скоростей, поэтому воздействие волн на дно ограничивается обычно глубинами в несколько десятков метров и лишь во время наиболее сильных штормов волны проникают на глубину около 100 м. Поэтому создание водозабора на открытом побережье — весьма сложная задача. В связи с этим в рыбоводстве чаще всего используют воду бухт, заливов, проливов и эстуариев. В эстуариях наблюдаются приливы, стратификация вод, ветровые течения и т. д.

Движение вод в пределах эстуариев определяется действием приливо-отливных течений и волнений, а также величиной и режимом речного стока. Речной сток оказывает большое влияние на распределение солености в бухтах, заливах и эстуариях. На направление и интенсивность переноса воды в эстуариях влияют их объем и глубина, площадь акватории, сечение проливов, соединяющих их с морем. Дифференциация переноса вод с различными свойствами по горизонтам потока является основной особенностью гидродинамики эстуариев. В эстуариях возникает ярко выраженный эффект подъема вод — апвеллинг, который может быть использован при культивировании форели. Апвеллинг наблюдается на отдельных участках с пониженной (на 3–7 °С) поверхностной температурой и повышенной соленостью.

В прибрежной зоне, где поверхностные стоки незначительны и есть источники подземной морской воды, скважины, как правило, дают воду, колебания солености которой могут быть очень незначительными в течение длительного периода времени.

В заключение необходимо отметить, что в настоящее время процесс накопления в водоисточниках различных веществ, как свойственных природным водам, так и несвойственных им (в результате хозяйственной деятельности человека), т. е. загрязнение вод, продолжается. Существуют различные способы, помогающие определить степень загрязнения водоисточников, основанные на оценке изменения концентрации различных компонентов химического состава воды, показателей физических свойств, а также различных гидробиологических и микробиологических показателей. Наиболее разработанным способом является оценка загрязнения по содержанию кислорода в воде (табл. 18).

18. Классификация загрязненности воды по химическим показателям

Уровень загрязненности	Растворенный кислород			БПК ₅ , мг О ₂ /л	Окисляемость, мг О ₂ /л	Аммонийный азот, мг/л
	мг/л		% насыщения			
	Лето	Зима				
Очень чистая	9	14-13	95	0,5-1,0	1	0,05
Чистая	8	12-11	80	1,1-1,9	2	0,1
Умеренно загрязненная	7-6	10-9	70	2,0-2,9	3	0,2-0,3
Загрязненная	5-4	5-4	60	3,0-3,9	4	0,4-1,0
Грязная	3-2	5-1	30	4,0-10,0	5-15	1,1-3,0
Очень грязная	0	0	0	>10	>15	>3

ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ФОРЕЛИ

Для выращивания форели необходимо различное оборудование, предназначенное для водоподготовки, содержания рыбы, проведения рыбоводных операций и т. д.

Фильтрация воды. Избыточная концентрация остатков корма или продуктов жизнедеятельности в бассейне может сделать среду токсичной для рыбы. Кроме того, в поступающей в бассейн воде могут присутствовать взвеси, растворенные вещества или газы. Для очистки воды от вредных компонентов применяют различные методы фильтрации.

Механическую фильтрацию применяют для удаления твердых тел, органических коллоидов, детрита. Механические фильтры просты по конструкции и удобны в эксплуатации. В них твердые частицы задерживаются механически сеткой и собираются на ней. Неподвижный сетчатый фильтр устанавливается поперек потока воды вертикально или наклонно. Для очистки сетку вынимают и промывают с помощью обратного тока воды под напором. При высокой концентрации взвешенных частиц в воде очистка сетки становится затруднительной. В таких случаях необходимо применять прямоточные или радиальные вращающиеся сетчатые фильтры. Механическую очистку воды от взвесей обеспечивают непрерывнодействующие самопромывающиеся фильтры марки НСФ-50 мощностью 50 м³/ч.

Фильтр (рис. 4) работает следующим образом. Загрязненная вода по входному патрубку 6 подается в камеру I, проходит через фильтрующий элемент 3 в камеру фильтрата II и выводится через патрубок 9. Осадок удаляется обратным потоком отфильтрованной воды, поступающей под остаточным напором в промывной короб 4, который под действием электропривода перемещается по периметру цилиндриче-

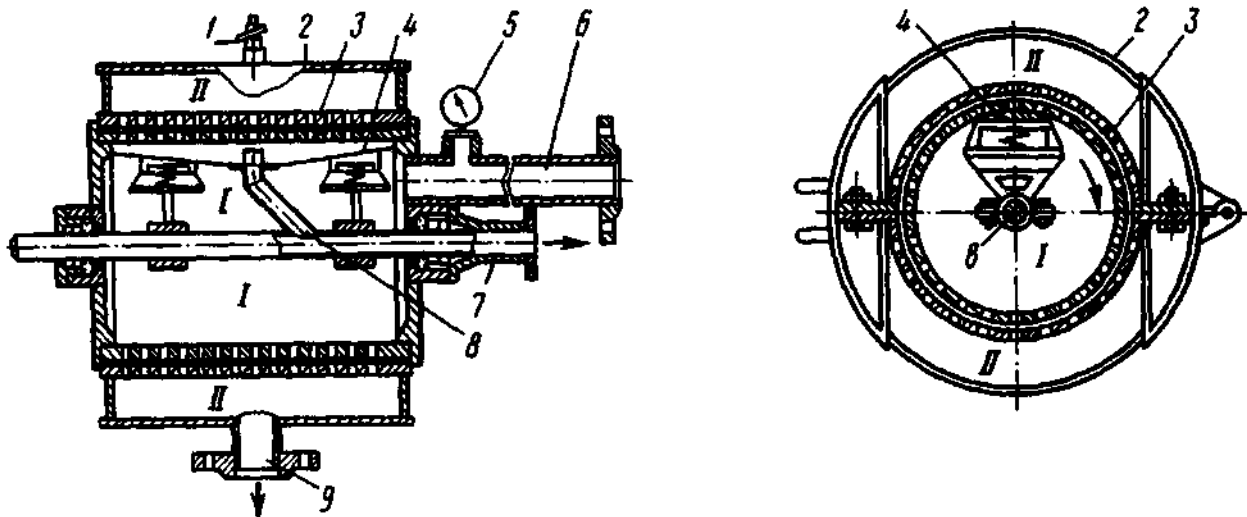


Рис. 4. Непрерывнодействующий самопромывающийся фильтр НСФ-50:

1 – воздушный вентиль; 2 – цилиндрический корпус; 3 – фильтрующий элемент; 4 – промывной короб; 5 – манометр; 6 – входной патрубок; 7 – патрубок для отвода отстоя; 8 – полый вал; 9 – патрубок для вывода очищенной воды

ского фильтрующего элемента 3. Осадок из фильтра отводится через короб 4, полый вал 8 и патрубок 7. Давление во входном патрубке контролирует манометр 5. Для удаления воздуха, накапливающегося в верхней части цилиндрического корпуса 2, предусмотрен воздушный вентиль 1.

Пензенский завод химического машиностроения выпускает быстродействующие самопромывающиеся фильтры марки БСФ производительностью от 65 до 2000 м³/ч. Вместимость и эффективность механических фильтров зависит от размера частиц фильтрующего материала.

Для уменьшения количества взвеси в воде применяют песчаные и песчано-гравийные фильтры, состоящие из одного или нескольких (до пяти) однородных слоев. Кроме того, применяют "быстрые" песчаные фильтры со значительно большей скоростью фильтрации, чем у песчаных или песчано-гравийных фильтров. В них вода, содержащая взвешенные примеси, и отфильтрованная подается и забирается насосами. Они задерживают частицы размером более 30 мк, фильтрация осуществляется с помощью всей толщи, а не только поверхностного слоя фильтра. "Быстрые" фильтры промываются с применением обратного тока воды под напором.

Дезинфекция воды. При культивировании форели в бассейновых установках при высокой плотности посадки наиболее серьезные заболевания, приводящие к массовой гибели рыб, вызываются бактериями, вирусами и другими одноклеточными организмами. Для борьбы с этими организмами проводят дезинфекцию воды, которую можно осуществлять с помощью ультрафиолетового облучения. Ультрафиолетовые лучи поражают вегетативные формы бактерий, споры грибов, вирусы, простейшие организмы. Эффективность ультрафиолетового

излучения зависит от длины волны (2600 Å), прозрачности воды, вида и количества микроорганизмов, поглощающей способности воды. Так, коэффициент поглощения у артезианских вод в 3 раза меньше, чем у поверхностных. При повышении температуры воды от 5 до 36 °С эффективность действия ультрафиолетового облучения увеличивается.

Загорский машиностроительный завод выпускает установки для обеззараживания воды бактерицидными лучами типа ОВ1П, ОВ-50, ОВ-150 мощностью 3,5 и 150 м³/ч. Установки рассчитаны на рабочее давление, не превышающее 8 кгс/см². Они применяются для обеззараживания воды из подземных источников цветностью не более 20 град, мутностью не более 1,5 мг/л и с содержанием железа не более 0,3 мг/л. Максимальное бактериальное загрязнение поступающей воды должно составлять не более 1000 шт/л кишечных палочек. Обеззараживание воды происходит под действием бактерицидного ультрафиолетового облучения на бактерии, находящиеся в воде. Обеззараживаемая вода движется непрерывным потоком в корпусе установки по спирали вокруг кварцевого цилиндрического чехла, внутри которого размещена бактерицидная лампа.

В настоящее время все чаще в качестве обеззараживающего средства применяется озон, эффективность действия которого зависит от времени контакта и дозы. Озон при концентрации 15 мг/л за 15 с полностью уничтожает бактерии и вирусы и окисляет значительное количество растворенных органических веществ. При помощи озона можно снизить концентрацию железа в пресной воде с 9,5 до 0,07 мг/л. Озон имеет преимущества перед другими окислителями, так как не вызывает загрязнения воды и вырабатывается на месте потребления.

Аэрация воды. Аэратор следует выбирать с учетом особенностей водоподающей системы, эффективности аэрации в зависимости от температуры, содержания растворенного кислорода в поступающей воде и свойств воды.

Существуют три типа аэраторов, пригодных для бассейнового выращивания рыбы: гравитационные, распылительные и эжекторные. Увеличение содержания кислорода в воде с помощью гравитационного аэратора достигается за счет увеличения площади контакта воды с воздухом при использовании энергии падающей воды. Распылительные аэраторы (распылители) распыляют воздух или кислород в воде в виде пузырьков. В аэраторах эжекторного типа вода под давлением, создаваемым насосом, подается в эжектор вместе с воздухом. В зоне смешивания воздуха и воды при сильной турбулентности происходит мгновенное поглощение кислорода.

В условиях механической подачи воды хорошо зарекомендовали себя аэрационные установки гравитационного типа (не требующие дополнительных энергетических затрат), в которых используется энергия, высвобождающаяся при падении воды (рис. 5). При низком содержании в воде растворенного кислорода (0,2–2 мг/л) установки позво-

Рис. 5. Схема аэрационной (дегазационной) установки мощностью 50 л/с

ляют довести его до 80 % насыщения, а при высоком (140–150 % насыщения), когда в воде одновременно с кислородом присутствует слишком большое количество азота, — снизить его до 105 % и содержание азота привести к норме.

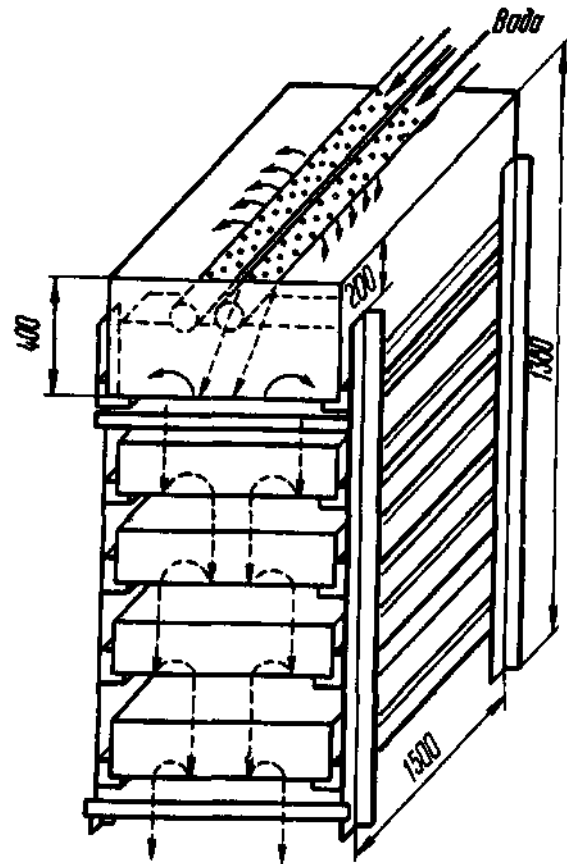
При различных методах аэрации в зависимости от состава воздуха, парциального давления, растворимости газов и температуры в воде при нормальном атмосферном давлении может быть растворено строго определенное количество кислорода и других газов (см. табл. 1), называемое равновесной концентрацией и принимаемое за 100 % насыщения.

При аэрации воды, основанной на продувании атмосферного воздуха через распылители, когда мельчайшие пузырьки воздуха по мере прохождения через толщу воды обогащают ее кислородом, обычно 80–90 % воздуха проходит через обрабатываемую воду, не выполняя никакой полезной функции. Вследствие продувания воздуха через воду может повыситься турбулентность в бассейнах с рыбой, снизится прозрачность воды, в результате чего объект выращивания станет невидимым и исчезнет возможность контролировать его состояние. По такому принципу работает подавляющее большинство аэраторов.

Применение "воздушной" аэрации эффективно при повышении содержания растворенного кислорода с 0 до 4 мг/л, этот процесс идет достаточно интенсивно до достижения концентрации 5–7 мг/л. Дальнейшее увеличение содержания растворенного в воде кислорода (более 7 мг/л) с помощью аэрации требует высоких энергетических затрат и времени, что делает аэрацию экономически невыгодной.

При аэрации же воды под давлением возрастает не только содержание кислорода, но и других газов, в частности азота, который будет постоянно накапливаться в бассейне, так как в отличие от кислорода азот не расходуется в ходе биохимических процессов. Даже незначительное перенасыщение воды азотом (табл. 19) вызывает у форели газопузырьковую болезнь и приводит к ее гибели.

Оксигенация воды. Помимо аэрации воды воздухом, может применяться насыщение воды чистым кислородом — жидким или газообразным, т. е. оксигенация. В 1 м³ кислорода при нормальном атмосфер-



19. Предельная концентрация азота, вызывающая у форели газовую эмболию при перенасыщении воды воздухом, %

Возрастная группа	Азот	Кислород
Подрощенные личинки	102–104	120–170
Мальки	105–110	250–300
Молодь и товарная рыба	110–115	350

ном давлении содержится в 4,8 раза больше кислорода, чем в воздухе.

Уменьшение отхода икры радужной форели, ускорение роста и развития эмбрионов происходят при концентрации кислорода в воде, превышающей 100 %-ное насыщение в 2–3,5 раза.

При культивировании форели во всех случаях, когда необходимо проводить аэрацию воды и когда ее количество ограничено, экономически выгоднее осуществлять оксигенацию воды. Применяя оксигенацию, можно увеличить плотность посадки рыбы, получить годовую продукцию свыше 400 кг/м³, уменьшить расход воды, при механической подаче воды – сократить расходы на электроэнергию. Высокое содержание кислорода стимулирует рост форели за счет лучшего усвоения корма. Использование кислородного генератора ХОРВОХ шведского производства позволяет получать 0,93 кг кислорода на каждый затраченный киловатт-час.

В существующих установках по насыщению воды кислородом (оксигенаторах) 90–95 % кислорода растворяется в воде. В низконапорных оксигенаторах (рис. 6) обогащение воды кислородом достигает 350 % насыщения, т.е. 50 мг/л. Такая вода может подаваться непосредственно в рыбоводную емкость и тщательно перемешиваться

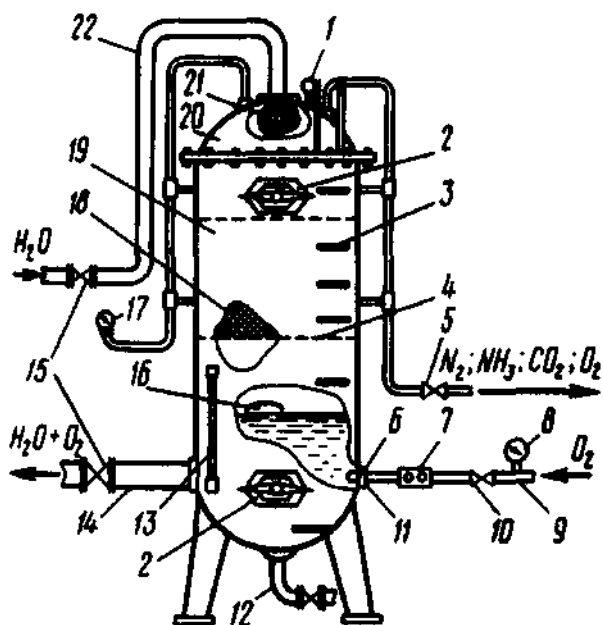


Рис. 6. Схема низконапорного оксигенатора:

1 – предохранительный клапан; 2 – смотровые люки; 3 – лестница; 4 – металлическая решетка (сетка); 5 – вентиль газосброса; 6 – поплавковый клапан; 7 – регулятор расхода кислорода; 8 – манометр кислородопровода; 9 – кислородопровод; 10 – вентиль подачи кислорода; 11 – штуцер кислородопровода; 12 – слив; 13 – уровенная трубка; 14 – трубопровод оксигенированной воды; 15 – регулировочные вентили (задвижки); 16 – поплавок; 17 – манометр оксигенатора; 18 – наполнитель (кольца Рашига); 19 – корпус; 20 – съемная крышка; 21 – разбрызгивающее устройство; 22 – напорный трубопровод

в ней. В напорных оксигенаторах насыщение воды кислородом до 60–100 мг/л и выше протекает под давлением от 0,5 до 3 атм, затем постепенно давление снижают в специальных устройствах, повторно используя выделяющийся кислород. Напорные оксигенаторы применяют при малом количестве свежей воды.

Оксигенатор представляет собой герметическую металлическую емкость в форме цилиндра с закрытыми торцами, в которой разбрызгивается вода. Он действует по принципу постоянного противотока – вода поступает сверху, а кислород – снизу. Внутри оксигенатора они смешиваются, и кислород растворяется в воде. При оксигенации можно использовать газообразный кислород, находящийся в металлических кислородных баллонах, вмещающих 8,6 кг кислорода, или сжиженный кислород, хранящийся в специальных резервуарах.

Кислородные генераторы XORBOX предназначены для отделения кислорода от воздуха. Для оптимальной работы кислородного генератора требуется, чтобы поступающий в него воздух находился под давлением 3–7 кг/см², время процесса отделения кислорода от воздуха – от 1 до 10 мин. Существующие модели кислородных генераторов производят от 0,6 до 15,8 кг/ч газообразного кислорода (рис. 7).

В связи с возможными аварийными ситуациями (отключение электроэнергии или поломка насосов) необходимо предусмотреть аварийное водоснабжение или подачу кислорода в бассейны через распылители. В случае прекращения подачи воды или кислорода для оксигенации при плотности посадки рыбы 100 кг/м³, концентрации кислорода в воде 8,5 мг/л и специфическом потреблении кислорода форелью 240 мг/(кг · ч) через 11 мин концентрация растворенного кислорода в бассейне упадет до 4 мг/л, которая близка к летальной.

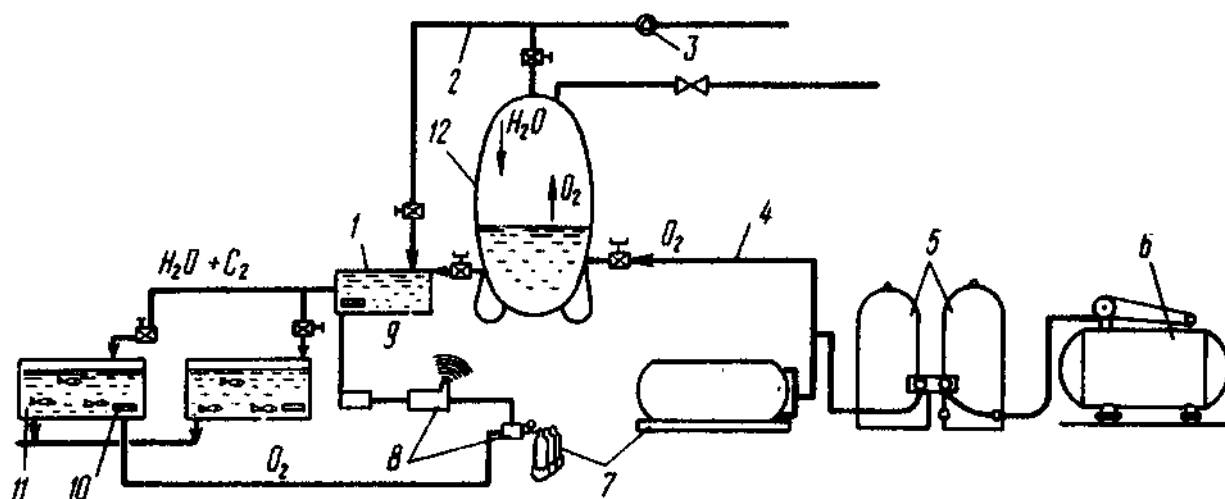


Рис. 7. Схема установки по насыщению воды рыбоводных бассейнов кислородом:

1 – смеситель; 2 – напорный трубопровод; 3 – насос; 4 – кислородопровод; 5 – кислородный генератор XORBOX; 6 – компрессор; 7 – источник жидкого и газообразного кислорода; 8 – приборы контроля, аварийной сигнализации и включения аварийной подачи кислорода; 9 – механизмы регуляции подачи воды и кислорода; 10 – распылители; 11 – бассейны; 12 – оксигенатор

Вся вода, предназначенная для выращивания рыбы, может проходить через оксигенатор. При этом содержание кислорода на выходе из оксигенатора должно соответствовать потребности рыбы в зависимости от температуры воды, индивидуальной массы рыбы, используемых кормов и т. д. При перенасыщении кислородом (от 250 до 350 %) вода может подаваться непосредственно в рыбоводную емкость в одном месте по касательной с образованием кругового течения или рассредоточиваться мелкими струями по всему бассейну. В обоих случаях должно быть обеспечено хорошее перемешивание поступающей воды с водой в бассейне. Часть воды, предназначенная для выращивания рыбы, проходит через оксигенатор и перенасыщается до 60–100 мг/л.

Содержание растворенного кислорода доводится до необходимого уровня путем смешивания оксигенированной воды с неоксигенированной до подачи в рыбоводную емкость. В перенасыщенной кислородом воде радужная форель равномерно распределяется в бассейнах.

Применение оксигенации при бассейновом выращивании радужной форели позволяет создавать необходимый уровень растворенного кислорода с незначительными его потерями при оксигенации, благоприятный режим водообмена в бассейне, использовать водоисточник с малым дебитом воды – и все это при небольшом расходе энергии и полном отсутствии газовой эмболии.

Для примера можно рассмотреть, что дает применение оксигенации при выращивании радужной форели массой 10 и 100 г при температуре воды 5 и 15 °С, интенсивности водообмена 1 и 3 раза в час. Расчет максимальной плотности посадки следует провести по формуле (3) (полагая, что насыщение воды кислородом после оксигенации составляет 250 и 350 %) и сравнить ее с плотностью посадки при 100 %-ном насыщении кислородом (табл. 20).

20. Максимально возможная плотность посадки радужной форели при оксигенации, кг/м³

Масса рыб, г	Водообмен, раз в час	Насыщение воды кислородом, %		
		100	250	350
<i>При температуре 5 °С</i>				
10	3	101,2	435,5	658,4
10	1	33,7	145,2	219,5
100	3	124,5	535,7	810,0
100	1	41,5	178,6	270,0
<i>При температуре 15 °С</i>				
10	3	19,2	112,0	173,1
10	1	6,4	37,3	57,7
100	3	23,8	138,8	214,5
100	1	7,9	46,3	71,5

Выращивание радужной форели в бассейнах при плотности посадки более 300–400 кг/м³ с рыбоводной точки зрения, видимо, нецелесообразно. Данные, приведенные в табл. 20, свидетельствуют о том, что при одном и том же водообмене применение оксигенации позволяет увеличить плотность посадки рыбы в 9 раз. Эффективность применения оксигенации зависит от температуры воды, при температуре 15–25 °С она выше, чем при температуре ниже 10 °С.

С экономической точки зрения при культивировании радужной форели имеет значение количество воды, затрачиваемое на 1 кг выращиваемой рыбы. По формуле (5) можно рассчитать расход воды со 100 %-ным насыщением для выращивания радужной форели массой 10 и 100 г при температуре 5 и 15 °С и применении оксигенации (табл. 21).

21. Расход воды на выращивание 1 кг форели с учетом окисления органических веществ, л/с

Температура воды, С	Масса рыб, г	Насыщение воды кислородом, %					
		100		250		350	
		На выращивание	На окисление	На выращивание	На окисление	На выращивание	На окисление
5	10	0,0074	0,0008	0,0017	0,0002	0,0011	0,0001
5	100	0,0060	0,0007	0,0014	0,0002	0,0009	0,0001
15	10	0,0390	0,0043	0,0067	0,0007	0,0043	0,0005
15	100	0,0314	0,0035	0,0054	0,0006	0,0035	0,0004

Как видно из табл. 21, с учетом использования 10 % кислорода на окисление иловых отложений, остатков корма, экскрементов и жидких выделений форели расход воды составляет от 0,001 до 0,007 л/с на 1 кг рыбы. Для рыбы массой 0,2 г при температуре воды 15 °С и 350 %-ном насыщении воды кислородом расход воды может снизиться до 0,0013 л/с на 1 кг.

В ГДР применение оксигенации воды при подращивании молоди форели позволило снизить кормовой коэффициент на 5–10 %, отход рыбы – на 10–30 % и при этом увеличить темп роста на 10–25 %, а расход воды снизить на 50 %.

Следовательно, применение оксигенации в индустриальном форелеводстве экономически целесообразно.

Инкубационные аппараты. Применяемые обычно в форелеводстве инкубационные аппараты по конструктивным особенностям и принципу действия делятся на три типа: аппараты с рыбоводными рамками – горизонтальные и вертикальные (инкубационные стеллажи) и аппара-

ты без рамок (стеклянные сосуды типа аппарата Вейса). Эти аппараты различаются вместимостью (количеством закладываемой икры на единицу площади рыбоводной рамки), расходом воды на единицу инкубируемой икры, возможностью выдерживания свободных эмбрионов и кормления их в течение двух недель после поднятия на плав, затратами труда на их обслуживание, формами и размерами, возможностью контроля за процессом эмбриогенеза, условиями профилактической обработки икры и т. д.

В лотковых инкубационных аппаратах сетчатые рыболовные рамки с икрой (или стопа из нескольких рамок) располагаются последовательно в горизонтальной плоскости. Из горизонтальных аппаратов в форелеводстве чаще всего применяются лотковые аппараты Аткинса, Шустера, Вильямсона, калифорнийские и ропшинские аппараты.

Выпускаются стеклопластиковые лотковые инкубационные аппараты марки КМ 01.2104017 (рис. 8), состоящие из лотка длиной 2240, шириной 490, высотой 215 и глубиной 165 мм. В инкубационном лотке устанавливаются четыре инкубационных ящика размером 470 x 470 мм, полезной площадью 0,14 м² каждый. Инкубационный лоток площадью 0,84 м² снабжен вертикальным уровнем стояком с верхним сливом воды и защитным экраном. Инкубационные ящики имеют перфорированное дно и наклонную стенку. Вода проходит через перфорированное дно, омывает икринки, а затем уходит через верхнюю перфорированную зону стенки ящика.

Каждый инкубационный ящик вмещает от 8,5 до 10,5 тыс. икринок, а сам инкубационный лоток — от 34 до 42 тыс. икринок. В аппаратах такого типа удобно проводить все операции с икрой, а также выдерживать свободных эмбрионов и подрашивать личинок до полного перехода на активное питание.

Аппараты можно располагать один над другим по 4 шт. в ряду. Расход воды составляет 0,005 л/с на 1 тыс. икринок или от 0,17 до 0,2 л/с на 1 инкубационный лоток.

Стеклопластиковые или изготовленные из оргстекла инкубационные аппараты типа аппарата Вейса также применяют для инкубации икры форели.

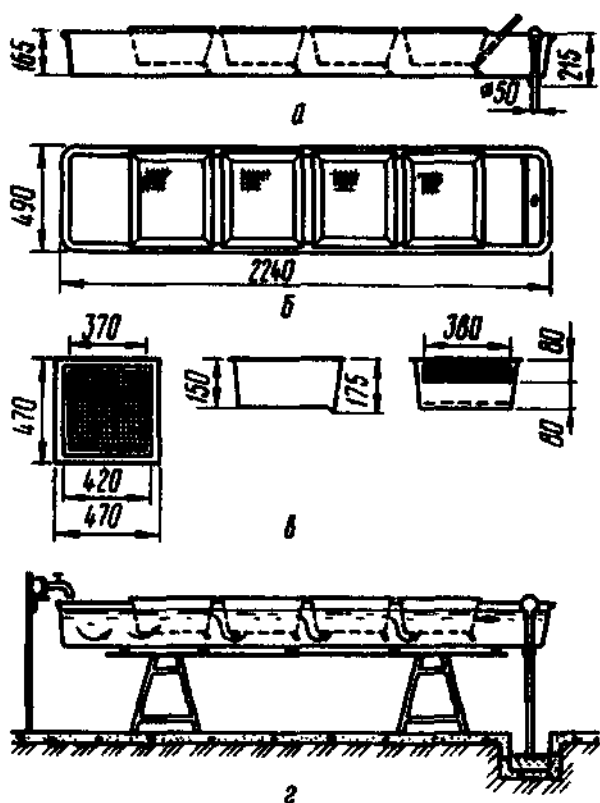


Рис. 8. Стеклопластиковый инкубационный аппарат лоткового типа:

а — вид сбоку; *б* — вид сверху; *в* — инкубационный ящик; *г* — схема установки аппарата

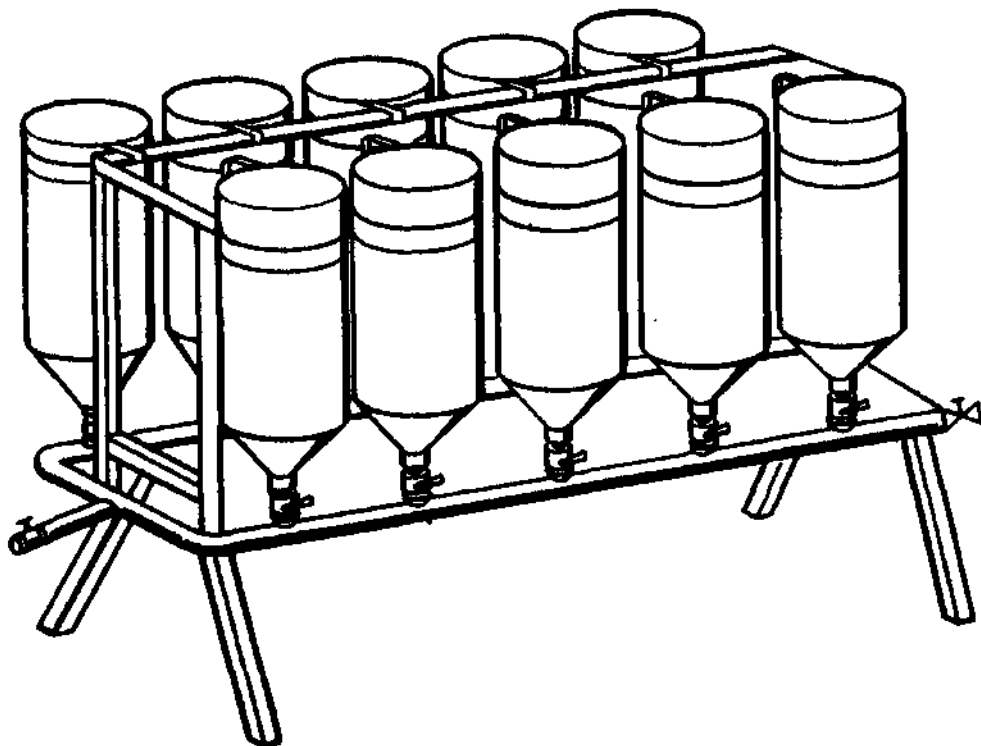


Рис. 9. Аппараты Вейса, используемые для инкубации икры форели

ли. Эти аппараты представляют собой сосуд цилиндрической формы (рис. 9), суживающийся книзу. В нижнее отверстие плотно вставлена металлическая трубка, через которую подают воду. Вместимость аппарата может составлять от 7 до 80 л, что позволяет инкубировать от 35–45 до 500–640 тыс. икринок. Эти аппараты занимают небольшую площадь, стоят сравнительно недорого, позволяют закладывать большие партии икры и экономно расходовать воду. Однако в них затруднен отбор мертвой икры, и они полностью непригодны для выдерживания свободных эмбрионов и подращивания личинок.

С ростом объема рыбоводных работ появились инкубационные аппараты вертикального типа. Наибольшее распространение среди них получили инкубатор Фостера–Робертсона и "Стеллажи" (США), "Энванг" (Швеция), "Риттай" (Япония), ИВТМ и ИМ (СССР). Эти аппараты дают возможность рационально использовать помещения в высоту и отличаются относительно низким потреблением воды. Существуют два вида инкубаторов: капельные аппараты, в которых инкубация происходит в мелкодисперсионной водо-воздушной смеси, и аппараты, в которых икра инкубируется в воде. В аппаратах вертикального типа удобно контролировать ход инкубации, отбирать мертвую икру, проводить профилактические мероприятия и в некоторых из них – выклев. Икру перед выклевом переносят в бассейны на рыбоводные рамки. В аппаратах кормление не производят. Вместимость одной секции аппарата – до 10 тыс. икринок, расход воды составляет от 0,08 до 0,25 л/с на 100 тыс. икринок. В аппаратах вертикального типа в передней части рамки может образоваться слабоомываемая зона.

В нашей стране выпускаются инкубаторы вертикального типа ИВТМ и ИМ. Вместимость аппарата ИВТМ составляет 280 тыс. икринок, которые закладываются в один-два слоя при расходе воды 1 л/с. Выключившиеся свободные эмбрионы через сетку рыбоводной рамки проникают на дно кюветы, где могут выдерживаться до начала кормления, затем они переводятся в мальковый бассейн. Вместимость аппарата ИМ составляет 300 тыс. икринок при расходе воды 0,25 л/с. Аппарат представляет собой 10 спаренных круглых кювет для икры (вместимостью по 30 тыс. шт.), установленных одна над другой на одном каркасе. Икру размещают на сетчатом дне внутреннего сосуда слоем до 8–10 см (10–15 рядов).

Икру на стадии пигментации глаз желательно перевести из аппарата ИМ на рыбоводные рамки, установленные в бассейне.

При выборе инкубационного аппарата необходимо учитывать качество и количество воды, навыки и опыт рыбовода, простоту и удобство обслуживания, наличие личиночных бассейнов и т. д.

Пруды, каналы, бассейны для культивирования форели. Несмотря на высокую стоимость строительства, прудовые и бассейновые хозяйства по сравнению с садковыми (морскими и пресноводными) имеют ряд преимуществ. Культивирование форели в садках в море связано с большим риском в связи со штормами. При высокой концентрации рыбы в садках происходит загрязнение воды остатками корма, экскрементами и т. д., что резко снижает ее качество. Кроме того, трудно осуществлять кормление рыбы (во время шторма его прекращают), сортирование, учет, профилактические мероприятия и т. д.

Классические пруды датского типа для выращивания товарной форели имеют длину 30 и ширину 10 м. Глубина пруда в месте подачи воды – около 1, а в месте спуска – около 1,7 м. Пруды бывают, как правило, земляные, реже – с облицованными бетоном откосами. Дно прудов галечное. В таком пруду можно выращивать до 1,5 т форели в год при расходе воды около 10 л/с.

Нагульные пруды для выращивания товарной рыбы имеют прямоугольную форму с соотношением сторон 1:10, глубина их составляет 1,2–1,5 м, площадь – 300–500 м². Кроме того, строят нагульные пруды в виде каналов длиной 115, шириной 12 и глубиной 1 м, в которых интенсивность водообмена достигает 1–1,2 раза в час. Однако при прудовом методе выращивания (даже в случае применения каналов) плотность посадки рыбы не превышает 25 кг/м³. При таких методах культивирования рыбой используется лишь небольшая часть рабочего объема прудов и каналов, при выращивании в каналах – только около 10–15 % его объема.

Эксплуатировать каналы и пруды неудобно, чистка их затруднена, проведение профилактических и рыбоводных мероприятий связано с большими трудностями. В настоящее время закладка новых прудов для производства форели все больше сокращается, так как не только

постоянный уход за прудами, но и выращивание в них рыбы требует больших затрат труда.

В США для выращивания молоди форели применяют прямоточные каналы, которые называются рейсвеями. Это неглубокие (0,25–0,5 м) шириной 1,5–3 м каналы, выполняемые из бетона и имеющие длину 100–300 м. Уклон в этих каналах составляет от 10 до 20 см на каждые 30 м длины. Рекомендуется двух- или трехразовая смена воды в час при фронтальной ее подаче. Эти каналы, как правило, разделяются металлическими сетками на короткие участки длиной до 30 м. Плотность посадки радужной форели колеблется от 24 до 32 кг/м³. В связи с тем что отработанная вода с верхнего участка проходит все последующие и содержание растворенного кислорода в ней падает, через определенные промежутки времени воду необходимо аэрировать. Во многих случаях участки располагаются ступенчато один над другим. Если нет недостатка в высококачественной воде, в рейсвеях можно выращивать большое количество форели при относительно небольших расходах воды. Недостатками являются возрастающее загрязнение рейсвеев в процессе течения воды и трудоемкость их очистки.

В некоторых странах для выращивания товарной форели применяют нагульные каналы (типа рейсвеев) длиной до 800 м, шириной до 6–7 м и глубиной не более 1,5 м. Вода поступает в канал фронтально по всему его поперечному сечению. В некоторых случаях применяют комбинированное водоснабжение отдельных отсеков: зависимое от расположенного выше отсека и независимое (вода подается по специальному трубопроводу из водоисточника). Как правило, из каждого отсека рыба может быть спущена в рыбоприемник по специальному трубопроводу. В зависимости от расхода воды плотность посадки может достигать 30–50 кг/м³. В выростных каналах легче, чем в прудах, проводить профилактические мероприятия, кормить и отлавливать рыбу, но расход воды в каналах значительно больше; чем в прудах. Кроме того, продукты жизнедеятельности форели из расположенных выше отсеков проходят через нижние, что, в общем, приводит к уменьшению рыбопродуктивности канала и вызывает или снижение плотности посадки, или увеличение расхода воды, или необходимость применения на промежуточных участках аэрации воды.

Высокая проточность канала обеспечивает хорошую самоочищаемость, заставляет рыбу активно плавать, что также важно, а глубина канала позволяет наблюдать за поведением рыбы. Скорость потока в каналах изменяется в широких пределах и зависит от плотности посадки рыбы, качества воды, интенсивности кормления, температуры, дебита водоисточника и т. д. Но для самоочищения каналов, а значит, и для экономии трудовых затрат необходима определенная скорость потока. Однако при скорости потока, достаточной для самоочищения каналов, рыба небольшого размера не способна противостоять току воды и удерживаться на месте. Кроме того, в каналах максимальная скорость воды наблюдается у поверхности, а у дна – снижается до нуля, что может приводить к появлению "мертвых зон" с дефицитом кислорода. Попадание форели в такие зоны вызывает у нее стресс и может привести к гибели.

В некоторых странах для выращивания посадочного материала массой до 40 г применяют прямоугольные прямоточные бетонные бассейны длиной 8–10 м, шириной от 1 до 2 м при уклоне дна 10–15 см и глубине до 1 м. Обычно применяют бассейны 10×2×1 м при уровне воды 0,7 м. Эти же бассейны могут быть использованы для выращивания товарной форели. Обычно интенсивность водообмена составляет от 3 до 6 раз в час. В зависимости от индивидуальной массы рыбы и качества воды конечная плотность посадки обычно составляет около 50, но при благоприятных условиях может достигать 100–150 кг/м³.

Раньше бассейны и пруды строили, как правило, из бетона, однако в результате быстрого развития технологии культивирования многие бетонные бассейны в настоящее время не используются. Бетон – износоустойчивый, недорогой ма-

териал, относительно легко принимающий желаемую форму с помощью опалубки, но он тяжел, поэтому сооружения из бетона, как правило, стационарные. Внутренняя поверхность бетонных бассейнов должна быть гладкой, что достигается специальной обработкой, а также непроницаемой для воды и микроорганизмов. Перед зарыблением бетонные бассейны необходимо тщательно промыть проточной водой для того, чтобы снизить рН.

Стеклопластиковые рыбоводные бассейны. Вероятно, разница между бассейнами и прудами заключается главным образом в их размерах и в меньшей степени — в строительном материале. В форелеводстве используются квадратные с закругленными углами или прямоугольные бассейны площадью от 1 до 30–40 м² и глубиной не более 1 м и круглые диаметром от 1 до 6–8 м, глубиной не более 1,8 м и площадью дна от 0,8 до 30–50 м². Эти бассейны, сборные или монолитные, изготавливаются из пищевого алюминия, нержавеющей стали, стеклопластиков, полиэтилена, винила, акрила и т. д. и все реже из бетона.

Современное форелеводство предъявляет к бассейнам следующие требования: их внутренняя поверхность должна быть гладкой, чтобы при соприкосновении с ней рыба не травмировалась, бассейны должны быть самоочищающимися, не выделять токсических веществ в воду, быть прочными, удобными для транспортирования, доступными для очистки и стерилизации, коррозиестойкими, поверхность их не должна способствовать внедрению болезнетворных организмов в стенки бассейна.

Ейским судоремонтным заводом и Эстонским рыболовецким колхозом "Маяк" выпускаются различные стеклопластиковые бассейны для культивирования форели. Круглые бассейны имеют диаметр 1,5 и 5 м при высоте 1,3 и 1,7 м соответственно. В бассейне создается круговая циркуляция воды. Спуск воды осуществляется в центре бассейна через уровеньный стояк или донный водоспуск. Круглый бассейн может быть оборудован дополнительным сливом для рыбы. Этот слив соединен с трубопроводом для транспортирования рыбы к центральному сортировочному устройству, живорыбной машине и т. д., что способствует уменьшению доли ручного труда и предохраняет рыбу от повреждений. Круглый бассейн диаметром 1,5 м предназначен для выращивания молоди, а 5 м — крупной радужной форели массой 3–4 кг (рис. 10).

В центре бассейна вокруг уровеньного стояка (см. рис. 10) образуется "мертвая зона", которая тем больше, чем больше отношение диаметра бассейна к его глубине. Для этой зоны при подаче природной воды характерно низкое содержание кислорода. Однако в круглых бассейнах скорость течения обычно выше, чем в прямоугольных.

Круглые бассейны самоочищаются лучше при меньшем расходе воды, чем прямоугольные того же объема, что имеет большое значение в случае применения оксигенации. Круглые бассейны используются также для содержания производителей в нагульный и нерестовый период.

Специально для выращивания молоди радужной форели выпускают-

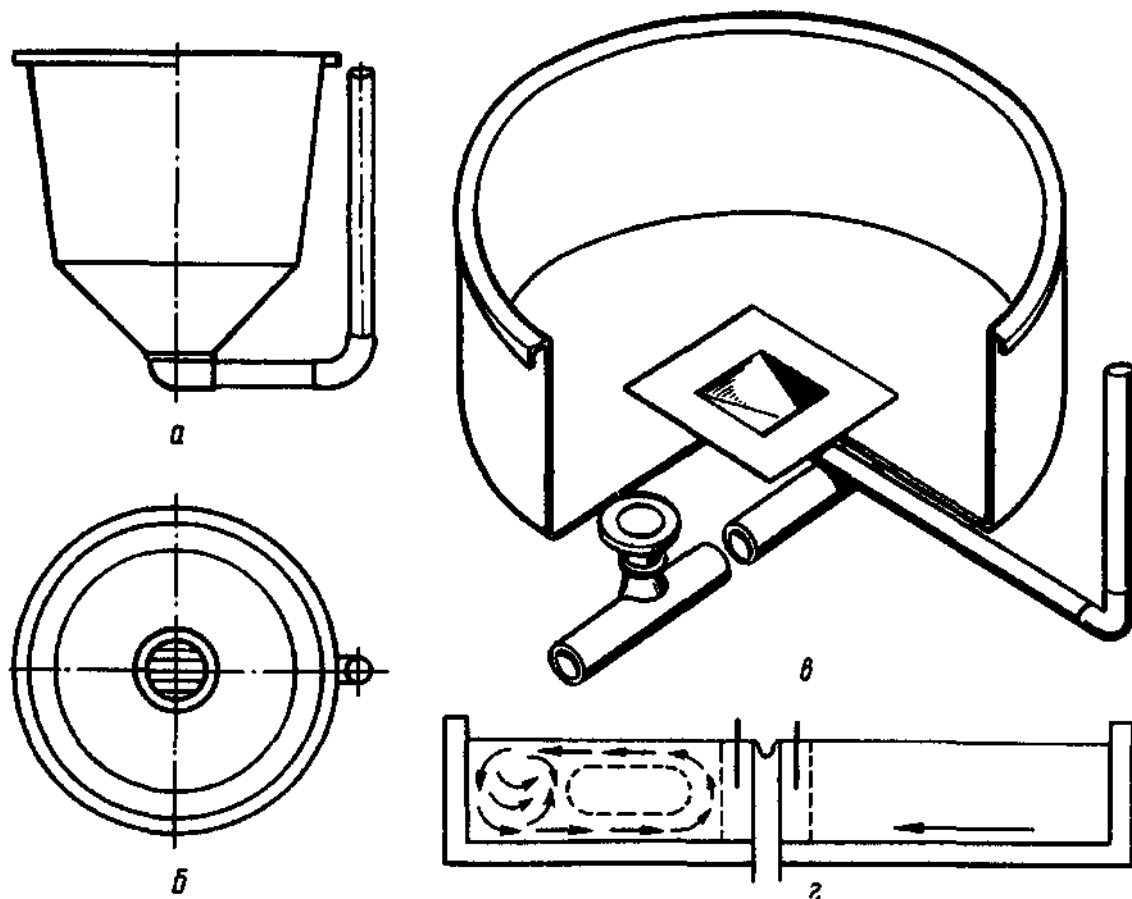


Рис. 10. Круглые стеклопластиковые бассейны диаметром 1,5 м для молоди и 5 м для товарной рыбы и ремонтно-маточного стада:

бассейн диаметром 1,5 м: *а* – вид сбоку; *б* – вид сверху; *в* – общий вид круглого бассейна диаметром 5 м; *г* – схема циркуляции воды в круглом бассейне

ся прямоугольные проточные стеклопластиковые бассейны длиной 2,5 и 3,7 м при ширине 0,8 и высоте 0,6 м (рис. 11). В центре бассейна ближе к водоспуску находится сетчатый съемный горизонтальный экран, закрывающий отверстие, из которого выходит полиэтиленовая труба диаметром 63 мм, переходящая в поворотный водоспуск телескопического типа. Если вынуть уложенную трубу из водоспуска, то вода со дна бассейна через сетчатый экран и дренаж уйдет в слив, а бассейн при этом очистится.

Циркуляция в прямоугольных проточных бассейнах может характеризоваться наличием "мертвых зон" и отдельных мелких завих-

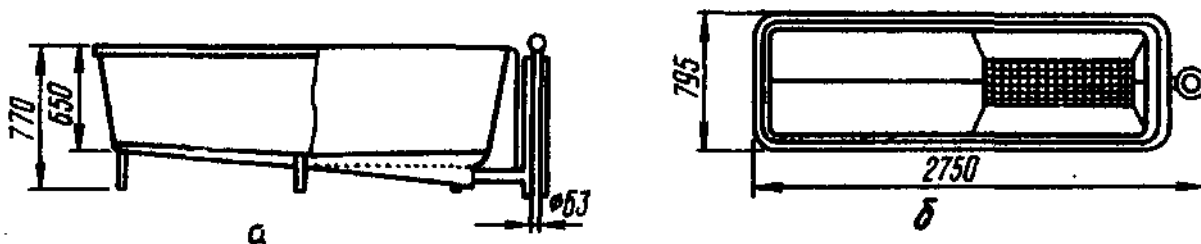


Рис. 11. Стеклопластиковый проточный бассейн для молоди:

а – вид сбоку; *б* – вид сверху

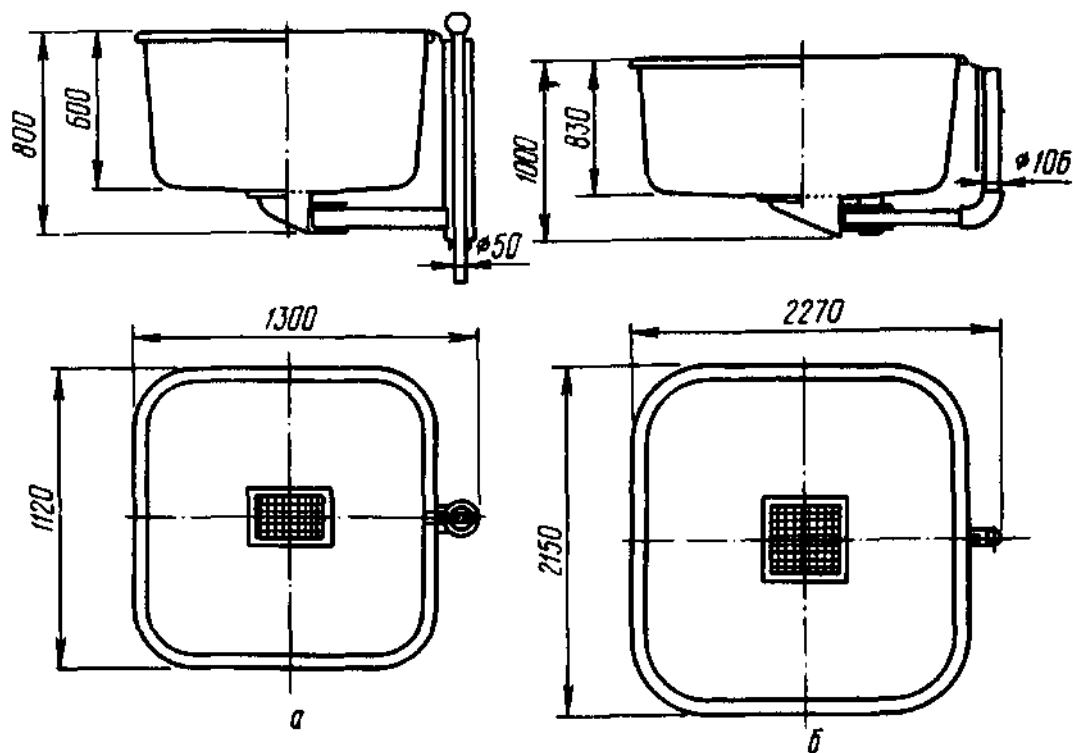


Рис. 12. Стеклопластиковые монолитные бассейны с закругленными углами:

а – для молоди; *б* – для товарной рыбы

рений. Продукты обмена могут скапливаться в "мертвых зонах", и могут появляться участки, обедненные кислородом. Нахождение рыбы в такой зоне приводит к стрессу, к гибели. Для того чтобы избежать этого явления, необходимо внимательно отнестись к конструкции втока и вытока в бассейне, расходу воды и другим параметрам. При недостаточной скорости потока в прямоугольных проточных бассейнах продукты жизнедеятельности и остатки корма скапливаются на дне бассейна.

При выращивании радужной форели в прямоугольных бассейнах рыбы могут скапливаться в одном из его углов, наплывать друг на друга, что приводит к дефициту кислорода в этом месте, а также к повреждениям рыбы.

В СССР выпускается целая серия квадратных стеклопластиковых бассейнов с закругленными углами, как монолитных, так и сборных секционных, размером от 1 × 1 до 4 × 4 м и глубиной до 1,2 м. На рис. 12 представлены два типа монолитных бассейнов, позволяющих выращивать радужную форель до достижения ею массы 5 г (бассейн 1 × 1 × 0,6 м) и форель массой 5–80 г (бассейн 2 × 2 × 0,8 м).

В бассейнах секционного типа размером 4 × 4 × 1 м можно не только выращивать товарную рыбу, но и содержать ремонтно-маточное стадо (рис. 13). Все эти бассейны оснащены донным водоспуском, расположенным в центре, и вынесенной наружу сливной арматурой поворотного, телескопического или комбинированного типа, съемными сливными

Рис. 13. Стеклопластиковый секционный бассейн:

a – вид сбоку; *б* – вид сверху

решетками с различным размером ячеек. Циркуляция воды в квадратных бассейнах с закругленными углами имеет, очевидно, почти тот же характер, что и циркуляция в круглом бассейне.

При использовании и пресной, и морской воды стеклопластиковые бассейны отличаются многими преимуществами. С их помощью возможно:

- увеличить плотность посадки рыбы до 100–150 кг/м³ при высокой интенсивности водообмена;
- снизить потребность в площади для бассейновых установок;

- экономно использовать воду;
- осуществлять визуальный контроль за рыбой в любое время;
- осуществлять контроль за санитарным состоянием и проводить профилактические мероприятия;

- избегать появления "мертвых зон" при правильной конструкции водоподачи и водоспуска;

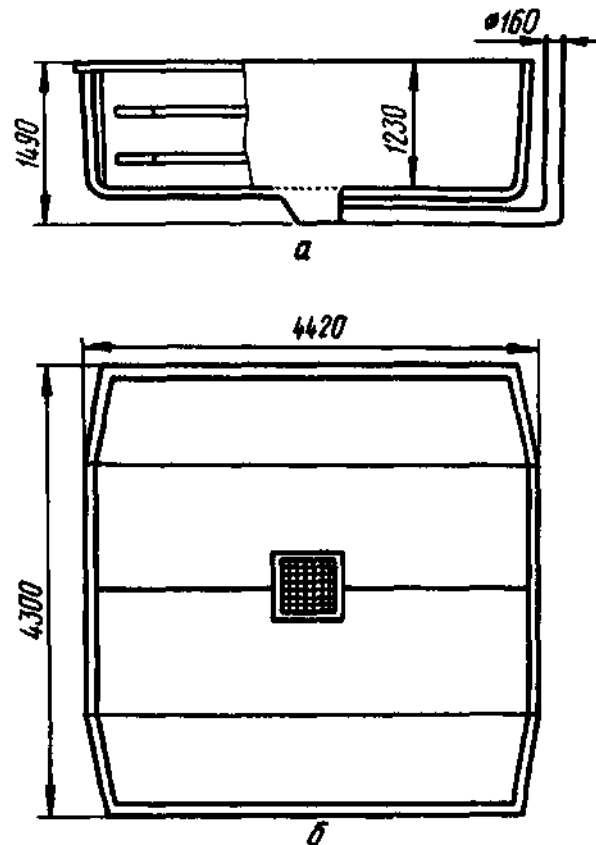
- добиться самоочищения при определенной скорости потока в бассейне;

- свести к минимуму потери от рыбадных птиц и животных;
- поместить бассейновые установки под крышу, что значительно улучшит условия труда рыбоводов, а также даст возможность создать нужную освещенность и уменьшить или полностью ликвидировать обрастание бассейнов;

- автоматизировать процесс кормления рыб;
- уменьшить трудозатраты при эксплуатации (по сравнению с прудами и каналами).

Для культивирования форели различной массы в морской, пресной и смешанной воде рекомендуется использовать различные стеклопластиковые бассейны (табл. 22).

При эксплуатации рыбоводного оборудования необходимо помнить, что внутренний декоративный слой стеклопластикового оборудования чувствителен к абразивному воздействию, а само оборудование – к механическим ударам. Бассейны чувствительны к режиму



22. Рекомендуемый размер бассейнов (+) и уровень воды при культивировании форели

Марка бассейна	Размеры, м				Уровень воды, м	Масса рыб, г				
	длина	ширина	высота	глубина		0,3-5	5-20	20-50	50-150	более 150
КМ 02.101004	1,3	1,1	0,5	0,4	0,1-0,2	+	-	-	-	-
КМ 02.101006	1,3	1,1	0,8	0,6	0,1-0,4	+	+	-	-	-
ИЦА-1	1,7	1,5	0,8	0,5	0,1-0,3	+	+	-	-	-
КМ 02.202005	2,3	2,1	0,7	0,5	0,1-0,3	+	+	+	-	-
КМ 02.202008	2,3	2,1	1,0	0,8	0,1-0,6	-	+	+	+	-
ИЦА-2	2,3	2,0	0,7	0,5	0,1-0,3	+	+	+	-	-
КМ 03.404010	4,4	4,3	1,3	1,0	0,1-0,8	-	-	-	+	+
КМ 02.2508065	2,7	0,8	0,8	0,6	0,1-0,4	+	+	+	-	-
КМ 02.3707060	3,8	0,8	0,7	0,6	0,1-0,4	+	+	+	+	-
ЛС-3	3,0	1,0	1,0	1,0	0,1-0,8	+	+	+	+	-
КМ 02.1515	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	+	+	-	-	-
КМ 02.5017	5,0	5,0	1,7	1,7	1,5	-	-	-	+	+

эксплуатации, и их необходимо устанавливать так, чтобы давление воды было равномерно распределено по всей площади дна.

Опыт эксплуатации экспериментальной лососевой базы в зоне влажных субтропиков с повышенным содержанием морской соли в воздухе в течение длительного времени показал, что обычные стальные емкости, трубы, запорная арматура, электронасосы для пресной воды оказались непригодными для этих условий и морской воды.

Практикой доказано, что строительство бассейнов из бетона для выращивания рыбы малоперспективно из-за быстрого развития технологии культивирования.

Целесообразно использовать легкие конструкции, которые можно легко демонтировать, заменить, привести в соответствие с требованиями новой технологии.

В настоящее время производится отечественное стеклопластиковое рыбоводное оборудование, позволяющее осуществлять весь технологический процесс выращивания радужной форели, начиная с инкубации икры и кончая содержанием производителей, которое хорошо себя зарекомендовало при работе как с пресной, так и с морской водой.

Оборудование для водоподачи. Желоба предназначены для снабжения водой инкубаторов и питомников.

Выпускаются желоба двух типов – размером 400×400 и 400×200 мм (длиной 3000 мм). Они снабжаются необходимым количеством тройников, крестовин, отводов и подставок (рис. 14).

Хорошими эксплуатационными качествами при использовании морской и пресной воды обладает запорная арматура условным диамет-

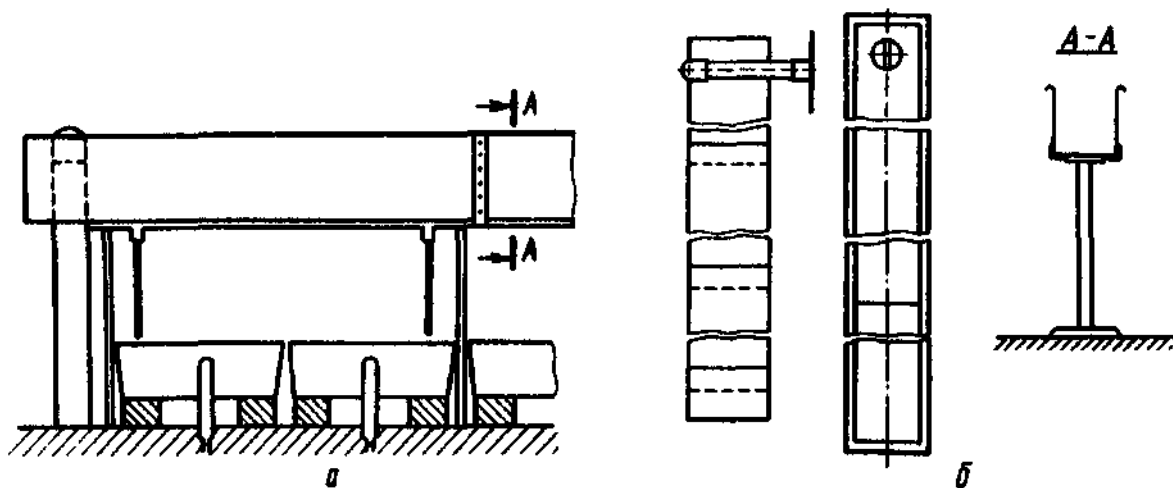


Рис. 14. Водораспределительные устройства:

а – схема установки; *б* – водораспределительный желоб

ром 50 и 100 мм (рис. 15), изготовленная из полиэтилена высокой плотности: трубы наружным диаметром 63 и 110 мм тяжелого типа, заглушки диаметром 50 и 100 мм, тройники – 50×50 и 100×100 мм и переходные патрубки под отводы – 50 и 100 мм.

Кормораздатчики, автокормушки. Во многих отечественных форелевых хозяйствах кормление форели до сих пор производят вручную путем разбрасывания гранулированного корма по поверхности воды. В целях улучшения процесса кормления и экономии рабочей силы применяют кормораздатчики, и автокормушки.

Автокормушки – это устройства, которые выдают корм по требованию рыбы, которая для этого отклоняет маятник или дергает за бусинку, поэтому необходимо выработать у рыбы соответствующий рефлекс. Среди рыбоводов нет единого мнения в отношении использования автокормушек. Одни считают, что в стае, когда форель потребляет больше корма, чем в одиночку, это ведет к неэкономному его использованию, может наблюдаться переедание и, как следствие, ожирение печени, поэтому необходимо нормировать суточную дозу корма. Другие предпочитают кормить форель из автокормушек и при этом не отмечают избыточного потребления корма.

Кормораздатчик – это устройство, которое выдает корм рыбе по строго определенной программе, составленной рыбоводом. Кормораздатчики могут иметь механический, электрический, пневматический

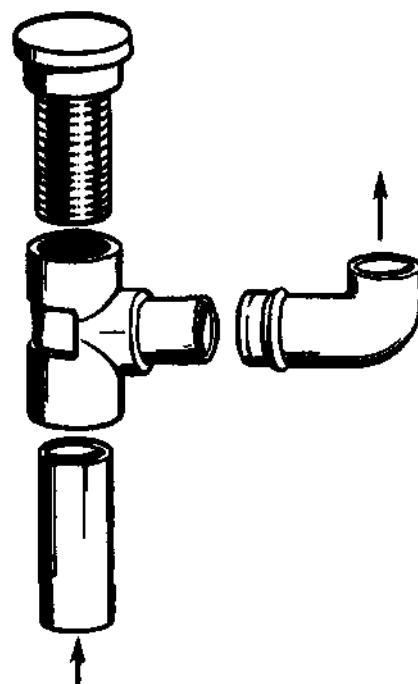


Рис. 15. Полиэтиленовый кран диаметром 50 мм

или гидравлический привод. Поэтому для автоматического кормления рыбы используется целая система, которая состоит из понижающего трансформатора переменного тока (с 220 до 24 В), операционного и паузного таймера, т.е. блока управления, который позволяет подключить к нему определенное количество кормораздатчиков. Для пневматических кормораздатчиков дополнительно требуются компрессор и шланги вместо электропроводки для подведения воздуха к раздатчикам.

Сегодня налажено производство кормораздатчиков с электроприводом для молоди форели марки ИКВ, вместимость бункера которых составляет 2,5 л. К ним выпускается блок управления МА, позволяющий регулировать продолжительность и частоту кормлений одновременно для 40 кормушек серии ИКВ (рис. 16).

Подбор типа кормораздатчика производится с учетом индивидуальной массы рыбы, количества и массы всей выращиваемой рыбы и разме-

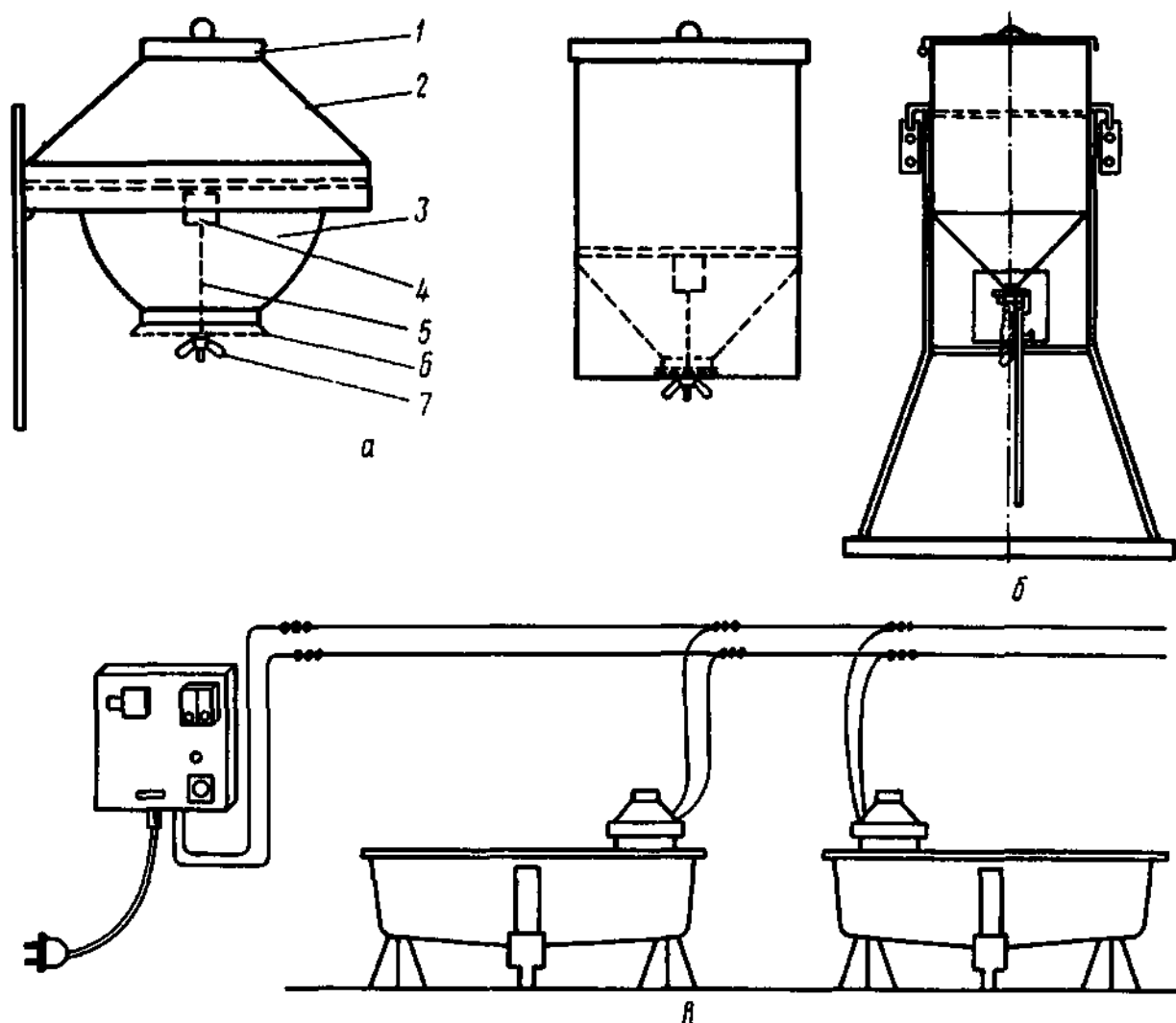


Рис. 16. Устройства для механической раздачи корма в стеклопластиковых бассейнах:

а – кормораздатчики: 1 – крышка, 2 – бункер, 3 – подвод питания, 4 – электродвигатель, 5 – вал, 6 – распределительный диск, 7 – регулировочная гайка; *б* – автокормушка; *в* – схема установки кормораздатчиков

ра бассейна. При монтаже кормораздатчика распределительное устройство располагают вблизи поверхности воды. Кормораздатчики должны быть смонтированы на устойчивом основании и в то же время не мешать проведению рыбоводных операций в бассейне. Кормораздатчик должен быть легкодоступен для регулирования и заполнения кормом бункера.

При использовании кормораздатчиков и кормушек снижается контроль за выращиваемой рыбой. В хозяйствах с переменными условиями среды обитания применение кормораздатчиков может дать отрицательный результат. В хозяйствах же с относительно постоянными условиями содержания затраты труда за счет применения автоматических кормораздатчиков уменьшаются. Следовательно, в каждом конкретном случае необходимо проанализировать, какие возможности имеются для автоматизации кормления форели в условиях данного хозяйства и какой экономический эффект это может дать.

Автоматизация. Создание автоматизированной системы кормления с применением ЭВМ позволяет увеличить объем производства товарной форели, повысить эффективность ее выращивания и сократить долю ручного труда. Кроме того, создание автоматической системы измерения и контроля таких параметров среды, как содержание растворенного кислорода, температура, рН, содержание аммиака, уровень загрязнения водисточников и бассейнов, дает возможность улучшить ведение технологического процесса.

Система автоматического кормления рыбы должна быть надежной во избежание значительных экономических потерь. Она также должна предусматривать возникновение различных опасных для рыбы ситуаций.

Автоматизация кормления рыбы предполагает проведение расчета количества корма в зависимости от содержания растворенного кислорода, температуры воды, рН, индивидуальной и общей массы рыбы с использованием научно обоснованных норм кормления. При автоматизированной системе кормления должно осуществляться согласование программ, заложенных в ЭВМ, с конкретными условиями выращивания форели. Так, количество растворенного в воде кислорода является фактором, ограничивающим кормление, поэтому норма выдачи корма должна соответствовать содержанию кислорода в бассейне. При автоматизации кормления учитывается ежесуточный прирост рыбы. Интенсивность кормления может быть либо постоянной в течение всего дня, либо переменной. Оператор должен иметь возможность задать максимальную или минимальную интенсивности кормления на первую или вторую половину дня.

Введение автоматизации кормления рыбы позволяет привлечь обслуживающий персонал хозяйства к выполнению других операций, что повышает эффективность работы хозяйства, увеличить на 40 % темп роста рыбы, но кормовой коэффициент при этом оказывается выше, чем при ручном кормлении.

Применение ЭВМ в форелеводстве позволяет накапливать следующую информацию: количество рыб в каждом бассейне, их средний вес, общий вес рыбы за период выращивания, отход, суточные дозы корма, расход корма, кормовой коэффициент, использование корма, кроме того, расход воды в каждом бассейне и общий, скорость течения в бассейнах, содержание растворенного кислорода, температура, рН, концентрация аммиака, суммарное тепло используемой воды (градусодни), продолжительность светового периода. Все эти данные необходимы для рационального ведения процесса выращивания. Вся информация, относящаяся как к данному, так и к любому другому дню, может выводиться на экран дисплея.

Приборы контроля за качеством воды. Отечественная промышленность выпускает различные приборы для контроля за качеством среды, и в частности термооксиметр Н-20-ИОА, который изготавливает межколхозная судовой верфь Эстрыбакколхозсоюза. Термооксиметр предназначен для определения концентрации кислорода и температуры водной среды в рыбоводных хозяйствах. Питание прибора автономное, диапазон измерения концентрации кислорода — от 0 до 20 мг/л, а температуры воды — от 0 до 35 °С. Прибор имеет автоматическую температурную коррекцию, снабжен запасным преобразователем концентрации кислорода и сумкой для работы в полевых условиях.

Отечественный портативный измеритель концентрации диоксида углерода УТ-8107, который состоит из датчика, измерительного блока и соединительного кабеля, предназначен для измерения концентрации диоксида углерода в производственных и полевых условиях. Основная погрешность измерения составляет не более $\pm 5\%$.

Отечественный портативный измеритель концентрации аммиака УТ-8108 состоит из датчика, измерительного блока и соединительного кабеля и предназначен для измерения концентрации аммиака в производственных и полевых условиях. Основная погрешность измерения — не более $\pm 5\%$.

Оба прибора имеют автономное питание и цифровую индикацию на светодиодах, что обеспечивает их эксплуатацию в различных климатических и природных условиях при любой освещенности. Принцип действия обеспечивает непрерывность контроля за содержанием диоксида углерода и аммиака в воде непосредственно в месте измерения, не требует отбора проб и других дополнительных операций.

Для измерения солёности воды можно использовать ареометр. С его помощью определяют плотность воды, а затем по специальным таблицам — солёность. Кроме того, определение солёности можно осуществлять с помощью рефрактометра при наличии шкалы солёности, если же она отсутствует, солёность находят путем пересчета.

Портативный прибор японского производства "Хориба" модели U-7, работающий автономно на аккумуляторе, предназначен для измерения пяти параметров водной среды: рН, температуры, растворенного

в воде кислорода, солености через электропроводность и мутность воды в полевых или лабораторных условиях. Все датчики прибора расположены в одном водонепроницаемом блоке. При включении в рабочее состоянии находятся все датчики прибора. При помощи переключателя можно измерить любой из вышеперечисленных параметров. В этой модели использованы светодиоды для индикации измеренного значения на дисплее.

Недостатком измерительных приборов является то, что они должны работать постоянно, в противном случае приборы выходят из строя. Кроме того, они требуют периодической калибровки.

Электронасосы и теплонасосы, теплообменники, аварийная сигнализация. В современном форелеводстве все чаще приходится прибегать к помощи электронасосов. Они достаточно эффективны и надежны при правильном подборе, правильной эксплуатации и соответствующем техническом обслуживании.

В настоящее время промышленность выпускает большое количество насосов различного типа, которые отличаются друг от друга мощностью, принципом действия, техническими характеристиками и возможностями применения. Правильный выбор типа насоса очень важен, так как затраты, связанные с перекачиванием воды, могут оказаться второй существенной статьей расхода в хозяйстве после затрат на корма. Поэтому необходимо точно знать расход воды в хозяйстве по месяцам и иметь набор насосов соответствующей мощности. Для морской воды должны применяться специальные насосы.

Применение механической подачи воды обуславливает использование системы автономной аварийной сигнализации, с помощью которой обслуживающий персонал оповещается об аварии, например отключении электроэнергии, выходе из строя насоса, громким звуковым или световым сигналом.

В аварийной сигнализации часто используются электроконтактные манометры (ЭКМ). При замыкании контактов датчиков отрицательный потенциал попадает на базу транзистора МП25Б и открывает его, при этом через эмиттер-коллектор начинает проходить ток. Загорается соответствующая лампочка, срабатывает общее реле звуковой сигнализации *P*, включается звуковой сигнал, второй контакт реле посылает сигнал в дежурный пункт оператора на аналогичную схему. Неработающий датчик можно отключить выключателем *T* (рис. 17).

В последние годы рыбоводы добились немалых успехов в уменьшении отрицательного воздействия окружающей среды, в частности температуры воды, на процесс выращивания форели.

В климатических условиях СССР вода имеет оптимальную температуру для выращивания форели лишь 3–6 месяцев в году. Продлить этот период помогают тепловые насосы, состоящие из электронасосов различной мощности и электрического подогревателя. Специальное

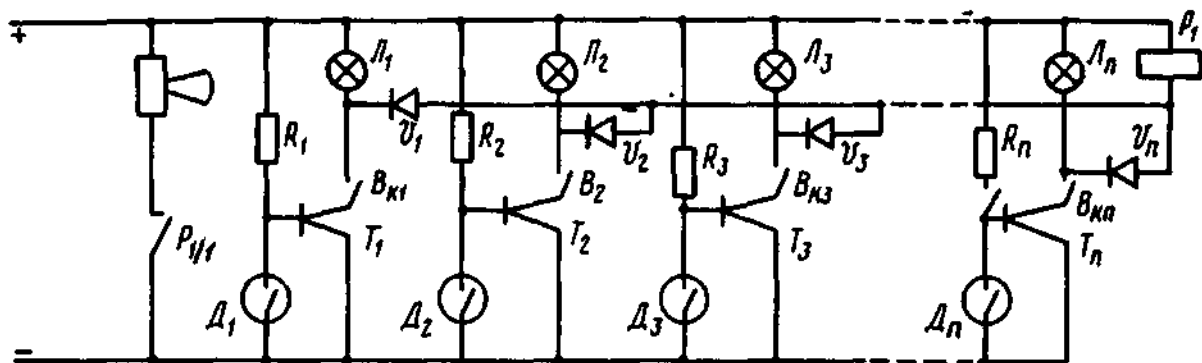


Рис. 17. Схема аварийной сигнализации:

D – датчики ЭКМ; T – транзисторы МП25Б; L – сигнальные лампочки; R – сопротивление МЛТ 0,25 4,3 к; V – диоды Д220 или Д226; B_K – тумблеры включения (выключения); P_1 – реле МКУ48; $P_{1/1}$ – контакты реле

оборудование позволяет использовать тепловые насосы в качестве охладителя.

Тепловые насосы имеют систему автоматического регулирования, снижающую потребление энергии при использовании насосов не на полную мощность. Для работы тепловых насосов необходимо специальное сантехническое оборудование, а также теплообменники, позволяющие использовать тепло отработанной воды или других теплоносителей. За рубежом в рыбоводстве широко применяют пластинчатые теплообменники, в которых теплота передается через разделенные уплотнениями металлические пластины. Группа пластин помещается между рамой и подвижной плитой и стягивается в пакет при помощи болтов. Локализация уплотнений, в частности кольцевых, позволяет направить поток жидкости на параллельно или последовательно подключенные группы пластин. Тип теплообменника, количество групп и пластин в нем могут быть различными в каждом конкретном случае. Для морской воды необходимо применять теплообменники из коррозиестойких материалов.

Оборудование для рыбоводных операций с икрой. При проведении различных технологических операций используются приспособления и оборудование, которые облегчают труд рыбовода и улучшают технологический процесс, причем это оборудование, как правило, не выпускается отечественной промышленностью, но может быть изготовлено в условиях хозяйства.

Устройство для сбора икры радужной форели состоит из двух деревянных ящиков треугольной формы, вставляемых один в другой (рис. 18). Наружный ящик выполняет функцию подставки для внутреннего. На боковых плоскостях верхней части наружного ящика имеются две пары прорезей, куда вставляются ручки внутреннего ящика. Острые углы ящиков обрезаны на 5–7 см и скреплены металлической пластиной. Дно внутреннего ящика изготавливается из металлической или синтетической сетки с размером ячеек 3–3,5 мм. Икру отцеживают

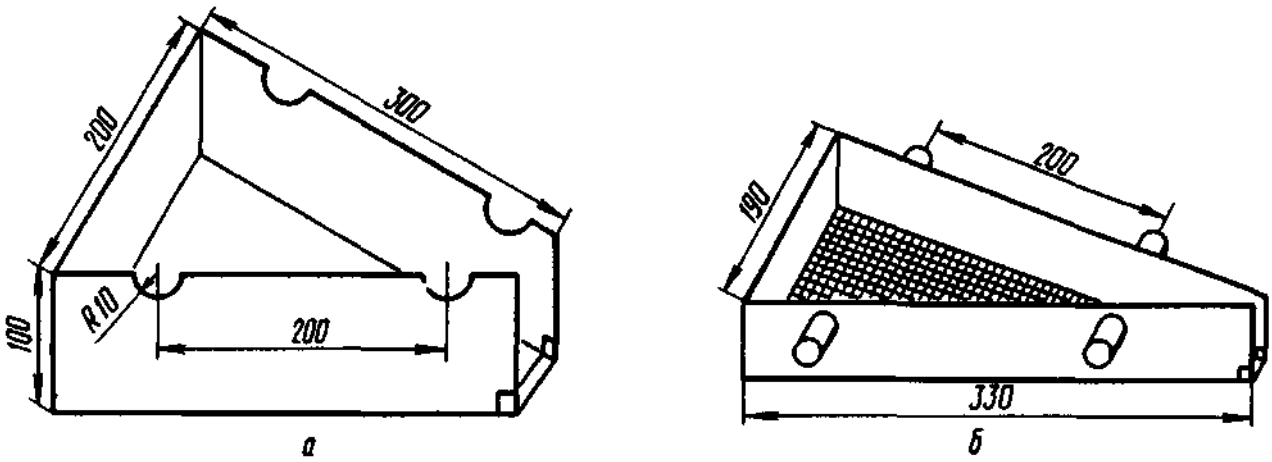


Рис. 18. Устройство для сбора икры:

a – наружный ящик; *б* – внутренний ящик

во внутренний ящик на сетку, визуально оценивают, полостная жидкость стекает, а затем при помощи ручек внутренний ящик извлекают и икру сливают в сухую эмалированную емкость для оплодотворения.

Для размещения емкостей с икрой во время ее набухания используют рыболовный стол (рис. 19). По всему периметру стола с нижней

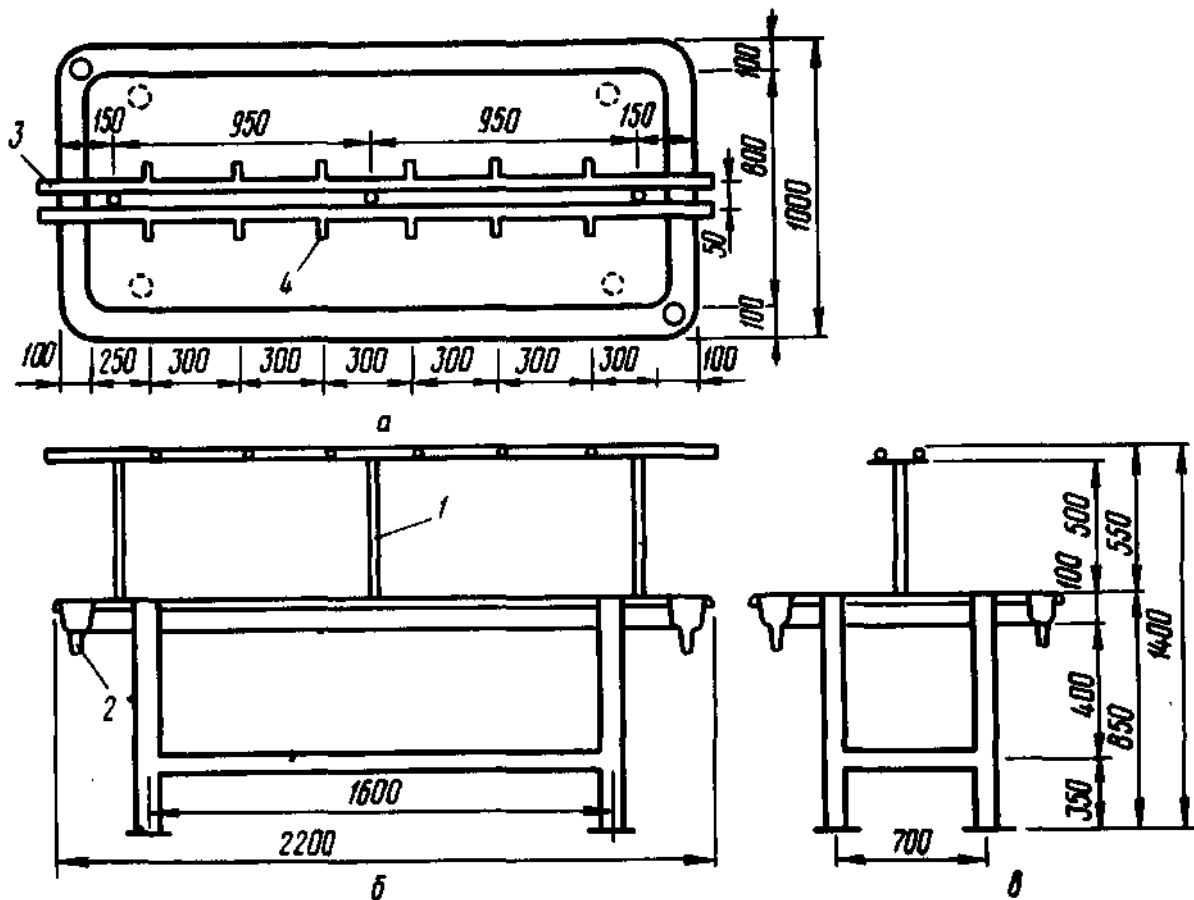


Рис. 19. Рыболовный стол для набухания икры:

a – вид сверху; *б, в* – вид сбоку; *1* – съемные кронштейны; *2* – отвод отработанной воды; *3* – водоподающие трубы; *4* – штуцеры для подвода воды к емкостям с икрой

стороны проходит замкнутый желоб для сбора отработанной воды. Посредине стола на трех съемных кронштейнах крепятся две трубы, по которым подается вода. На конце каждой трубы находятся носовые краны, в трубы впаяны соски диаметром 5–10 мм, на которые надеваются силиконовые трубки с краниками для подачи воды в емкости с икрой. На противоположных концах труб имеются резьба и муфта для подключения к системе водоподачи. После окончания нерестовой кампании кронштейны с трубами демонтируют и столы используют для проведения различных рыбоводных операций.

В процессе инкубации икры отбирают погибшие икринки. В Швеции, Японии, Италии существуют специальные установки для отбора мертвой икры и одновременного определения отхода и количества живой икры. Это довольно сложные и дорогостоящие устройства, различные их модели имеют производительность от 200 тыс. до 1 млн/ч отсортированных икринок. Сортирование производится с помощью оптической электронной системы, которая управляет электропневматическим селекционным устройством. Максимальная ошибка при сортировании и подсчете составляет 0,5%. Очевидно, такие машины необходимо применять в крупных хозяйствах, питомниках, где инкубируются миллионы икринок.

Существуют различные приспособления, облегчающие труд рыбовода при отборе мертвой икры (рис. 20).

Количество икры форели определяют с помощью весового, объемного или счетного метода. Наиболее прост и удобен счетный метод, при котором используется так называемый прибор Брандштеттера, представляющий собой пластмассовую пластинку, в которой сделаны углубления (гнезда), соответствующие диаметру икры. На дне каждого гнезда сделаны дырочки для стока воды, попадающей вместе с икрой. Прибором, как совком, берут из таза икринки, которые при легком встряхивании размещаются в гнездах. Зная число гнезд в приборе и количество взятых порций икры, нетрудно определить и ее общее коли-

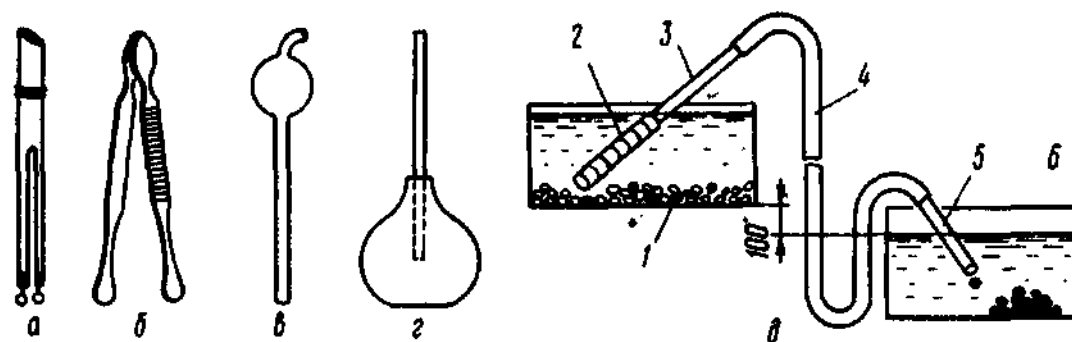


Рис. 20. Приспособления для отбора мертвой икры:

a, б – пинцеты; *в* – пипетка; *г* – резиновая груша; *д* – сифон для отбора мертвой икры; *1* – мертвая икра, *2* – перфорированный наконечник, *3* – стеклянная трубка, *4* – силиконовый шланг, *5* – медная трубка, *6* – отобранная икра

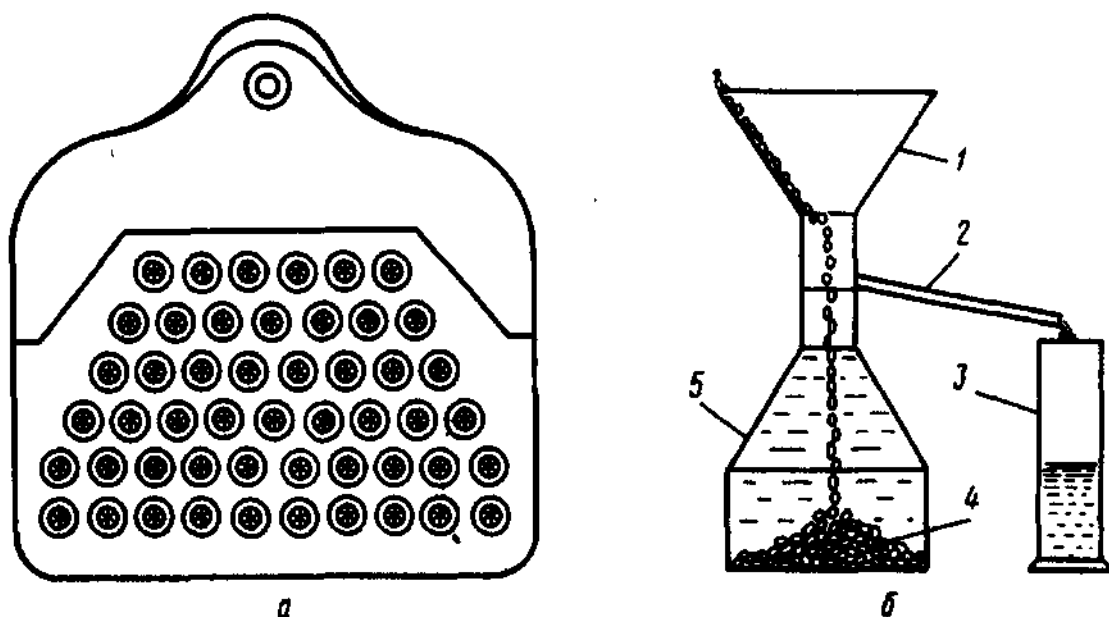


Рис. 21. Приспособления для подсчета икринок:

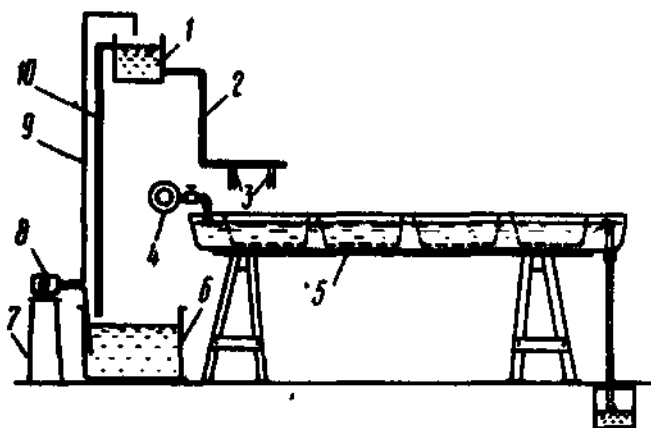
a – прибор Брандштеттера (счетный метод); *б* – прибор для определения количества икры объемным методом: 1 – воронка, 2 – переливная трубка, 3 – мерный цилиндр, 4 – икра, 5 – приемная емкость

чество (рис. 21). Зная объем икринки, общее количество икры определяют по количеству воды, вытесненной икрой в мерный цилиндр.

Капельница для профилактических и лечебных растворов. Для профилактической обработки икры и рыбы при бассейновом методе выращивания рекомендуется использовать капельницу (рис. 22), которая позволяет обрабатывать икру и рыбу в процессе подачи воды путем добавления капель концентрированного профилактического раствора в воду в месте ее поступления в рыбоводную емкость, что помогает избежать стрессовых для рыбы ситуаций. Узлы и детали капельной установки изготавливаются из пластиковых материалов.

Рис. 22. Схема капельной установки для профилактической обработки икры и рыбы:

1 – расходная емкость с профилактическим раствором; 2 – трубопровод для подачи профилактического раствора в рыбоводную емкость; 3 – регулировочные краны; 4 – трубопровод для подачи воды в бассейн; 5 – рыбоводный бассейн; 6 – емкость для профилактического раствора; 7 – подставка для насоса; 8 – ручной или электрический насос; 9 – подающий трубопровод; 10 – переливной трубопровод



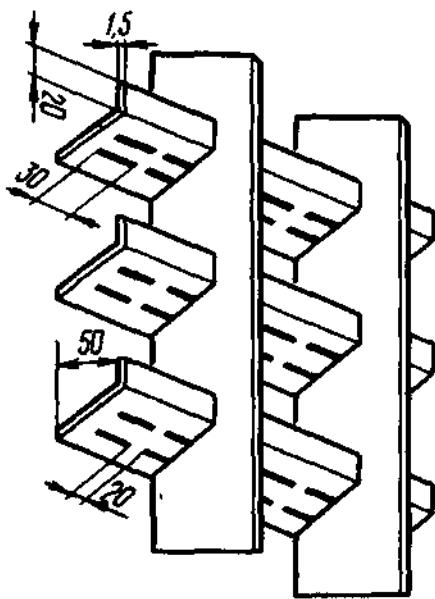


Рис. 23. Искусственный риф для выдерживания выклюнувшихся личинок

Искусственный риф. Для выдерживания свободных эмбрионов форели в прямоточных бассейнах с плоским дном можно использовать вместо гальки искусственный риф (рис. 23), который улучшает условия выдерживания эмбрионов, заставляя их равномерно распределяться в нем. Применение искусственного рифа позволяет увеличить плотность посадки эмбрионов в 2–3 раза по сравнению с нормативной.

Риф представляет собой ряд длинных узких пластин с загнутым верхним краем, уложенных поперек бассейна, они имеют наклон (45°) в сторону, противоположную течению воды. Пластины рифа изготавливают из синтетических материалов. Расстояние между нижними краями пластин 60–70 мм. По всей их длине имеется два ряда горизонтальных прорезей.

Бассейн для завершения инкубации икры, выдерживания свободных эмбрионов и подращивания личинок и молоди. При завершении инкубации икры и выдерживании свободных эмбрионов лучше всего применять прямоточный бассейн длиной 3, шириной 0,8 и высотой 0,6 м (рис. 24). На дно бассейна по всей его длине укладываются трубы с отверстиями диаметром 3–4 мм, просверленными через 5–7 см, которые у противоположной наружной стороны бассейна заканчиваются кранами, предназначенными для промывки труб. Сверху на трубы герметично укладывается ложное дно из стеклопластика, в котором

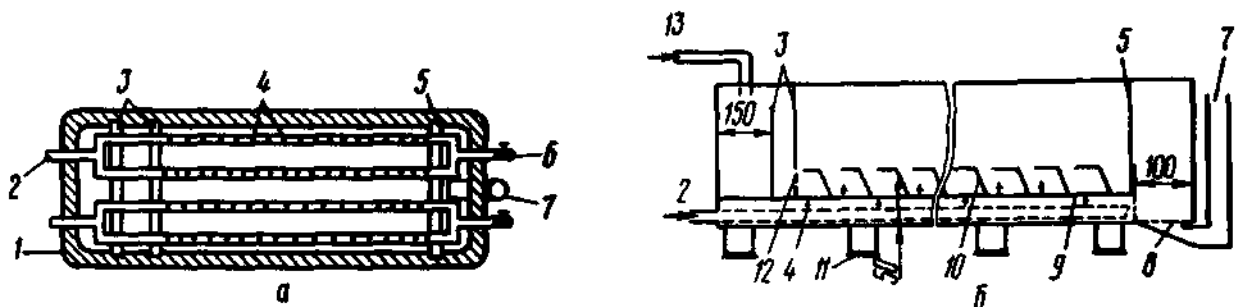


Рис. 24. Схема бассейна для выдерживания выклюнувшихся личинок и подращивания молоди:

а – вид сверху; *б* – вид сбоку; 1 – корпус бассейна; 2 – трубы для подачи воды; 3 – перегородки; 4 – отверстия в трубах; 5 – защитный сетчатый экран; 6 – краны для промывки труб; 7 – водоспуск (\varnothing 110 мм); 8 – горизонтальный защитный сетчатый экран; 9 – ложное дно с отверстиями; 10 – искусственный риф; 11 – подставка для бассейна; 12 – сетчатый экран высотой 50 мм; 13 – труба для подачи воды сверху

имеются отверстия диаметром 3 мм, расположенные в шахматном порядке на расстоянии 5–7 см друг от друга. Вода подается через трубы под ложным дном и поступает в бассейн через отверстия в нем. На ложном дне устанавливается искусственный риф, а на нем – рыболовные рамки с икрой (на стадии пигментации глаз).

Такой бассейн необходим при проведении инкубации икры в аппаратах вертикального типа. В бассейне имеются перегородки для равномерной подачи воды свободным эмбрионам. В верхней части бассейна вода подается в водоприемник шириной 15 см, образованный стенками бассейна и герметично установленной перегородкой с регулируемой высотой, в нижней части следующей за ней перегородки имеется сетчатый экран высотой 5 см. На противоположном конце бассейна перед водоспуском устанавливается съемный защитный сетчатый экран с размером ячеек 1,5–2 мм. При инкубации вода подается через ложное дно, при выдерживании свободных эмбрионов – через ложное дно и сверху.

Устройства для сортирования форели. При выращивании форели необходимо периодически проводить ее сортирование, начиная с того момента, когда форель достигает массы 0,6–0,8 г. Эта операция является одним из наиболее трудоемких процессов в форелеводстве. Существуют различные установки, устройства, приспособления для сортирования рыбы, которые, как правило, представляют собой механические устройства, состоящие из определенного числа наклонных плоскостей в виде вращающихся роликов или плоскостей с изменяющимися расстояниями между ними. Направляющие заслонки, смонтированные под этими плоскостями, распределяют рыбу в различные емкости, расположенные под установкой.

Имеются два типа сортировальных ящиков (рис. 25). Сортироваль-

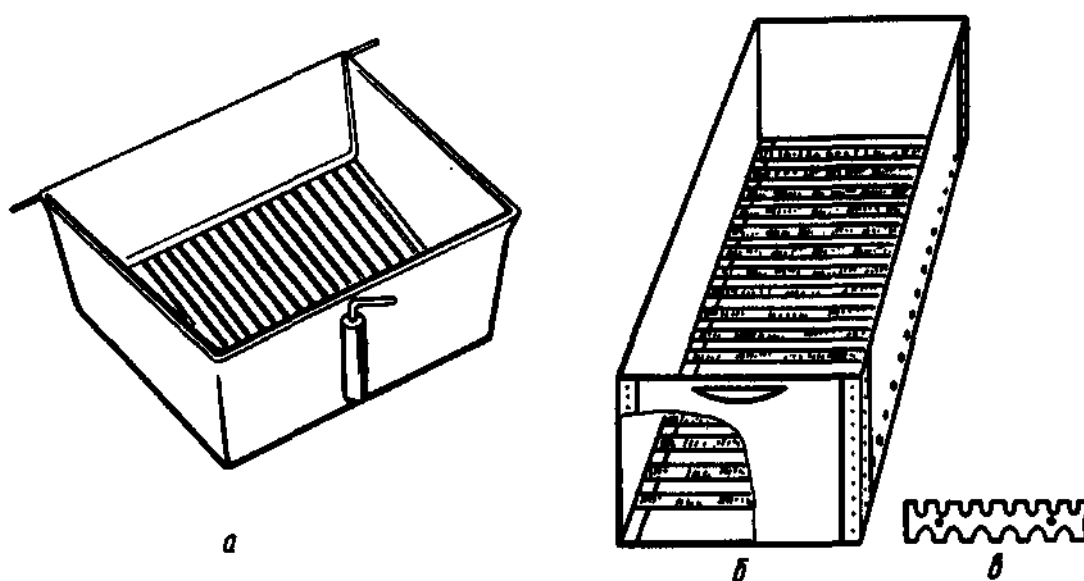


Рис. 25. Устройства для сортирования радужной форели:

сортировальный ящик: *а* – для форели массой от 0,6 до 300 г; *б* – для форели массой 0,6 – 50 г; *в* – сменная гребенка

ный ящик первого типа имеет цельные сменные решетки с размером ячеек от 5 до 30 мм, которые устанавливаются в специальные щели на его дне. Размер ящика — 0,7 × 0,6 м. При использовании сортировального ящика такого типа необходимы два бассейна размером 2 × 0,8 × 0,7 м для накопления отсортированной рыбы. Сортировальный ящик устанавливается в одном из бассейнов в его торцевой части. Рыба поступает в сортировальный ящик, который несколько раз поднимается и опускается вверх и вниз. За это время рыба меньших размеров проваливается через решетку, а более крупная — остается в сортировальном ящике, а затем из него попадает в находящийся рядом бассейн.

Сортировальный ящик второго типа имеет длину 40, ширину 30 и высоту 20 см. В нижней его части на болтах прикреплены съемные гребенки, в пазы которых вставляются металлические (алюминиевые) трубки. Диаметр применяемых трубок 0,5–1,5 см. Расстояние между трубками регулируется в соответствии с размером рыбы с помощью гребенок. Рыба помещается в ящик, находящийся в воде, затем ящик несколько раз поднимается из воды и снова опускается, и происходит разделение рыбы на две размерные группы. Сортировальный ящик следует изготавливать из легких и коррозиестойких материалов.

Рыбоводные сачки. Для проведения различных рыбоводных операций большое значение имеют рыбоводные сачки, форма и размеры которых зависят от размера рыбы, а также от формы и размеров бассейна (рис. 26).

В хозяйстве должен быть большой набор сачков различной формы и размера, легких и удобных в работе. Каркас сачка должен быть изготовлен из коррозиестойкого материала, а сам сачок — из мелкоячеис-

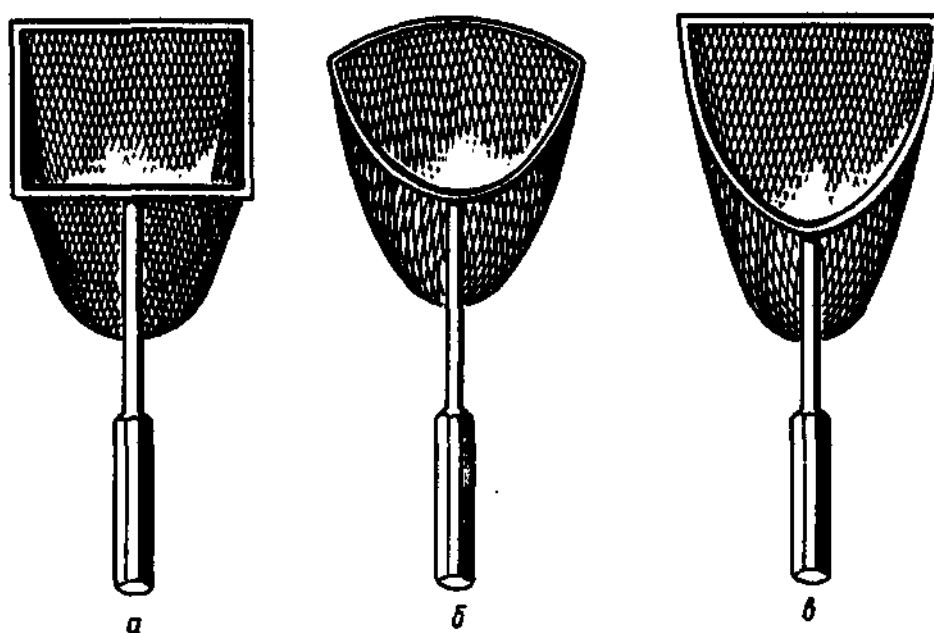


Рис. 26. Рыбоводные сачки для работы с молодью:

а — для отлова рыбы в прямоугольных емкостях; *б* — для отлова рыбы в квадратных емкостях; *в* — для отлова молоди в инкубационных аппаратах

той безузловой дели, чтобы как можно меньше травмировать рыбу, по той же причине не рекомендуется применять глубокие сачки.

Чистка бассейнов. В процессе выращивания рыбы необходимо чистить бассейны. Надо помнить, что декоративный внутренний слой стеклопластиковых бассейнов боится абразивного воздействия. Поэтому чистить стеклопластиковые бассейны необходимо мягкими волосяными щетками, делью. Щетки должны быть разнообразной формы, чтобы можно было очистить всю внутреннюю поверхность рыбоводного оборудования.

Транспортирование икры и рыбы. Транспортирование икры осуществляют с помощью специальных изотермических ящиков-контейнеров, изготовленных из пенопласта или другого нетеплопроводного материала. Икру перевозят во влажной атмосфере на рамках в марлевых салфетках. Для перевозки мальков форели массой до 1 г применяют контейнер Н-19-ИКБ. Благодаря кислородному баллону, которым снабжен контейнер, длительность перевозки может составлять 30 ч. Для транспортирования молоди, товарной рыбы и производителей форели используется автоцистерна АЦПТ-2,8/53-12. В ней предусмотрено обогащение воды кислородом и освобождение ее от диоксида углерода и хлора путем продувания через воду воздух. При аэрации воды воздухом или кислородом используют диспергаторы (распылители) кислорода, которые вырабатывают мельчайшие пузырьки, что значительно повышает коэффициент растворения кислорода в воде. Для перевозки взрослой форели и молоди используются специальные живорыбные вагоны.

Помимо перечисленных выше приборов, машин и оборудования, в современном форелеводстве используют массу различных технических средств, аппаратов и приспособлений. Это, например, аппараты, предназначенные для очистки всего дна бассейнов от песка, ила, грязи, фекалий путем отсасывания; установки для кормления рыбы, которые состоят из контейнера для хранения и охлаждения корма и дозатора, делящего корм на порции от 1 до 260 г; коллекторы, где корм очищается от пылевидных примесей; электронные системы, осуществляющие контроль за всеми процессами, связанными с кормлением; гидрожелоба для перевода молоди из одного бассейна в другой.

В современных форелевых хозяйствах применяют также передвижные комплексы для облова, взвешивания и погрузки молоди и товарной рыбы, передвижные сортировальные машины, конвейеры, подъемники, азраторы. При помощи рыбонасосов производят вылов рыбы из рыбоуловителей, отделение ее от воды, взвешивание и погрузку на транспорт.

В заключение необходимо отметить, что без применения механизации и автоматизации трудоемких производственных процессов в форелеводстве и особенно без применения гидротранспорта невозможно существенно повысить уровень производства рыбы (до 20—30 т на одного работающего).

ПЛЕМЕННОЕ ДЕЛО В ФОРЕЛЕВОДСТВЕ

Селекция форели в СССР. Селекционная работа в форелеводстве значительно отстает от племенной работы в животноводстве. Причина этого отставания кроется, очевидно, в отсутствии зональных селекционно-племенных форелевых хозяйств, основной задачей которых должно быть проведение селекционно-племенной работы с форелью, а также снабжение элитным племенным материалом форелевых хозяйств для формирования высококачественных стад производителей.

В настоящее время использование индустриальных методов культивирования форели требует закрепления у выращиваемой рыбы определенных свойств. Разработана методика оценки производителей по размерно-весовым и репродуктивным признакам и качеству потомства. При бассейновом выращивании форели применяют однократный ранний массовый отбор с высокой напряженностью. На племя отбирают наиболее крупных особей, которых выращивают до полового созревания с целью формирования селекционного стада. Причем выращивать селекционный материал необходимо в обычных условиях прогрессивной производственной технологии с применением производственной плотности посадки, селекция должна хорошо контролироваться во избежание возможных ошибок.

Размер рыбы не должен быть единственным критерием отбора. Одни рыбы могут быть крупнее других не только за счет быстрого роста. Они могут быть на несколько недель старше, могут выращиваться в более благоприятных условиях или иметь лучшие корма. Эмбрионы, выклюнувшиеся из более крупной икры, больше тех, которые выклюнулись из мелкой. Но это не значит, что их родители обязательно являются быстрорастущими особями, они просто могут быть старше и давать более крупную икру.

Отбираемая для племенной работы рыба должна быть выращена из одной партии икры, оплодотворенной смешанной спермой нескольких самцов. Родители должны быть одного возраста и по возможности одного размера. Оплодотворенная икра должна быть примерно одинаковой, имеющей незначительные отклонения от среднего размера. Молодь надо сортировать, когда она достигнет массы 1–1,5 г. У отсортированных сеголетков форели обычно не обнаруживается достоверных различий между самцами и самками. При всех вариантах ранних сортировок соотношение полов у молоди радужной форели в конце первого сезона выращивания составляет 1:1. Отсортированную рыбу не следует содержать в отдельных емкостях.

В настоящее время обоснована возможность линейной селекции в форелеводстве и для нее разработаны рациональные способы оценки племенных качеств и комбинационной способности самцов. Применение этих методов позволяет сократить маточное поголовье самцов в 4–5 раз. Создана схема комплексной оценки самцов и самок форели по экс-

терьерным и репродуктивным показателям, а также по качеству потомства. Разработан метод подбора родительских пар на основе их генетических особенностей. Эти методы являются методологической основой для создания региональных породных групп радужной форели.

Рыбоводная характеристика самцов. Известно, что выживаемость и развитие эмбрионов определяются главным образом индивидуальными особенностями самок, тем не менее потомство некоторых самцов, полученное при скрещивании с разными самками, различается темпом роста и выживаемостью. В связи с этим проблема отбора и индивидуальной оценки самцов приобретает для форелеводства большое значение.

Скорость роста самцов и самок в определенный период онтогенеза неодинакова. На первом году жизни при сортировках через 30 или 50 дней после начала активного питания у молоди радужной форели соотношение полов составляет примерно 1:1. Трехкратные сортировки в течение второго года жизни резко смещают соотношение полов в сторону самцов, что обусловлено более высоким темпом их роста. Эти факторы необходимо учитывать при отборе самцов в ремонтное стадо.

В зависимости от условий содержания самцы могут достигать половой зрелости в различном возрасте. Так, часто наблюдается созревание самцов в возрасте 7–9 мес. В возрасте 17 мес количество половозрелых рыб резко увеличивается.

Однако некоторые самцы остаются неполовозрелыми до 2-годовалого и более старшего возраста.

Основными критериями массового отбора самцов в маточное стадо являются масса и длина. В связи с этим необходимо знать, как репродуктивные признаки (объем эякулята, концентрация спермиев, их активность, оплодотворяющая способность, рабочая и относительная плодовитость) связаны с морфологическими признаками. Так, оказалось, что у самцов существует тесная корреляция между массой и длиной тела, массой и высотой тела, рабочей и относительной плодовитостью, объемом эякулята и рабочей плодовитостью. В то же время такие показатели, как объем эякулята, концентрация спермиев, их оплодотворяющая способность, время подвижного состояния спермиев, не связаны ни с одним из размерных показателей. Поэтому при формировании стада самцов по размерным признакам, а следовательно, увеличении количества самцов с большим объемом эякулята и высокой рабочей плодовитостью остаются без внимания такие важные показатели, как время подвижного состояния, концентрация спермиев, их оплодотворяющая способность. Следовательно, наряду с массовым отбором необходимо проводить индивидуальный отбор по качеству спермы.

Объем порции эякулята и концентрация спермиев являются объективными характеристиками качества спермы, при этом одним из наибо-

лее важных показателей является концентрация спермиев. В связи с этим для оценки самцов имеющегося стада производителей достаточно сделать выборку (10 % рыб) и сравнить их по экстерьерным (масса, длина, высота и толщина тела) и репродуктивным (объем эякулята, концентрация и время подвижного состояния сперматозоидов) признакам. В дальнейшем необходимо провести оценку элитных самцов по качеству потомства — выживаемости эмбрионов и личинок, а также по общей комбинационной способности, т. е. по универсальному сочетанию с самками. Оценка качества потомства проводится до достижения рыбами массы 1,5 г, причем чем больше молоди достигнет этой массы, тем лучше племенные качества самцов.

Для индивидуальной оценки и отбора элитных самцов целесообразно применять единый критерий, отражающий взаимосвязь экстерьерных и репродуктивных признаков. Таким критерием может служить относительная плодовитость, которая рассчитывается как отношение количества сперматозоидов в объеме эякулята к единице массы тела. Этот способ (при учете размеров тела) позволяет выбрать особей с наивысшей потенцией и репродукцией. В дальнейшем при проведении селекционно-племенной работы среди рыб элитного поколения, достигших годовалого и двухлетнего возраста, проводится массовый отбор по экстерьерным признакам.

Объем эякулята и концентрация спермиев зависит от момента взятия спермы в нерестовый период, частоты ее получения, генетически обусловленных индивидуальных свойств самцов, условий окружающей среды и содержания. Причем подвижность сперматозоидов является наиболее распространенным критерием оценки оплодотворяющей способности.

Качество спермы зависит от возраста производителей. Так, при использовании спермы молодых, впервые нерестящихся самцов процент оплодотворения снижается (составляет в среднем 76 %), а процент отклонений в развитии у потомства повышается.

Объем порции спермы зависит от возраста самцов. Так, например, 6-годовалые самцы дают одновременно спермы в 2 раза больше, чем 4-годовалые. Это, вероятно, связано с тем, что 6-годовалые самцы крупнее и, следовательно, отличаются большим размером гонад. Первые порции спермы характеризуются незначительным объемом. Он постепенно возрастает к середине нереста, а к концу его уменьшается. Динамика этого процесса зависит от частоты получения спермы и возраста самцов.

Концентрация спермиев снижается с увеличением возраста (особенно у самцов старше 5 лет), хотя у 4-годовалых самцов отмечается некоторое ее увеличение. Концентрация спермиев у самцов одного возраста, но разных генераций по годам очень сильно варьирует, что связано с условиями содержания в течение года. Концентрация спермиев зависит и от режима отцеживания спермы — чем чаще производится

отцеживание, тем она ниже. Средние показатели концентрации спермиев также определяются возрастом самцов и частотой получения спермы. Подвижность спермиев зависит не только от индивидуальных различий самцов, но и от момента взятия спермы. В середине нерестового периода наблюдается максимальная интенсивность и продолжительность подвижности спермиев, а к окончанию нереста — снижение подвижности, что особенно четко проявляется при отцеживании спермы через трое суток. Подвижность спермиев является критерием качественной оценки самцов, но этого недостаточно для отбора самцов с высокой оплодотворяющей способностью. Количество спермиев в одной порции у самцов в возрасте 2–4 года возрастает к середине нереста, а затем постепенно снижается и зависит от частоты получения спермы.

Оплодотворяющая способность спермиев зависит от возраста самцов и имеет тенденцию к снижению: 95–97 % оплодотворения в начале нереста, 79–90 % — в конце. Кроме того, она зависит от интервала отцеживания спермы. Самцы радужной форели продуцируют сперму в нерестовом сезоне около 4 мес. Промежуток между взятием порций спермы может составлять 70 градусо-дней, 20–30 градусо-дней (3 дня), 5 суток, на сбросных водах ТЭЦ в бассейнах — 2 суток. После получения десятой порции промежуток между отцеживанием увеличивают до 6 и более суток. В условиях тепловодного хозяйства в зависимости от времени между двумя отцеживаниями продолжительность подвижного состояния, концентрация и оплодотворяющая способность спермиев остаются почти постоянными, первоначальный объем порции восстанавливается на четвертые сутки, через 6 суток объем порции спермы увеличивается.

Следовательно, режим эксплуатации самцов-производителей радужной форели определяется конкретными условиями того или иного хозяйства с учетом возраста и массы тела производителей. Во время нерестового периода происходит изменение репродуктивных показателей с постепенным увеличением количества и улучшением качества спермы к середине нереста и последующим их снижением. В условиях содержания в теплой воде отцеживание спермы производят через 4–6, а в холодной воде — через 7 дней. При таком режиме эксплуатации от самцов может быть получено максимальное количество полноценной спермы.

Рыбоводная характеристика самок. Известно, что от размера икры форели зависит качество развивающегося из нее потомства, т. е. выживаемость и рост свободных эмбрионов и личинок до перехода их на активное питание. В дальнейшем темп роста и выживаемость молоди в значительной мере зависят от условий содержания. Темп роста радужной форели в раннем онтогенезе может служить одним из критериев индивидуальной оценки самок при подборе их в маточное стадо.

Установлено, что только некоторые самки радужной форели способны давать крупную икру и эта особенность сохраняется на протя-

жении всей репродуктивной жизни. Качество икры, получаемой от радужной форели, зависит от индивидуальных особенностей самок и тесно связано с возрастом, племенной принадлежностью и условиями окружающей среды.

Так, рабочая плодовитость в значительной мере определяется массой самок. С возрастом рабочая плодовитость увеличивается. Установлена довольно тесная связь между диаметром и массой икринок, отмечены положительные связи между возрастом самок, диаметром и массой икры. При выращивании в холодной воде размер икринок зависит от возраста самок. У трехлетних самок диаметр икринки увеличивается на 26, а масса — на 88 %, у четырехлетних — соответственно на 32 и 114 %, у пятилетних — на 36 и 140 %, у шестилетних — на 48 и 200 % по сравнению с двухлетками. Диаметр и масса икринок увеличиваются до достижения самками 6-го годовалого возраста.

Икринки одной самки радужной форели в момент овуляции имеют неодинаковые размеры. Но с увеличением размеров овулировавших икринок эти различия уменьшаются. Индивидуальная изменчивость размера икринок одновозрастных самок невелика, и лишь у впервые созревающих самок размеры икринок варьируют несколько больше, чем у повторно нерестящихся. Большая изменчивость размера икринок у одной самки или группы одновозрастных самок может рассматриваться как показатель неблагополучного состояния производителей, так как отход икры в этом случае может достигать 50 % и более.

Возраст производителей радужной форели влияет на качество и количество половых продуктов, оплодотворяемость икры, жизнестойкость потомства на ранних стадиях развития. Наилучшие половые продукты продуцируют самки и самцы среднего возраста.

Полагают, что достаточно точно качество икры можно оценить по содержанию в ней жира, от количества которого зависит жизнестойкость свободных эмбрионов и личинок. Химический состав икры меняется с возрастом самок. Наименьшее содержание жира отмечено в икре впервые нерестящихся 3-годовалых самок, у 4—6-годовалых рыб оно возрастает, у 7—9-годовалых — снижается. Содержание сухого вещества и влаги в икре остается постоянным для всех (до 7-годовалого возраста) возрастных групп. Отмечается тесная связь между размерами икринок и количеством в них жира. Так, содержание жира в мелкой икре, продуцируемой небольшими самками, также очень невелико. При увеличении массы и плодовитости самок соответственно увеличиваются размеры икринок и содержание в них жира. Однако у наиболее крупных особей, отличающихся большой плодовитостью, наблюдается уменьшение массы икринок и содержания в них жира.

Установлено, что из более крупной икры развивается более крупное и быстрорастущее потомство. Но существует мнение, что эмбрионы и личинки, полученные из разноразмерной икры, мало различаются по длине и массе, но различаются по количеству желтка, что обусловле-

но размерами икры. Свободным эмбрионам, полученным из крупной икры, большой запас питательных веществ в виде желтка позволяет позже переходить на активное питание. Установлено также, что эмбрионы и личинки, полученные из икринок, размеры которых значительно отличаются от среднего, обладают пониженной выживаемостью.

Существует мнение, что большинство впервые нерестящихся самок в 2-годовалом возрасте не могут считаться полноценными производителями. Они продуцируют мелкую икру диаметром от 2,4 до 4 мм и массой от 15,2 до 44,5 мг, количество которой невелико. Высокий отход икры у впервые нерестящихся самок обусловлен большим количеством аномально развивающихся эмбрионов, у повторно нерестящихся — прекращением эмбриогенеза.

Однако имеется немало случаев, когда резкое увеличение плодовитости самки, неоднократно участвовавшей в нересте, также сопровождалось уменьшением размеров продуцируемых икринок и снижением их жизнестойкости. Кроме того, имеются данные, что впервые нерестящиеся самки могут давать икру хорошего качества. При температуре воды 12–18 °С в течение года они могут продуцировать икру диаметром 4,6 мм и массой 50,2 мг. Среди впервые нерестящихся и повторно нерестящихся самок есть особи, продуцирующие самые крупные икринки с высоким содержанием жира. Эти самки имеют сходные размеры тела и упитанность, и их потомство наиболее жизнестойко.

Следовательно, благодаря улучшению условий содержания и селекции можно получать от впервые нерестящихся самок икру хорошего качества. В связи с этим можно предположить, что основным критерием оценки качества икры является размер.

В рыбоводстве рекомендуется использовать впервые нерестящихся самок, продуцирующих икринки массой более 40 мг, содержащие более 3 мг жира.

Формирование и эксплуатация маточного стада радужной форели при содержании в бассейнах. Существуют две формы племенной работы — селекция и собственно племенное дело. Каждая из этих форм имеет свою задачу и свои методы. Племенное дело — это работа, непосредственно связанная с содержанием производителей, получением от них потомства, выращиванием и отбором ремонта. Такая работа должна проводиться в форелевых рыбопитомниках или в полносистемных форелевых хозяйствах. Формирование, содержание и эксплуатация маточного стада — один из самых ответственных процессов в рыбоводстве, так как успех работы хозяйства во многом определяется качеством производителей.

Сегодня необходим переход форелеводства на более интенсивные методы формирования и содержания ремонтно-маточного стада в условиях индустриального производства. В связи с появлением нового рыбоводного оборудования, новых кормовых диет для производителей необходимо совершенствовать биотехнику их содержания в бассейнах.

Для содержания ремонтно-маточного стада может использоваться как пресная, так и морская вода соленостью до 18 ‰.

Несмотря на то что радужная форель относительно холодолюбивая рыба, в последнее время ее интенсивно выращивают, используя воду Черного и Каспийского морей и теплую сбросную воду ТЭС и АЭС, имеющую температуру 8–26 °С.

При выращивании форели в теплых водах наблюдается ускорение темпа роста, производители созревают на год раньше, чем в холодных водах температурой 2–12 °С. При соответствующем температурном режиме самцы и самки могут нереститься дважды в год.

Невозможно найти два водоисточника с одинаковым температурным и гидрохимическим режимом, а влияние качества воды на результаты выращивания форели огромно. В связи с этим вряд ли могут существовать единые нормативы для технологических процессов форелеводства, они могут быть разработаны лишь для отдельного региона. Рыбоводно-биологические нормативы должны быть определены для каждого хозяйства с учетом конкретных условий, иначе хозяйство не сможет работать с высоким экономическим эффектом.

Известно, что в районах, где температура воды не опускается ниже 13 °С, в преднерестовый и нерестовый периоды форель не образует самовоспроизводящихся популяций и вряд ли целесообразно содержать в этих районах маточное стадо. Поэтому для увеличения объема выращивания форели возможно использование солоноватых и морских вод как для товарной рыбы, так и для маточного стада.

Формирование и содержание ремонтного стада. Формирование ремонтного стада в хозяйстве надо начинать в нерестовый период с отбора рыб, обладающих хорошим экстерьером, высоким темпом роста, специфической форелевой окраской и, самое главное, наиболее крупных в своей возрастной группе с четко выраженными половыми признаками. От отобранных рыб получают икру и проводят ее инкубацию. Икру получают в первой половине нерестового периода, когда производители продуцируют высококачественные половые продукты.

Однако надо помнить, что при содержании в теплой воде качество спермы у самцов в начале нереста плохое. Для получения половых продуктов у рыб, содержащихся в холодной воде, используют самок 4–6-годовалого, а самцов – 3–4-годовалого возраста, в теплой воде – самок 2–4-годовалого, а самцов – 2–3-годовалого возраста. Масса неоплодотворенных икринок должна составлять 50–80 мг, диаметр – не менее 5 мм. Для осеменения икры берут смесь спермы от 2–3 самцов, ориентируясь на следующие показатели: объем эякулята не менее 5 мл, активность спермиев – не менее 30 с.

Структура стада, содержащегося в теплой воде. Подращенная молодь массой 1–1,5 г подвергается массовому отбору на племя с высокой напряженностью (на уровне 5%). По существующим нормативам при формировании ремонтного стада в теплой воде надо исходить из

следующего положения: на одного выбывающего производителя должно приходиться четыре двухгодовика средней массой 800–1000 г, восемь годовиков средней массой 150–200 г, шестнадцать сеголетков средней массой 40–50 г, сто шестьдесят мальков средней массой 1,5 г.

Основной признак отбора – скорость роста и экстерьер. У ремонтных двухгодовиков принимается во внимание качество половых продуктов. У впервые нерестящихся самок масса икринок должна составлять не менее 40 мг, рабочая плодовитость – не менее 2 тыс. икринок. Объем эякулята у самцов ремонтной группы должен составлять не менее 5 мл. Сперма должна быть достаточно вязкой и иметь кремовый оттенок.

Каждую возрастную группу выращивают отдельно при нормативной плотности посадки с использованием полноценных кормов.

Структура стада, содержащегося в холодной воде. По существующим нормативам при формировании ремонтного стада, содержащегося в холодной воде, надо исходить из следующего положения: на одного выбывающего производителя должно приходиться шесть трехгодовиков (четыре самца и две самки) средней массой 800–1000 г, четыре двухгодовика средней массой 500 г, двенадцать годовиков средней массой не менее 80 г, двадцать четыре сеголетка средней массой 30–50 г, двести мальков средней массой 1–2 г.

Основной признак отбора – средняя масса и экстерьер. Среди сеголетков и годовиков отбор производят по массе и экстерьеру. В двухгодовалом возрасте отбор ведут по внешним признакам. Кроме того, у самцов учитывается качество спермы. Объем эякулята должен составлять не менее 5 мл, активность спермиев – 30 с, средняя масса – не менее 500 г. В 3-годовалом возрасте у впервые нерестящихся самок ремонтной группы масса икринок должна составлять 50 мг, диаметр – 4,5 мм, средняя рабочая плодовитость – 2 тыс. шт. на 1 кг массы тела.

Выращивание ремонтной молодежи. Инкубацию икры проводят в рамочных аппаратах при закладке в 1–1,5 слоя. В период инкубации используют песчано-гравийный фильтр и установку для обеззараживания воды бактерицидными лучами. Отбор икры осуществляют при закладке и после наступления стадии пигментации глаз. Отход за период инкубации не должен превышать 10–20%. Партии икры с более высоким отходом для воспроизводства не используют.

Свободных эмбрионов выдерживают в производственных условиях при стандартной плотности посадки. Выращивание рыбы на племя проводят при температуре воды 2–20 °С, при этом оптимальной является температура 10–17 °С. В этом случае на входе содержание растворенного кислорода в воде должно составлять 11,3–9 мг/л (см. табл. 3), а на выходе – не менее 7 мг/л. При выращивании ремонтной молодежи температура не должна превышать 20 °С.

В южных районах страны бассейны необходимо располагать под навесами, в других районах желательно, чтобы не менее $\frac{1}{3}$ бассейна

находилось в тени. Выращивать молодь форели рекомендуется при определенном уровне воды в соответствующих бассейнах (см. табл. 22). Интенсивность водообмена более 3–5 раз в час обеспечивает хорошую проточность и поддерживает достаточный уровень растворенного в воде кислорода. Необходимо помнить, что с усилением водообмена и скорости течения в бассейне увеличивается скорость движения рыб, обмен протекает более интенсивно и, следовательно, возрастает потребность в корме и кислороде. При этом увеличение суточной дозы корма вызывает повышение темпа роста рыбы. Желательно содержание различных размерно-возрастных групп форели при высокой (до 12 раз в час) интенсивности водообмена. В процессе выращивания необходимо контролировать температурный и кислородный режим в бассейне. Технология выращивания ремонтной молоди до достижения ею массы 200–300 г аналогична технологии выращивания товарной рыбы, но применяются другие плотности посадки и морская вода (табл. 23).

23. Условия выращивания ремонтной молоди в пресной воде при температуре 8 °С и 100 %-ном насыщении кислородом

Возрастная группа	Масса, г	Глубина воды в бассейне, м	Плотность посадки		Удельный расход воды, л/(с · кг)	Водообмен, раз в час
			тыс. шт/м ²	кг/м ³		
Свободные эмбрионы	0,08	0,05	10	16	0,08	4,6
Личинки	0,2	0,1	—	20	0,05	3,6
Мальки	0,5	0,2	—	25	0,02	1,8
Мальки	1,0	0,2	—	25	0,02	1,8

Удельный расход воды — это необходимое для нормальной жизнедеятельности рыбы количество пресной или морской воды, приходящееся на единицу выращиваемой рыбы. При расчете удельного расхода воды учитывают специфическое потребление кислорода рыбой в зависимости от температуры воды и индивидуальной массы, суточную норму кормления, физиологическое состояние, а также окисление метаболитов в бассейне.

При увеличении температуры до оптимального для данного размера молоди значения удельный расход воды и необходимый водообмен легко рассчитать, используя уравнение кислородного баланса (5) и данные табл. 3 и 14. Полученные результаты необходимо уточнить эмпирическим путем в условиях конкретного хозяйства.

При средней массе молоди 1–1,5 г проводится массовый отбор рыбы для ремонтного стада. Дальнейшее выращивание отобранной рыбы проводят в пресной или солоноватой воде (табл. 24). Молодь массой

0,3–4 г выращивают в воде соленостью до 5‰, массой 5–15 г – в воде соленостью 10‰, а более 15 г – до 18‰. При этом темп роста в морской воде на 5–10 % выше, чем в пресной в аналогичных условиях.

24. Плотность посадки и водообмен при выращивании ремонтной группы в пресной (П) и морской (М) * воде при 100 %-ном насыщении кислородом

Масса рыб, г	Плотность посадки, кг/м ³		Расход воды, л/(с · кг)		Интенсивность водообмена, раз в час	
	П	М	П	М	П	М
<i>При температуре 8 °С</i>						
1–5	20	–	0,02	–	1,4	–
5–10	30	–	0,02	–	2,2	–
10–50	50	50	0,01	0,02	1,8	3,6
50–100	60	60	0,01	0,02	2,2	4,3
100–200	70	70	0,01	0,02	2,5	5,0
<i>При температуре 18 °С</i>						
1–5	20	–	0,08	–	5,8	–
5–10	30	–	0,07	–	7,6	–
10–50	28	9	0,06	0,18	6,0	6,0
50–100	28	11	0,06	0,15	6,0	6,0
100–200	33	12	0,05	0,14	6,0	6,0

* Соленость не должна превышать 18‰.

При выращивании рыбы массой 10–200 г в пресной воде при температуре 18 °С для сохранения той же плотности посадки, что и при температуре 8 °С, необходимо увеличить водообмен до 13 раз в час, а если это невозможно, то снизить плотность посадки до 28–33 кг/м³ при водообмене 6 раз в час. Для сохранения плотности посадки 50–70 кг/м³ требуется увеличение водообмена при 18 °С до 36 раз в час или снижение плотности посадки до 9–12 кг/м³.

При выращивании¹ молоди отобранной группы отход очень незначителен, его увеличение свидетельствует о некачественности отобранного материала или плохих условиях содержания. Группы молоди с отходом более 10 % при выращивании до массы 10 г непригодны для ремонтного стада. В дальнейшем из годовиков отбирают ремонтную группу. При повышении температуры морской воды до 18 °С необходимо снизить плотность посадки рыбы массой 0,4–0,8 кг до 25 кг/м³. При этом интенсивность водообмена должна достигать 12 раз в час (табл. 25).

25. Плотность посадки и водообмен при выращивании производителей в пресной (П) и морской (М) * воде при 100 %-ном насыщении кислородом

Возраст рыб, мес	Масса рыб, г	Плотность посадки, кг/м ³		Расход воды, л/(с · кг)		Интенсивность водообмена, раз в час	
		П	М	П	М	П	М

При температуре 8 °С

12	200–300	15	15	0,01	0,02	0,5	1,1
17	400–500	30	30	0,01	0,02	1,1	2,2
21	700–800	40	40	0,01	0,01	1,4	1,4

При температуре 18 °С

12	200–300	15	15	0,05	0,14	2,7	7,6
17	400–500	30	25	0,05	0,13	5,4	11,7
21	700–800	40	25	0,04	0,12	5,8	10,8

* Соленость не должна превышать 18 ‰.

При выращивании в теплой воде 2-годовалые самки нерестятся впервые, а самцы – вторично. Во время нерестовой кампании из выращенных ремонтных особей отбирают производителей.

При выращивании в холодной воде среди двухгодовиков производят отбор в ремонтную группу и продолжают выращивание в течение года. Затем в период нерестовой кампании из выращенных ремонтных особей отбирают производителей.

В период первого нереста ремонтная группа переходит в группу производителей.

В некоторых хозяйствах, использующих теплую воду, температурный режим в летнее время не позволяет содержать форель. Тогда в этот период форель переводят на источник с благоприятным температурным режимом.

Структурный состав маточного стада. Количество тепла, получаемого ремонтно-маточным стадом в течение года при содержании в холодной воде, составляет 2400–2500 градусо-дней, при выращивании в теплой воде это количество не должно превышать 3500 градусо-дней.

При выращивании в теплой воде маточное стадо состоит из самок 2–4-годовалого возраста (80 %) и самцов – 2–3-годовалого возраста (20 %). Количество производителей, обеспечивающих необходимый уровень воспроизводства, должно быть увеличено вдвое за счет резерва. Структурный состав резерва аналогичен структуре стада.

Масса 2-годовалых самок должна составлять не менее 1 кг, самцов – 0,8 кг, трехгодовалых самок – 1,8 кг, самцов – 1,3 кг. Ежегод-

ное обновление стада составляет 50–60 %. В преднерестовый период производители должны иметь ярко выраженную брачную окраску, четко реагировать на внешние раздражители.

При выращивании в холодной воде маточное стадо состоит из 3–6-годовалых самок средней массой 1–3 кг (90 %) и 2–4-годовалых самцов средней массой 0,8–1,5 кг (10 %). Резервный запас самцов составляет 10 %, самок – 50 %. Ежегодно заменяют 30 % самок и 35 % самцов. Соотношение самцов и самок одного возраста в маточном стаде составляет 1:4.

Период нагула производителей. Годовой цикл выращивания маточного стада включает три периода: нагульный, преднерестовый и нерестовый. Нагульный период маточного стада начинается с момента окончания нереста.

Содержать производителей следует при температуре воды до 20 °С и количестве растворенного кислорода 9–11 мг/л. Допускается кратковременное (на 1–2 суток) повышение температуры до 22 °С.

Для содержания производителей используют круглые и квадратные бассейны (см. табл. 22). Плотность посадки производителей и ремонтных особей зависит от содержания растворенного в воде кислорода, температуры, индивидуальной массы рыбы, ее физиологического состояния, состава корма.

В зимний период ремонтно-маточное стадо содержится в морской воде соленостью до 18 ‰, при температуре не ниже 4 °С.

В период нагула производителей содержат в пресной или солоноватой воде при температуре 7–20 °С (оптимальная температура – 7–17 °С), содержании растворенного кислорода на вытоке не ниже 7 мг/л и уровне воды в бассейне от 0,8 до 1,5 м.

Уход за производителями в этот период заключается в следующем. Проводят ежемесячное контрольное взвешивание рыбы в воде. Берут 3 пробы (не менее 10–15 производителей в каждой) и определяют среднюю массу рыбы и общую биомассу в емкости. Длительность операции не должна превышать 20–30 мин. Повреждения и заболевания определяют визуально, контролируют поведение рыбы, реакцию на корм. Бассейны регулярно чистят (не реже 1 раза в неделю). Погибшую рыбу сразу удаляют из емкости. Измеряют температуру воды в 7, 13 и 19 ч, следят за содержанием растворенного в воде кислорода (особенно при температуре выше 18 °С). Гидрохимические показатели определяют еженедельно. По мере надобности проводят профилактические мероприятия. Ежедневно проверяют водообмен в бассейнах. Все наблюдения фиксируются в соответствующих журналах. Два раза в день кормят производителей кормом РГМ-8П с диаметром гранул 8 мм. Проводят ежедневный учет отхода по каждой рыбоводной емкости. Рыбоводный инвентарь обрабатывают в 10 %-ном растворе хлорной извести.

Плотность посадки в период нагула производителей. Если содер-

жать производителей при повышенной температуре морской и пресной воды, высокой плотности посадки, применяемой в индустриальном рыбоводстве, и кормлении искусственным гранулированным кормом, то они не доживают до 5-годовалого возраста.

В разных странах мира используют круглые бассейны диаметром до 8 м и глубиной 1,7 м и прямоугольные бассейны размером 2×8 и 2×10 и глубиной до 1 м. Обычная плотность посадки для производителей составляет 40 кг/м³.

Так, в ГДР в центре по селекции и разведению форели ремонтную молодь (до двухлетнего возраста) выращивают в бетонных лотках. При этом плотность посадки сеголетков составляет 160–170 кг/м³, а двухлетков – 120–140 кг/м³.

Для выращивания трехлетков используют бассейны объемом 6–10 м³, а для дальнейшего выращивания – объемом 20–30 м³. Оптимальной является плотность посадки двухлетков и производителей 60–70 шт/м³, что составляет 50 % обычной плотности посадки при выращивании товарной форели, но в 30–50 раз выше, чем при содержании производителей в прудах.

Содержание производителей в проточных бассейнах объемом 10 м³ может приводить к уменьшению подвижности рыб, повышению агрессивности, травмам, кроме того, становится трудно поддерживать нужный кислородный режим, чистоту в бассейнах и т.д. Однако эти вопросы успешно решаются. Необходимо отметить, что содержание производителей форели связано с рядом трудностей и требует внимательного отношения, специальных навыков и высокой квалификации рыбоводов.

При увеличении температуры морской воды необходимо или снизить плотность посадки до 25 кг/м³, или создать водообмен более 17 раз в час (табл. 26).

26. Плотность посадки и водообмен при содержании маточного стада в пресной (П) и морской (М) * воде при 100 %-ном насыщении кислородом

Возраст рыб, лет	Масса рыб, г	Плотность посадки, кг/м ³		Расход воды, л/(с · кг)		Интенсивность водообмена, раз в час	
		П	М	П	М	П	М

При температуре 8 °С

2–3	800–1300	30	30	0,01	0,01	1,1	1,1
3–4	1300–1800	40	40	0,01	0,01	1,4	1,4
4–5	1800–2300	40	40	0,01	0,01	1,4	1,4

При температуре 18 °С

2–3	800–1300	30	25	0,04	0,12	4,3	10,8
3–4	1300–1800	40	25	0,04	0,12	5,8	10,8
4–5	1800–2300	40	25	0,04	0,12	5,8	10,8

* Соленость не должна превышать 18 ‰.

Водообмен при содержании производителей. Водообмен, обеспечивающий нормальное существование рыбы (см. табл. 23–26), не является гарантией получения половых продуктов высокого качества. Одним из главных факторов увеличения водообмена является содержание растворенного в воде кислорода, которое уменьшается с ростом температуры (особенно в морской воде). Водообмен при использовании природной воды (обычно содержание в ней растворенного кислорода не достигает 100 % насыщения) должен составлять не менее 3 и, очевидно, не более 12 раз в час.

При более высокой интенсивности водообмена следует, вероятно, осуществлять фронтальную подачу воды в бассейн. В условиях конкретного хозяйства рыбовод должен сам определить интенсивность водообмена, учитывая потребность рыбы в кислороде, количество и качество воды и физиологическое состояние производителей.

Влияние света и температуры на половое созревание. Наступление половой зрелости у радужной форели зависит от наследственных признаков и условий окружающей среды в нагульный и преднерестовый период — температуры, скорости течения воды, светового периода.

На рыб многие факторы внешней среды действуют как сигналы, стимулирующие сложную серию нейроэндокринных изменений, от которых зависят процессы созревания гонад и нерест.

Среди большого числа факторов, влияющих на созревание форели, существенную роль играют температура и фотопериод. Так, посредством целенаправленного изменения светового и температурного режимов оказалось возможным сместить сроки полового созревания с весны на осень и тем самым обеспечить сокращение (до 11 мес) цикла производства крупной товарной рыбы. В другом случае, при постоянной температуре воды 9 °С и 100 %-ной насыщенности воды кислородом на вытоке, под влиянием укороченного фотопериода начало нереста удалось ускорить на 6 и 12 недель, при этом нормальный годовой цикл сократился соответственно до 9 и 6 мес.

Окончание периода нагула. За 1,5–3 месяца до нереста начинается преднерестовый период. По окончании нагульного периода определяют физиологическое состояние форели (коэффициент упитанности, средний прирост за сезон). Для форели после нагула в пресной воде коэффициент упитанности обычно составляет 1,4–1,6, в морской — 1,8–2. Рыбу измеряют, взвешивают, проверяют состояние жабр, внутренних органов, проводят внешний осмотр. Контроль за состоянием рыбы позволяет организовать правильный режим содержания маточного стада в преднерестовый период, когда окончательно созревают половые продукты.

Преднерестовый период. В преднерестовый период производителей и ремонтную группу содержат в бассейнах, где они нагуливались. В этот период можно улучшить качество половых продуктов, создав оптимальные условия содержания, это в первую очередь — рациональ-

ное кормление и интенсивный водообмен до 6–8 раз в час. Оптимальными являются температура 6–12 °С, содержание кислорода на вытоке не ниже 7 мг/л, плотность посадки рыбы до 40 кг/м³.

Необходимо следить за поведением производителей, появлением брачной окраски, чтобы, сопоставив эти данные с данными многолетних наблюдений за календарными сроками, не пропустить начала полового созревания.

За 20 дней до завершения полового созревания (ориентируясь на среднюю дату начала нерестового периода в хозяйстве) производителей необходимо в течение 3–4 суток перевести из морской воды в пресную, постепенно снижая соленость – ежедневно на 5–10 ‰. При содержании производителей в воде соленостью 5–18 ‰ их также переводят в пресную воду, постепенно снижая соленость. При отсутствии пресной воды производителей можно содержать в период нереста в морской воде соленостью до 18 ‰.

Подготовка к нерестовому периоду. Рыбовод должен обеспечить необходимые условия для проведения нерестовой кампании и подготовить рыб к нересту. Наиболее сложным в проведении нерестовой кампании является подбор пар и контроль за каждой стадией воспроизводства.

Для успешного проведения нерестовой кампании бассейны с производителями в период нереста должны быть расположены в непосредственной близости от помещения для сбора половых продуктов.

Проведение нерестовой кампании. При выращивании рыбы в теплой воде после появления брачной окраски осуществляют сортирование ремонтно-маточного стада по половому признаку. Особей с нечетко выраженными половыми признаками отсаживают в отдельную рыбоводную емкость.

При выращивании в холодной воде обычно за две недели до начала нереста проводят сортирование по половому признаку и одновременно – выбраковку производителей. Самцов разделяют на две группы для поочередного взятия спермы. За 7–10 дней до начала нереста проверяют самок на зрелость. При проверке в каждой возрастной группе их делят на зрелых, близких к созреванию и далеких от созревания. Обращаться с производителями нужно осторожно, их нельзя травмировать, чтобы и в последующие годы получать доброкачественные половые продукты.

С помощью решетчатой перегородки сосредотачивают производителей для осмотра в предварительно приспущенном на $\frac{1}{3}$ бассейне. Пространство, в котором скапливается рыба, следует уменьшать постепенно – по мере осмотра производителей и размещения их по степени готовности к отцеживанию в другие бассейны размером 2 × 2 × 0,8 м. Сортирование производителей проводят в бассейне 1 × 1 × 0,4 м в растворе анестезирующего вещества, которое обладает быстрым действием (усыпление за 20–30 с). Уровень раствора в бассейне должен составлять

0,2 м. Это самый щадящий способ сортирования самцов и самок по степени зрелости половых продуктов (метод пальпации).

Текучих самок, у которых зрелая икра перемещается в брюшной полости и свободно выделяется при изгибании тела или легком поглаживании брюшка по направлению к половому отверстию, необходимо отсадить в отдельную емкость и как можно скорее отцедить икру. Самок с мягким брюшком, у которых икра не выделяется при легком поглаживании или изгибании тела, отсаживают в отдельный бассейн. Эту группу самок не кормят. Самок с твердым брюшком оставляют в бассейне и продолжают кормить.

В период нерестовой кампании производителей содержат при плотности посадки 40 кг/м^3 , интенсивности водообмена 6–12 раз в час, глубине воды в бассейне 0,6–0,8 м. Оптимальными являются температура 6–10 °С, содержание кислорода в воде на вытоке из бассейна не ниже 7 мг/л. Повышение интенсивности водообмена, скорости течения воды в бассейне улучшает качество половых продуктов и благоприятно влияет на их созревание.

В нерестовой период с ремонтно-маточным стадом должны работать опытные рыбоводы, систематически следящие за ходом созревания половых продуктов. При плюсовой температуре производителей осматривают на открытом воздухе под навесом в рыбоводных брезентовых носилках. При отрицательной температуре проверку самок производят в закрытых помещениях при температуре 6–15 °С.

Контроль за созреванием производителей. Самцы форели созревают раньше самок на 1–1,5 месяца, поэтому контролировать их созревание не требуется.

У зрелых самок папилла красноватого цвета и хорошо развита. Близкие к зрелости особи имеют мягкое брюшко, но икра при легком поглаживании не выделяется.

Икру зрелых самок отцеживают в день сортирования или на следующий день. После отцеживания самок и самцов содержат отдельно до полного завершения нереста. При температуре 5–7 °С самок, близких к созреванию, осматривают через 5–7, а при 9–11 °С – через 3 суток. При температуре 5–7 °С самок, далеких от созревания, осматривают 1 раз в две недели, а при 9–11 °С – 1 раз в неделю. Частый осмотр самок ускоряет их созревание, не вызывая ухудшения качества половых продуктов, что позволяет при температуре 10 °С сократить нерестовую кампанию с 2,5 до 2 мес, если самок осматривают 1 раз в 4 дня.

Характеристика половых продуктов в период нереста. Самцы и самки радужной форели имеют парные половые железы (гонады). У радужной форели нет яйцеводов, поэтому после созревания икринки фолликул (ячейка, в которой находится икринка) лопаются и благодаря сужению задней абдоминальной стенки поступает в полость тела, откуда выходит наружу через половую пору – папиллу.

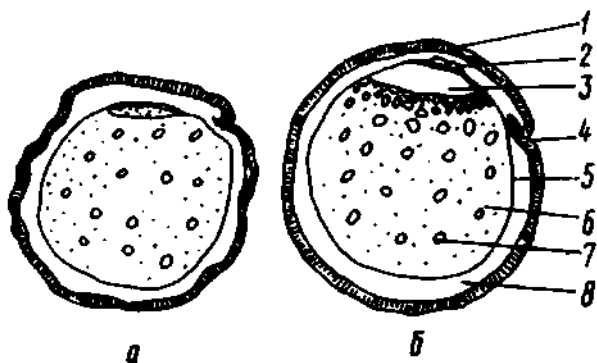


Рис. 27. Икринка радужной форели:
а – неоплодотворенная; *б* – оплодотворенная: 1 – оболочка (хорион), 2 – бластомеры, 3 – зародышевый диск, 4 – микропиле, 5 – вителлиновая оболочка, 6 – желток, 7 – жировая капля, 8 – перивителлиновое пространство

Половые железы самцов перед нерестом представляют собой продолговатые образования кремового цвета. Сперма через парные семяпроводы выводится наружу. Для сщезивания половых продуктов могут быть использованы только абсолютно зрелые рыбы.

Оболочка икринки помимо микропиле пронизана множеством пор (рис. 27).

Зависимость между диаметром икры и ее средней массой следующая: икра диаметром 4,5–4,9 мм имеет массу 76 мг, 5–5,4 мм – 86 мг, 5,5 мм – 5,7 мм – 98 мг.

Среди рыбоводов нет единого мнения по поводу периода, в течение которого сохраняется способность к оплодотворению яйцеклеток, оставшихся в брюшной полости самок после овуляции. Существующие расхождения возникают в результате различий в условиях искусственного осеменения (применение или неприменение разбавителя) или физиологическом состоянии самок. Задержка икры в брюшной полости сопровождается значительными морфологическими изменениями, которые у некоторых особей появляются на 21-е, а у других на 30-е сутки после овуляции. Таким образом, возраст самок и их физиологическое состояние являются решающими факторами в сохранении способности к оплодотворению икры, задержанной в брюшной полости, в отличие от массы их тела и средней массы икринок во время овуляции.

Хранение сщезенной икры не в сухом состоянии, а в полостной жидкости увеличивает процент оплодотворения.

У самцов радужной форели сперматозоид состоит из головки и жгутика, который в 10 раз длиннее головки. У лососевых рыб сперматозоид проникает в яйцеклетку через микропиле. На основании жгутика находятся расположенные в виде воротничка митохондрии. При смешении спермы с пресной водой или гипотоническим раствором в сперматозоидах происходят морфологические изменения: диаметр головки в течение нескольких секунд увеличивается в 2–3 раза, на жгутике образуется пузырь. Энергетические резервы сперматозоидов ограничены, поэтому ограниченно и время их движения, в сперме же сперматозоиды неподвижны.

Подвижность спермиев в первую очередь зависит от среды, в которой они находятся. Отрезок пути, преодолеваемый спермием, может составлять до 10 мм. Установлено, что оплодотворяющие растворы и

овариальная жидкость более существенно влияют на двигательную активность сперматозоидов, чем вода. Овариальная жидкость самок нормальной зрелости действует активизирующе на сперматозоиды при соотношении жидкости и спермы 1:1 и может служить раствором, стимулирующим оплодотворение икры. Овариальная жидкость перезрелых самок действует на сперматозоиды агглютинирующе, поэтому ее не используют.

Оплодотворяющие растворы. Оплодотворяющий раствор Хамора состоит из 6 г хлорида натрия NaCl , 0,2 г хлорида кальция CaCl_2 , 4,5 г мочевины $[\text{CO}(\text{NH})_2]_2$ и 1 л дистиллированной воды. При этом используются реактивы классификации "Ч" и негранулированная мочевины.

При высоком качестве спермы и икры (90–95 % оплодотворения), а также при низком качестве половых продуктов (менее 60 % оплодотворения) использовать раствор нецелесообразно. Добавление раствора приводит к положительным результатам при относительно низком качестве спермы или икры, повышая оплодотворяемость на 10 %. Существуют и другие оплодотворяющие растворы.

Двигательная активность малоподвижных в воде сперматозоидов может быть повышена с помощью оплодотворяющего раствора или овариальной жидкости путем последовательного добавления воды, оплодотворяющего раствора и овариальной жидкости. Таким образом, подвижность сперматозоидов в одной партии спермы можно стимулировать трижды. Пребывание сперматозоида в воде не должно продолжаться более двух минут, иначе произойдут морфологические изменения (плазмолиз) и сперматозоид навсегда потеряет подвижность. При последовательном же добавлении вызывающих двигательную активность жидкостей подобных изменений не происходит. Подвижность сперматозоидов при повторной активизации снижается, движение возобновляется с задержкой в 30–60 с.

Подвижность спермиев. Существует тесная зависимость между подвижностью и оплодотворяющей способностью сперматозоидов. Подвижность сперматозоидов зависит от температуры. Так, максимум подвижности наблюдается при температуре 15°C в течение короткого промежутка времени (5–7 с), но имеет положительное влияние на оплодотворение — оплодотворяемость достигает 96 %. При температуре воды $7,5\text{--}10^\circ\text{C}$ подвижность спермиев наблюдается в течение длительного времени, что также благоприятно сказывается на оплодотворении.

Оплодотворяющая способность спермы зависит от времени ее взятия. Так, только что полученная сперма имеет оплодотворяющую способность до 91, спустя 1 час — до 62 и спустя 4 часа — до 58 %.

При оплодотворении перепад температур для икры и спермы не должен превышать 5°C .

Анестезирование производителей. Работа с производителями проводится в специально оборудованном помещении при температуре воздуха, отличающейся от температуры воды не более чем на 5°C . Для об-

легчения работы со зрелыми производителями самцов и самок рекомендуется помещать отдельно в бассейны типа КМ 02.101006 (размером 1 × 1 × 0,6 м) при уровне воды 0,3–0,4 м, плотности посадки до 20 производителей на бассейн, водообмене 5 раз в час.

Для ускорения и облегчения отцеживания половых продуктов, уменьшения травмирования применяется анестезирование производителей. Для этой цели можно использовать хинальдин, пропоксат, трихлорбутилэтанол. Применение анестетиков позволяет при прочих равных условиях получить икры на 10 % больше.

Широкое применение в отечественном рыбоводстве в качестве анестетика получил хинальдин, который используется при концентрации 1:10 000–1:50 000. Анестезирование производителей рекомендуется производить в бассейне КМ 02.101004 (размером 1 × 1 × 0,4 м), объем воды должен составлять 150–200 л. Для приготовления раствора при таком объеме воды необходимо взять 3–4 мл хинальдина, предварительно разведенного в 40–80 мл этилового спирта или ацетона. При периодической аэрации раствор можно использовать многократно, пока его действие остается эффективным.

В связи с тем что действие анестетика на рыбу зависит от температуры воды, ее химического состава и некоторых других показателей, необходимо предварительно убедиться в эффективности влияния данной дозы на отдельные экземпляры. Усыпление должно происходить в течение 0,5–1 мин, а возвращение к нормальному состоянию – через 2–3 мин после помещения рыбы в проточную воду. В усыпленном состоянии рыба может находиться не более 10 мин.

Сбор икры происходит следующим образом. Двух-трех самок с помощью сачка переводят в емкость с анестезирующим раствором. После усыпления самку в сачке быстро погружают в чистую проточную воду и перемещают на рыбоводный стол для отцеживания. Усыпленные производители подвергаются меньшей травматизации, так как их не надо удерживать. Кроме того, при анестезировании легко отобрать лучших по экстерьеру рыб.

Получение половых продуктов. Необходимо тщательно контролировать качество половых продуктов при их отцеживании. Нельзя использовать перезрелую или недозрелую икру, икру с большим количеством овариальной жидкости и диаметром менее 4 мм, а также икру и молоки, содержащие слизь, кровь, фекалии, воду.

Впервые нерестящихся годовалых самцов и 2-годовалых самок обязательно подвергают отцеживанию. Молоки в рыбоводных целях не используют, а икру используют при условии, если масса овулировавшей икринки составляет более 45 мг, и инкубируют отдельно.

Если самка крупная, то отцеживание лучше проводить вдвоем. Один человек должен держать самку, другой – отцеживать икру.

Самку берут в руки с рыбоводного стола, предварительно завернув в марлю или полотенце, и насухо обтирают брюшную сторону. При от-

отцеживании икры хвостовой стебель находится в левой руке, а голова рыбы скользит по сгибу правой руки, при этом спинка рыбы должна быть обращена к рыбоводу, а голова — несколько приподнята. Рекомендуется работать с рыбой в шерстяных перчатках — это помогает ее удерживать.

Отцеживание осуществляют с помощью легкого, но достаточно энергичного движения пальцев правой руки, сдавливающих брюшко рыбы так, чтобы икра вытекала непрерывной струей. Брюшная часть рыбы массируется движениями руки от головы к анальному отверстию. Когда икра перестает вытекать из папиллы, следует приподнять голову производителя, слегка потрясти рукой брюшко, а затем повторить отцеживание — и так до полного прекращения вытекания икры.

Отцеживать икру нужно осторожно, так как содержимое поврежденных икринок обволакивает целые икринки, препятствуя их оплодотворению. Обычно икру отцеживают в сухой эмалированный таз или в другую емкость из слабоокисляемого или синтетического материала. Но можно отцеживать икру и в специально предназначенное устройство. Внутренняя часть устройства для сбора икры заменяет марлевую салфетку, на которую отцеживают икру при использовании эмалированного таза, и икра в нем не травмируется. Из устройства икру сливают в емкость, в которой затем проводят осеменение. Икра не должна занимать более $\frac{1}{3}$ — $\frac{1}{2}$ части этой емкости.

Сбор половых продуктов желательно проводить при температуре воздуха, близкой к температуре воды, в которой содержатся производители, и избегать воздействия на них прямого солнечного света.

Существует несколько способов отцеживания молок. Для их получения самцу в половое отверстие осторожно вводят трубку, соединенную с пробиркой. С помощью второй трубки воздух из пробирки отсасывают, и молоки свободно вытекают в пробирку. Аналогичным образом производят сбор спермы пипеткой (толщиной у вершины 1,5 мм), которую вводят на глубину 1 см в семявыводящий проток.

Сперму можно отцеживать так же, как и икру. Но в отличие от икры зрелая сперма расположена у папиллы приблизительно в $\frac{1}{3}$ семенника. Сперму от каждого самца отцеживают в сухую пробирку, но возможно отцеживание спермы прямо в партию икры от 5—7 самок с предварительным контролем ее качества.

Как правило, первую порцию спермы при отцеживании не используют, но визуально оценивают ее качество. У впервые нерестящихся особей ремонтной группы оценивают производственные качества самцов, проводят соответствующую выбраковку.

Осеменение, промывка и набухание икры. Отцеживание икры и спермы необходимо проводить одновременно. Осеменение должно произойти в течение 10 мин после взятия икры.

В отцеженную икру добавляют одновременно сперму из 2—3 проби-

рок и в течение 5–10 с после осеменения икры половые продукты быстро и тщательно перемешивают гусиным пером.

При большем промежутке времени между осеменением и перемешиванием овариальная жидкость, которая окружает икринки, сильно активизирует часть сперматозоидов, из-за чего в дальнейшем не все икринки приходят в контакт со спермиями при активизации их раствором Хамора или водой.

Затем в емкость добавляют раствор Хамора или воду в таком количестве, чтобы жидкость закрывала икру слоем в 1 см. Содержимое емкости сразу быстро перемешивают в течение 3–5 с. Задержка в перемешивании икры со спермой (после добавления раствора Хамора) даже на 5 с снижает оплодотворение икры на 15 %, а на 30 с — приводит к оплодотворению только $\frac{1}{4}$ части икры.

При отсутствии раствора Хамора используют чистую воду. В момент добавления раствора происходит проникновение сперматозоида в икринку через микропиле. После этого емкость с икрой оставляют в темноте на 5–10 мин.

Сразу после оплодотворения икринка начинает впитывать воду через водопроницаемую оболочку — хорион. В это время эластичность оболочки икры увеличивается, достигая своего максимума спустя 3 ч после оплодотворения. Толщина оболочки достигает $\frac{1}{30}$ мм, а масса составляет от 14 до 20 % массы икринки. После оплодотворения под действием воды икринка выделяет в перевителлиновое пространство осмотически активные вещества, которые способствуют впитыванию воды. Наличие перевителлинового пространства предохраняет эмбрион от внешних воздействий, обеспечивая зародышу постоянное дорсальное положение с помощью жировых капель.

После 5–10 мин покоя икру промывают на специальном столе, освобождая от спермы и посторонних примесей путем частой смены воды. При осмотическом втягивании воды в перевителлиновое пространство икринка как бы временно приклеивается к поверхности емкости, но это не имеет ничего общего с обычной клейкостью икры. Икра радужной форели слабосклеякая.

В емкость с отмытой икрой подают воду слабой струей, чтобы икра не выносилась из нее. Икра набухает примерно 2 ч, после чего ее можно закладывать на инкубацию. В результате набухания масса икринки увеличивается до 16, а объем до 20 %, оболочка приобретает упругость.

Спустя 2 ч после оплодотворения при температуре 8 °С происходит слияние ядер икринки и сперматозоида и завершается процесс оплодотворения. Через несколько часов начинается деление бластодиска, на этой стадии икринки очень чувствительны к механическим воздействиям и вибрации. Поэтому помещение икринок в инкубатор следует проводить не позднее чем через 8 ч после оплодотворения.

Применяют и другой способ оплодотворения икры, когда в сперму

предварительно добавляют разбавитель — раствор Хенкса, в котором она неподвижна. Известно, что для радужной форели при использовании разбавителя спермы оптимальным является соотношение: 1 яйцеклетка к 0,3 млн спермиев, а наиболее благоприятные условия для максимального оплодотворения икры могут быть созданы при осеменении яйцеклетки в 10–100 мм³ оплодотворяющей жидкости.

После тщательного перемешивания икры и неподвижной спермы в растворе Хенкса добавляют пресную воду из такого расчета, чтобы на одну икринку приходилось около 5 мм³ жидкости.

Осеменение в солоноватой воде. Установлено, что оплодотворение икры радужной форели можно осуществлять в солоноватой воде соленостью до 8 ‰. При этом сперматозоиды в воде соленостью 4–7,4 ‰ сохраняют свою активность дольше, чем в пресной. Икра радужной форели способна впитывать морскую воду соленостью ниже 4 ‰. Однако процесс набухания икры необходимо проводить в пресной воде. Оплодотворение происходит более эффективно в воде соленостью 6–7 ‰, при этом спустя 1–2 мин солоноватую воду заменяют пресной для набухания икры.

Режим эксплуатации самцов и самок. При содержании в холодной воде самцов подвергают отцеживанию через 3–4, в теплой воде — через 2 суток. Две группы самцов используют поочередно. После взятия порции спермы самцов кормят в течение половины промежутка времени до следующего взятия спермы. Норма кормления составляет 0,5–1 % массы тела производителей. Созревающие самцы ремонтной группы используются в конце нереста. У самцов радужной форели, которые не были использованы в нерестовой кампании, необходимо отцедить сперму перед переводом производителей на нагул. Резорбция огромной массы сперматозоидов у неиспользованных в нерестовой кампании особей растягивается на очень длительный срок (до 5–6 мес) и сдерживает развитие гонад.

Известно, что оболочки икринок, оставшихся в полости тела, полностью не резорбируются и образуют "пробки", ухудшающие как качество икры, так и процесс отцеживания в следующем сезоне. Поэтому в случае необходимости следует проводить повторное отцеживание. Подвергшихся отцеживанию самок пересаживают в нагульные бассейны и начинают интенсивно кормить.

СТРУКТУРА ФОРЕЛЕВОГО ХОЗЯЙСТВА

Экономически нецелесообразно в каждом товарном хозяйстве содержать стадо производителей. Радужная форель созревает в 2–3-годовалом возрасте, а производители содержатся 6–7 лет, что удлиняет производственный цикл хозяйства, рассчитанный на короткий (1–2 года) период товарного выращивания. Кроме того, при содержании маточ-

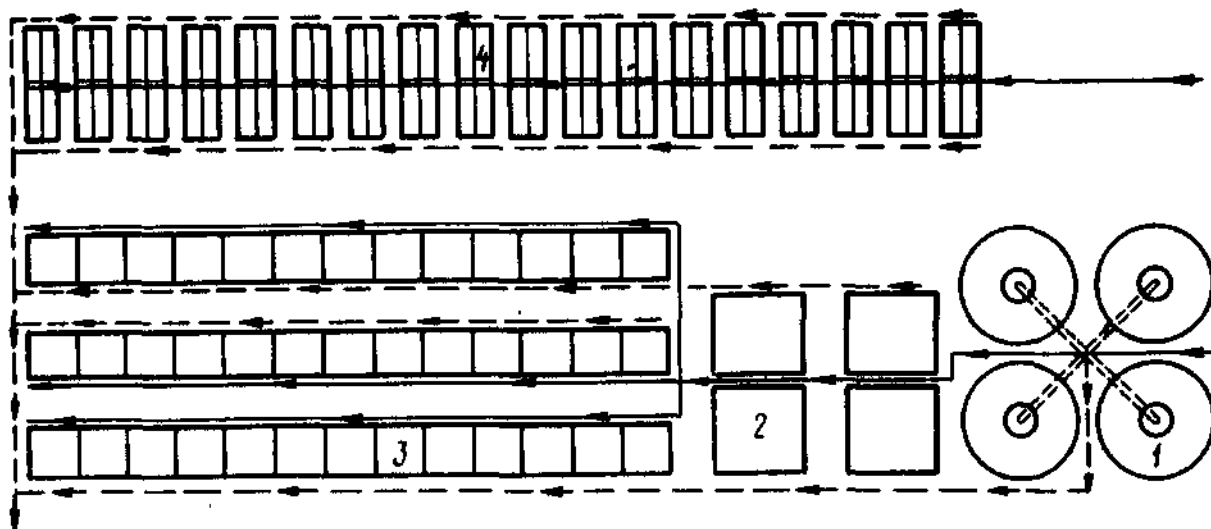


Рис. 28. Схема ремонтно-маточного и малькового участков форелевого питомника:

1 – круглые бассейны диаметром 5 и высотой 1,7 м для содержания маточного стада; 2 – квадратные бассейны размером $4 \times 4 \times 1$ м для содержания ремонтного стада; 3 – квадратные бассейны размером $2 \times 2 \times 0,6$ м для выращивания молоди массой более 5 г и содержания годовиков ремонтной группы; 4 – прямоугольные бассейны размером $2,5 \times 0,8 \times 0,6$ м для выращивания молоди массой 0,2–1 г

ных стад в хозяйствах необходимо иметь две линии производителей и периодически завозить икру или сперму.

В настоящее время на различных предприятиях аквакультуры существует специализация производства.

Для рыбопитомника (без административных помещений и инкубатора) мощностью свыше 1 млн шт. молоди радужной форели массой более 5 г требуется площадка размером 54×24 м (рис. 28). Стандартные металлические фермы длиной 24 м позволяют весь рыбопитомник вместе с инкубатором и служебными помещениями разместить под одной крышей. В рыбопитомнике используется отечественное стеклопластиковое стандартное рыбоводное оборудование.

Ремонтно-маточное стадо можно содержать в круглых и квадратных бассейнах при плотности посадки $30\text{--}40 \text{ кг/м}^3$. Бассейны должны использоваться круглый год. В таком рыбопитомнике инкубацию икры, выдерживание свободных эмбрионов и подращивание личинок до массы 0,2–0,3 г следует проводить в аппаратах лоткового типа (см. рис. 8).

Молодь массой 0,3–1 г выращивают в бассейнах размером $2,5 \times 0,8 \times 0,6$ м при плотности посадки от 15 до 30 кг/м^3 . Бассейны находятся в эксплуатации полгода.

Молодь массой свыше 5 г, предназначенную для реализации, а также для ремонтной группы выращивают в бассейнах $2 \times 2 \times 0,8$ м при плотности посадки до 40 кг/м^3 . Бассейны используют в течение всего года. При соответствующем качестве воды в питомнике имеется резерв для увеличения количества выращиваемой молоди.

Необходимы форелевые питомники, специализирующиеся на совер-

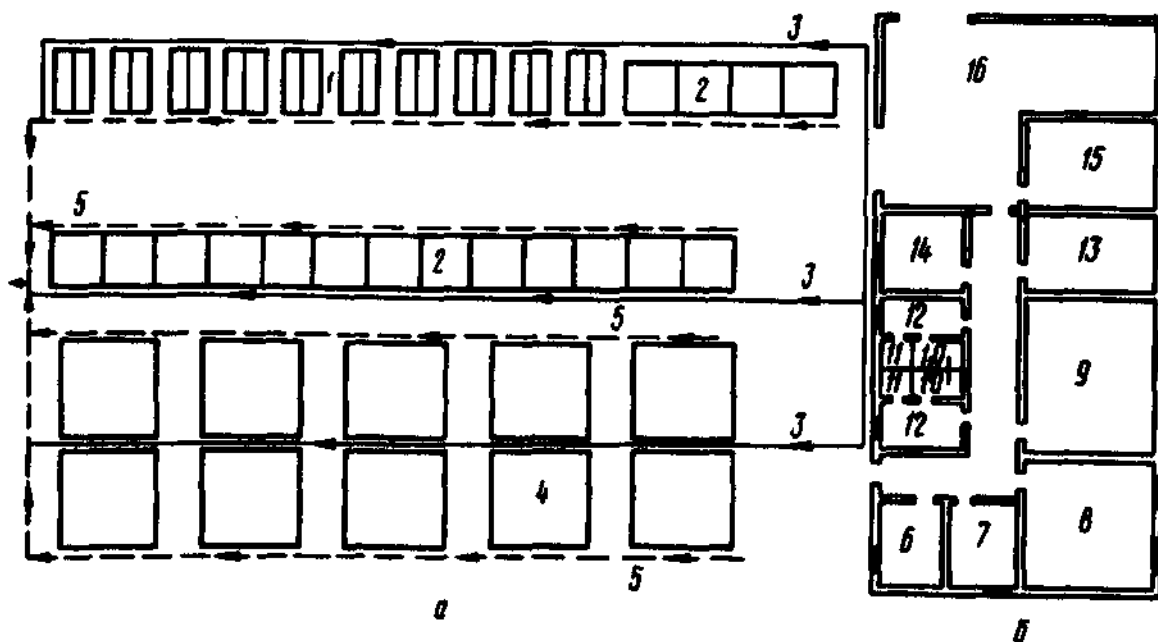


Рис. 29. Схема товарного форелевого хозяйства:

а — выростной участок: 1 — прямоугольные бассейны размером $2,5 \times 0,8 \times 0,6$ м, 2 — квадратные бассейны размером $2 \times 2 \times 0,8$ м, 3 — водоподающая система, 4 — квадратный бассейн размером $4 \times 4 \times 1$ м, 5 — водосбросная система; *б* — административно-хозяйственный комплекс: 6, 7 — служебные помещения, 8 — буфет, 9 — лаборатория, 10 — мужской и женский туалет, 11 — мужской и женский душ, 12 — мужской и женский гардероб, 13 — склад инвентаря, 14 — ремонтная мастерская, 15 — дизельная, 16 — склад кормов и гараж

шенствовании пород форели или содержании ремонтно-маточных стад и выращивании посадочного материала как для пресноводных, так и для морских хозяйств. Питомники значительно улучшат и облегчат работу промышленных хозяйств, занимающихся выращиванием товарной форели различными методами с использованием морской и пресной воды.

Для товарного форелевого хозяйства мощностью 10 т размер площадки составляет 24×48 м, хозяйство размещается под одной крышей (рис. 29).

Молодь массой от 1 до 5 г выращивают в бассейнах размером $2,5 \times 0,8 \times 0,6$ м при плотности посадки от 10 до 20 кг/м³. Молодь массой от 5 до 50 г выращивают в бассейнах размером $2 \times 2 \times 0,8$ м при плотности посадки от 20 до 80 кг/м³ и в бассейнах $4 \times 4 \times 1$ м выращивают рыбу массой от 50 до 150 г при плотности посадки от 60 до 100 кг/м³.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что необходимо более углубленное разделение труда в форелеводстве (как это произошло во многих отраслях сельского хозяйства, в частности в бройлерном птицеводстве). Целесообразно создать ряд селекционно-племенных центров, входящих в состав научно-исследовательских институтов рыбного хозяйства и специализирующихся на селекционно-племенной и генетической работе, гибридизации, получении стерильных рыб и выращивании элитных производителей для рыбопитомников. В настоя-

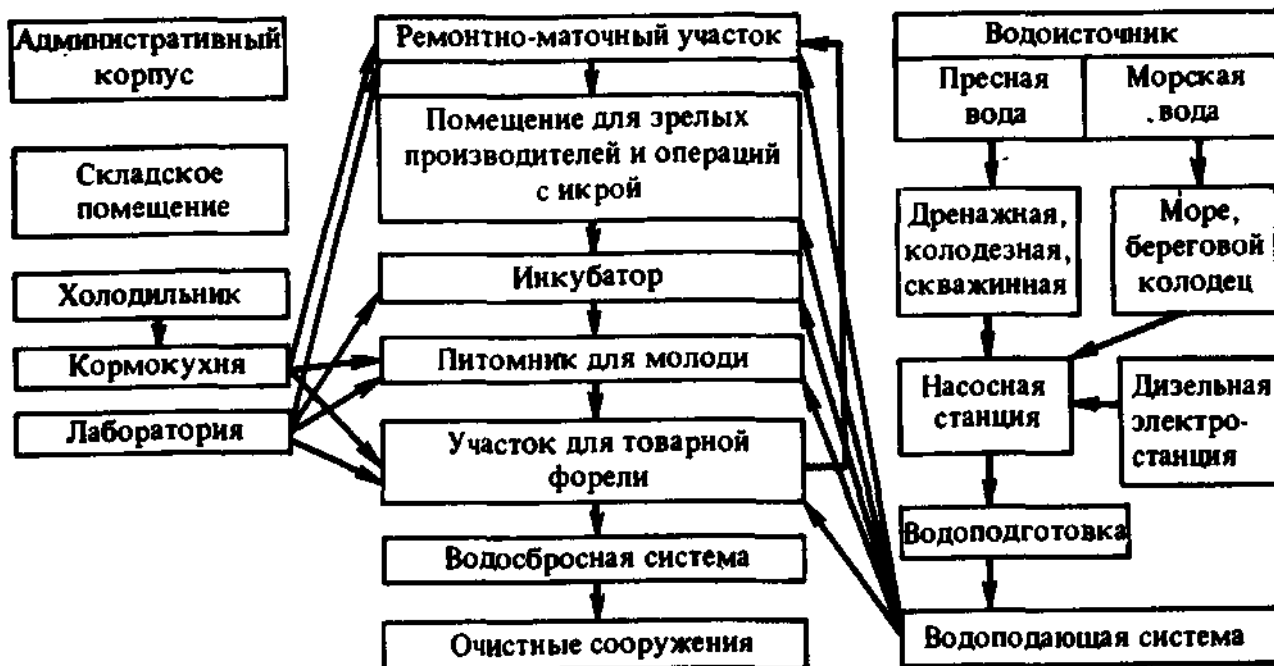


Рис. 30. Схема организации полносистемного форелевого хозяйства, использующего морскую и пресную воду

шее время единственной базой разведения форели является Центральная экспериментальная станция "Ропша" в Ленинградской области, входящая в состав НПО "Промвод". В СССР преобладают полносистемные форелевые хозяйства (рис. 30).

Учитывая стабильность и мощность водоемника, тип воды (морская, пресная, смешанная), ее температурный режим, площадь земельного участка и т. д., определяют мощность хозяйства и выбирают основную схему выращивания и необходимое оборудование.

В данной схеме предлагается морская, пресная и смешанная вода. Вода из водоемника электронасосами подается на станцию водоподготовки, затем из накопительных емкостей по водоподающей лотковой системе поступает на все участки хозяйства. Пресная вода подается на ремонтно-маточный участок, в помещение для работы со зрелыми производителями, инкубационный цех, питомник для молоди. Морская вода подается на ремонтно-маточный участок, в питомник для молоди и на участок для товарной форели.

Хозяйство должно быть обеспечено электроэнергией по первой категории и иметь собственную аварийную дизельную электростанцию соответствующей мощности. Необходима также автономная аварийная сигнализация, оповещающая о прекращении подачи воды.

Помещение для кратковременного содержания зрелых производителей и сбора икры должно быть совмещено с инкубатором и снабжено бассейнами и установкой для набухания икры. Самцов и самок содержат отдельно.

Количество и тип бассейнов для ремонтно-маточного стада, питомника для молоди, участка для товарной форели, а также мощность ин-

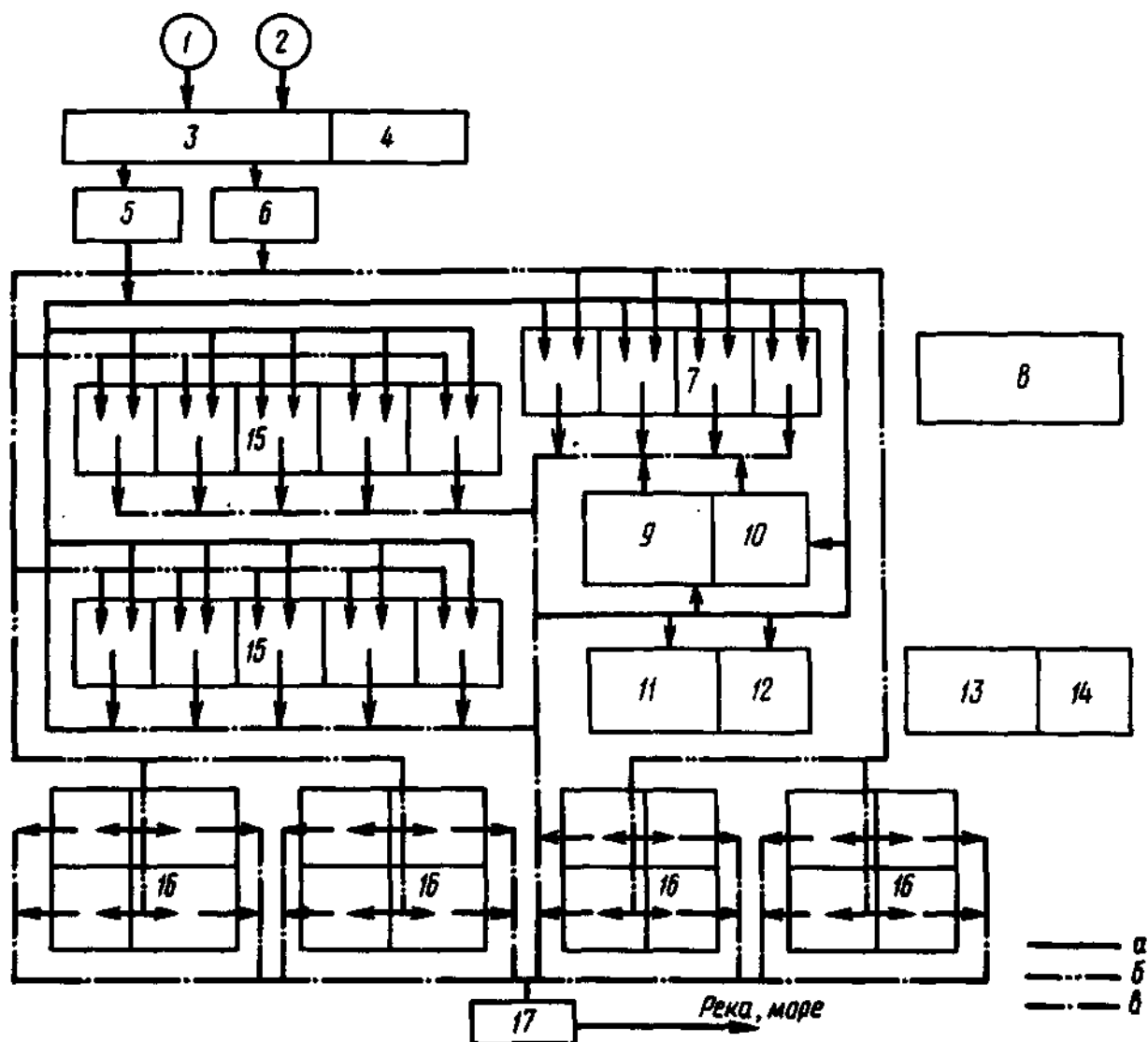


Рис. 31. Схема размещения берегового бассейнового форелевого хозяйства, использующего морскую воду:

a – пресная вода; *б* – морская вода; *в* – водосброс; 1 – источник пресной воды; 2 – источник морской воды; 3 – насосная станция; 4 – аварийная дизельная электростанция; 5 – накопитель пресной воды; 6 – накопитель морской воды; 7 – ремонтно-маточный участок; 8 – административный корпус; 9 – инкубационный цех; 10 – помещение для содержания зрелых производителей и операций с икрой; 11 – кормокухня; 12 – лаборатория; 13 – холодильная камера; 14 – складское помещение; 15 – питомник для молоди; 16 – участок для товарной форели; 17 – очистные сооружения

кубационного цеха определяются планируемой мощностью хозяйства и выбранным способом выращивания рыбы (обычным, интенсивным и сверхинтенсивным) в соответствии с нормами технологического проектирования.

Инкубация икры, выдерживание свободных эмбрионов и подращивание молоди проводятся в помещении. В северных и центральных районах страны выращивание товарной рыбы осуществляют в помещении или под открытым небом. В южных районах для удобства рабо-

ты и защиты рыбы от прямых солнечных лучей рыбоводные бассейны располагают под навесом.

Для того чтобы рыба не выпрыгивала из бассейна, часть его в месте подачи воды должна быть закрыта натянутой делью, а уровень воды в бассейне должен быть не менее чем на 0,2 м ниже верхнего его края.

В хозяйстве, работающем на морской воде (рис. 31), должны быть предусмотрены: административное помещение; совмещенные складские помещения для хранения материалов, рыбоводного оборудования; склад для хранения гранулированных кормов или холодильная камера для хранения влажных гранулированных кормов и свежемороженой рыбы; лаборатория, оснащенная оборудованием для контроля за качеством воды и проведения ветеринарных наблюдений; кормокухня для приготовления влажных гранулированных и лечебных кормов, оснащенная дробилкой, виброситом, смесителем для приготовления кормосмеси, гранулятором, весами, медикаментами, миксером для смешивания масла и жиров с премиксами. В хозяйстве также необходимо иметь транспортное и сортировальное оборудование, электронасосы различной мощности, рыбонасосы, различные весы, емкости для транспортирования живой рыбы, рыбоводный инвентарь, воздушный компрессор с ресивером соответствующей мощности и т. д.

ИНКУБАЦИЯ ИКРЫ, ВЫДЕРЖИВАНИЕ СВОБОДНЫХ ЭМБРИОНОВ, ВЫРАЩИВАНИЕ ЛИЧИНОК И МАЛЬКОВ

Эмбриональное развитие икры. Развитие эмбриона радужной форели имеет около трех десятков стадий. Одним из главных факторов, влияющих на скорость развития эмбриона, является температура. Причем повышение температуры до соответствующего предела вызывает ускорение развития эмбриона.

Спустя несколько часов после оплодотворения на анимальном полюсе икринки появляется куполообразный зародышевый диск (бластодиск). Примерно через 20 ч при температуре 6–8 °С начинается стадия его дробления. Икра особо чувствительна к внешним воздействиям в периоды дробления бластодиска, обрастания и начала формирования эмбриона, образования хвостовой почки и отделения хвоста, начала пигментации глаз, сегментации хвоста и начала движений, а особенно — перед выклевом.

На стадии пигментации глаз эмбрион хорошо просматривается через оболочку, у него образуются печень, ротовая щель, на теле становятся заметными меланофоры, образуется анальное отверстие, затем рост эмбриона продолжается, появляются зачатки брюшных и непарных плавников. После того как эмбрион полностью сформировался, достиг

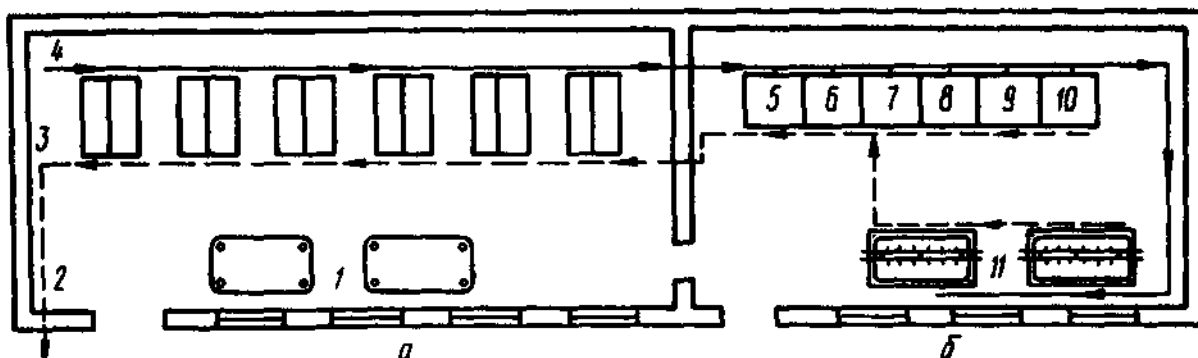


Рис. 32. Схема инкубационного цеха (а) мощностью 1,5 млн шт. (при одновременной закладке икры) и помещений для отцеживания (б):

1 – рыбоводный рабочий стол; 2 – водосбросная система; 3 – кассеты с инкубационными лотковыми аппаратами КМ.01.2104017 (4 шт. по вертикали, 8 шт. в кассете); 4 – водоподающая система; 5 – бассейн для содержания самцов после отцеживания; 6 – бассейн для содержания зрелых самцов; 7 – бассейн с анестезирующими веществами; 8 – бассейн с чистой проточной водой; 9 – бассейн для содержания зрелых самок; 10 – бассейн для содержания самок после отцеживания; 11 – столы для набухания икры

определенных размеров, начинается стадия подвижного эмбриона. Эта стадия длится недолго, и наступает выклев.

Инкубация икры. Инкубация проводится в инкубационных аппаратах, которые установлены в специальном цехе, являющемся одним из основных сооружений питомников и полносистемных форелевых хозяйств. С инкубационным цехом совмещено помещение для работы с производителями (рис. 32). В цехе осуществляются инкубация икры, выдерживание свободных эмбрионов и подращивание личинок до достижения ими массы 0,2–0,3 г в течение 2–3 недель. Все эти процессы проводят в инкубационных аппаратах лоткового типа марки КМ 01.2104017 (см. табл. 22). В помещении для работы с производителями в период сбора половых продуктов для содержания производителей используются квадратные бассейны типа КМ 02.101006 размером 1 × 1 × 0,6 м и столы для отмывки и набухания икры.

После набухания перед загрузкой икры в инкубационный аппарат изымают неоплодотворенную побелевшую икру и проводят учет оплодотворенной икры. До закладки на инкубацию проводят профилактическую обработку икры в растворе малахитового зеленого в течение 10–15 мин (концентрация 1:150 000) или в растворе формалина (концентрация 1:2000) в течение 10 мин.

Учет икры. Учет можно провести перед закладкой в аппарат или на стадии пигментации глаз. Существуют весовой и объемный способы учета, а также специальные приспособления для определения количества икры. При весовом способе взвешивают не менее 3 порций икры по 10–20 г каждая, определяют количество икринок в каждой пробе, затем среднее количество икринок в 1 г и с помощью простого расчета

определяют их общее количество. Объемный способ аналогичен весовому, но определяют количество икринок в 1 мл путем подсчета их количества в 3 пробах по 10–50 мл каждая.

В хозяйстве желательно иметь мерные емкости, объем которых соответствует вместимости рыбоводной рамки или инкубационного ящика при укладке в 1 и 1,5 слоя.

При помощи мерной емкости икру раскладывают в инкубационном ящике (см. рис. 8), причем в один инкубационный лоток, содержащий 4 инкубационных ящика, следует помещать икру из одной партии. Для смягчения ударов при закладке икры в инкубационном аппарате максимально поднимают уровень воды, а затем понижают его до необходимого.

Контроль за средой. В период инкубации контролируют гидрохимический и температурный режим, расход воды, следят за тем, чтобы не возникло грибкового заболевания. Если в воде присутствуют взвешенные частицы, то, оседая, они постепенно заливают икру и вызывают тем самым снижение эффективности газообмена и увеличение отхода. Поэтому воду перед подачей в инкубационный цех следует пропускать через фильтр или отстойник, а также через бактерицидную установку.

Содержание кислорода определяют раз в неделю, а температуру воды измеряют ежедневно в 7, 13 и 19 ч.

Количество градусо-дней при инкубации. Для выклева эмбрионов необходимо затратить определенное количество тепловой энергии (градусо-дней). Необходимо отметить, что для крайних значений температуры инкубации определить количество градусо-дней можно только приблизительно (рис. 33).

Нетрудно подсчитать, что при температуре 15 °С потребуется на развитие икры 315, а при 5 °С – 450 градусо-дней. Однако во многих случаях бывает вполне достаточно установить лишь связь между температурой и развитием икры.

Температура икры при инкубации. Известно, что при слишком высокой для данного вида рыб температуре наблюдается преждевременное вылупление эмбрионов. Это связано с ранним частичным перевариванием защитной оболочки икры протеолитическими ферментами или с преждевременным ее разрывом при интенсивном движе-

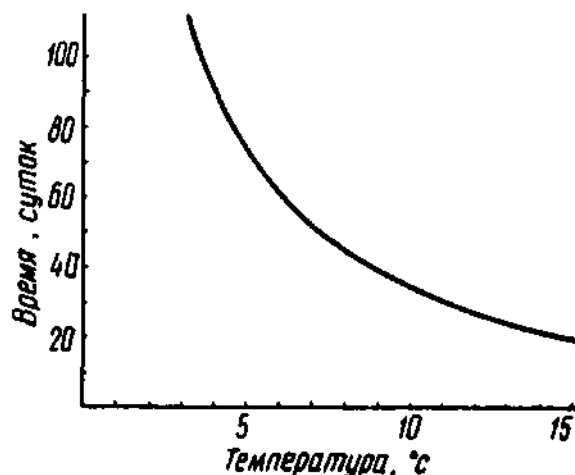


Рис. 33. Продолжительность развития с момента оплодотворения до выклева у радужной форели при различных температурах

нии зародышей. Другой причиной преждевременного выплупления может служить более интенсивный рост грибков при высокой температуре.

Температура воды при инкубации должна составлять не менее 3–4 и не более 13–14 °С.

Оптимальная температура для инкубации икры радужной форели составляет 6–10 °С.

Продолжительность инкубации икры радужной форели зависит от температуры воды.

Температура, °С	2	4,5	5	7	7,1	7,3	10	12	13	15,7
Продолжительность инкубации, сут	105	80	58	44	42	48	31	24	25	19

Известно, что для создания оптимальных условий развития сапролегнии необходима температура выше 10 °С. Поэтому возможно до стадии пигментации глаз инкубацию проводить при температуре несколько ниже, а после этой стадии – выше 10 °С.

Колебания температуры воды в течение суток отрицательно сказываются на эмбриогенезе.

Установлено, что резкие изменения абиотических факторов (температуры, рН, содержания кислорода и др.) во время инкубации икры приводят к различным аномалиям в строении тела форели: искривлению и укорочению позвоночника, недоразвитию жаберных крышек, образованию двух спинных плавников, отсутствию анального плавника и др.

Применение замкнутого цикла водоснабжения при инкубации икры. При наличии водоисточника с нестабильными параметрами (температура, рН) необходимо применять замкнутый цикл водоснабжения. Установка замкнутого цикла водоснабжения для инкубации икры состоит из следующих узлов: регенерации воды, термостатирования, водоподачи и инкубационного. Икра в процессе жизнедеятельности выделяет незначительное количество ионов аммония, от которых успешно может очищать воду природный цеолит – клиноптилолит. При этом он выделяет в среду инкубации ионы кальция, необходимые для развития икры.

Потребление кислорода икрой в процессе эмбриогенеза значительно колеблется. Кроме того, количество доступного для икры кислорода зависит не только от его концентрации в воде, но и от скорости, с которой вода омывает икру. Потребление кислорода возрастает с увеличением размера эмбриона. Низкое содержание кислорода удлиняет процесс инкубации, а понижение его содержания непосредственно перед выклевом приводит к преждевременному выклевыву слаборазвитых свободных эмбрионов.

Наибольшее потребление кислорода отмечается в период выклева – оно составляет 0,5 мг/ч на 100 икринок. Свободные эмбрионы потребляют кислорода в 8–10 раз больше, чем икра. При инкубации икры содержание кислорода должно составлять не менее 6 мг/л.

Обращение с икрой в период инкубации. До начала стадии пигментации глаз икринок чувствительны к вибрации и различным механическим воздействиям, за исключением двух этапов с пониженной чувствительностью (табл. 27), поэтому на этом этапе инкубации икринок должны спокойно лежать в инкубационных аппаратах. В этот период развития необходимо обеспечить благоприятные условия среды и предупреждать появление сапролегнии на икре. Возможна ручная отборка пораженных икринок с помощью пинцетов и других приспособлений. Но это слишком трудоемкий процесс, и поэтому данный метод в настоящее время стараются не применять.

Удаление мертвой икры и другие рыбоводные операции с икрой проводят после наступления стадии пигментации глаз. В это время устраняют заиление. Хороший эффект в этом случае дает промывание икры чистой водой с помощью душа. При промывании удаляются разложенные комки икринок, образованные сапролегниевыми грибами, мертвые икринки, имеющие характерный матовый цвет. Одновременно путем механического воздействия разрушается вителлиновая оболочка неоплодотворенных и неполноценных икринок. Но для того чтобы икринки, подвергшиеся механическому воздействию, приобрели матовый цвет, требуется несколько часов, поэтому на следующий день необходимо произвести отбор для профилактики сапролегнии.

27. Возможное время начала и окончания работ с икрой в период инкубации, сут

Стадия развития икры	Температура, °С		
	6	8	10
До утолщения бластодиска	1-е – 5-е	1-е – 3-е	1-е – 2-е
Обрастание желтка бластодермой	13-е – 15-е	8-е – 10-е	6-е – 8-е
Рост хвостового отдела и пигментация глаз	19-е – 39-е	16-е – 34-е	12-е – 29-е
Весь период развития до вылупления	43–47	37–42	31–34

Для массового отбора мертвых икринок на стадии пигментации глаз применяют метод флотации. Икру помещают в 10–12 %-ный раствор поваренной соли. Концентрацию применяемого раствора необходимо проверить на небольшом количестве икринок, так как размер икринок, степень развития и температура воды влияют на процесс флотации, при этом лучше применять 10,7 %-ный раствор (960 г поваренной соли на 8 л воды). Неполноценные икринки всплывут в течение 3 мин. Эту операцию следует проводить достаточно быстро, так как живые икринки могут подвергнуться отрицательному воздействию раствора. Сущест-

вует другой способ борьбы с сапролегнией (о чем будет идти речь в дальнейшем), периодически икра обрабатывается малахитовым зеленым.

Учет отхода икры. В процессе отбора производят подсчет икринок с помощью весового или объемного метода. Учет отхода икры ведут по каждому инкубационному аппарату, по каждой рыбоводной рамке.

Определение процента оплодотворения икры. Для ведения рыбоводного процесса необходимо уметь определять качество икры, заложенной на инкубацию и, в частности, процент ее оплодотворения, который определяют на стадии развития, характеризующейся началом пульсации сердца и обособления хвостовой части тела зародыша (через 9–11 дней инкубации при температуре воды 10 °С). Пробу икры помещают в 5 %-ный раствор уксусной кислоты с добавлением 7 г поваренной соли на 1 л раствора. В этом осветляющем растворе оболочка икры обесцветится и в нормально оплодотворенной и развивающейся икре станет заметной белая полоска тела зародыша. Процент оплодотворения устанавливается на основании проверки не менее 100 икринок из каждой партии.

Свет и инкубация икры. Под воздействием прямого солнечного света икра полностью погибает в течение нескольких дней. Инкубация икры должна проходить в темноте. Однако при различной температуре срок инкубации икры форели может колебаться от 105 до 19 сут.

Рыбоводу необходимо периодически осматривать икру и по мере надобности проводить с ней рыбоводные операции и проверять систему водоподдачи.

Обычно обработка одного инкубационного ящика или рыбоводной рамки с икрой (ручная отборка, промывка икры и т. д.) занимает от 3 до 15 мин. Для этого обычно применяют электрическое освещение, интенсивность и время использования которого практически не ограничиваются. Кроме того, установлено, что интенсивность естественного освещения в инкубационном цехе намного ниже, чем в природе, и зависит от ориентации цеха, количества и размера окон и может быть различной на определенных участках одного и того же цеха в одно и то же время суток (это различие может составлять 50–70 и более раз).

Установлено, что эмбрионы радужной форели весьма чувствительны к длительным световым воздействиям до начала пульсации сердца, особенно во время дробления бластодиска и в конце гаструляции. Существует мнение, что свободные эмбрионы, выклюнувшиеся из икры, инкубируемой в темноте, имеют более высокие выживаемость и темп роста по сравнению со свободными эмбрионами, выклюнувшимися из икры, подверженной длительному световому воздействию. В связи с этим при проведении рыбоводных операций с икрой, свободными эмбрионами и личинками радужной форели необходимо учитывать значение светового фактора.

Установлено, что освещение икры 1 раз в день лампочкой в 40 ватт

по 10—20 мин во время обычной проверки и отбора мертвой икры не оказывало влияния на развитие эмбрионов.

Выклев эмбрионов. Выклев происходит непосредственно в инкубационном ящике. Под влиянием протеолитических ферментов, вырабатываемых железами вылупления, оболочка икры становится менее прочной, утончается и под воздействием движения эмбриона разрывается. Процесс освобождения эмбриона от оболочки называется выклевом или вылуплением. Нормальный эмбрион разрывает оболочку икринки при помощи хвоста.

Перенос икры в личиночные бассейны. При излишке икры в инкубационном аппарате или непригодности его для выдерживания свободных эмбрионов икра переносится на рыбоводные рамки в специальные мальковые бассейны, где используется искусственный риф. Необходимо учитывать, что перед выклевом икра становится чувствительной к механическим воздействиям, поэтому перенос икры из инкубационных аппаратов на рамки необходимо производить за несколько дней до выклева.

Использование инкубационных рамок дает следующие преимущества: выклев происходит естественно, свободные эмбрионы проваливаются на дно бассейна, мертвые икринки остаются на рамках, бассейн не загрязняется, становится возможным зарыбление бассейна свободными эмбрионами согласно нормам посадки.

Рамки устанавливаются горизонтально под прямым углом по отношению к направлению потока воды в один ряд на подставки на расстоянии 5 см от дна бассейна и 30—50 см друг от друга. Глубина (7—8 см) должна быть такой, чтобы верхняя часть рамки слегка выступала над водой.

При соблюдении норм биотехники содержания производителей, сбора и инкубации икры отход за период эмбриогенеза (включая неоплодотворенную икру) не должен превышать 20 % при содержании производителей в теплой воде.

Инкубация икры в морской воде. Возможна инкубация икры радужной форели в морской воде, что позволяет расширить ареал ее выращивания. Для этого процесс набухания икры должен происходить в пресной воде, затем икру следует перевести в морскую воду соленостью до 10 ‰ (оптимальная соленость 8 ‰). За несколько дней до выклева соленость должна быть снижена до 5—6 ‰, а в момент выклева — до 4 ‰. Установлено, что на ранних стадиях развития возможность осмотической и ионной регуляции у радужной форели ограничена и соленость в 11 ‰ является для нее летальной.

При инкубации в морской воде выклюнувшиеся свободные эмбрионы радужной форели переносят соленость в 5—7 ‰, тогда как после инкубации в пресной воде соленость в 5 ‰ вызывает 100 %-ный отход свободных эмбрионов на третьи сутки.

Выдерживание свободных эмбрионов. Перед выклевом зародыш

с желтком весит в среднем несколько больше, чем овулировавшая икринка, причем на долю желтка приходится около 60 % его общей массы.

Выклев проводится в инкубационных аппаратах или в специально подготовленных бассейнах. При выклеве надо помнить, что свободные эмбрионы потребляют гораздо больше кислорода, чем икра. Только что выклюнувшиеся эмбрионы имеют почти прозрачное слегка розовое тело, большой продолговатый желточный мешок, на котором хорошо различимы жировые капли разного диаметра и кровеносная система, охватывающая желток, жаберные лепестки, тело. Свободные эмбрионы спокойно лежат на боку на дне бассейна или инкубационного ящика, изредка совершая небольшие перемещения.

Свободные эмбрионы чувствительны к свету и до полного поднятия на плав должны выдерживаться в темноте. В зависимости от величины икры длина свободных эмбрионов колеблется от 10 до 19 мм, а масса — от 40 до 110 мг.

В процессе выклева, который обычно длится 3–5, но не более 10 сут, условия среды должны быть такими же, как при инкубации икры. При выдерживании свободных эмбрионов температура должна оставаться неизменной, а с момента поднятия на плав и перехода на активное питание — не должна превышать 14 °С.

В условиях низкой температуры (2–4 °С) свободные эмбрионы радужной форели не поднимаются на плав, не переходят на внешнее питание и спустя 70–80 сут с момента выклева гибнут. Однако выдерживание их при этой температуре до 50 сут не препятствовало в дальнейшем при переводе в воду температурой 8–12 °С ускоренному росту и развитию.

Прирост свободных эмбрионов с момента выклева и до перехода на смешанное питание при температуре 6 °С составляет 4 %, а при постепенном повышении температуры до 14 °С за тот же период времени — 53 %.

Установлено, что свободные эмбрионы, выклюнувшиеся из мелкой икры, по сравнению с эмбрионами, выклюнувшимися из крупной икры, более экономно расходуют энергетические ресурсы желтка. При проведении инкубации икры при 9 °С для выклюнувшихся свободных эмбрионов температура 14 °С является оптимальной с точки зрения биоэнергетики, однако максимальное выживание свободных эмбрионов наблюдается при температуре 10–12 °С.

В период выклева и выдерживания свободных эмбрионов следят за температурой и гидрохимическим режимом, расходом воды. Удаляют оболочки икры, чтобы не забились защитные экраны, погибших эмбрионов, при помощи сифона очищают загрязненные участки инкубационных лотков и бассейнов.

Выклюнувшихся свободных эмбрионов содержат в инкубационных стеклопластиковых лотках или в стеклопластиковых бассейнах раз-

мером 2,1 × 0,4 × 0,2 или 2,3 × 0,4 × 0,2 м, снабженных защитным сетчатым экраном, установленным наклонно перед водоспуском. Бассейны для выдерживания свободных эмбрионов должны иметь низкие борта, чтобы за эмбрионами было легче ухаживать. Рекомендуется использовать стеклопластиковые квадратные бассейны с закругленными углами размером 1 × 1 × 0,4 и 1,5 × 1,5 × 0,4 м. Эти бассейны должны быть снабжены съемными защитными сетчатыми стаканами, которые устанавливаются в приямок в центре бассейна вместо горизонтальной защитной сливной сетки.

Плотность посадки составляет 10 тыс. шт/м² при уровне воды в бассейне 5 см. Свободные эмбрионы чувствительны к недостатку кислорода, поэтому содержание его на входе должно составлять 9–10 мг/л, а на выходе — не ниже 7 мг/л. При температуре 12–14 °С расход воды должен быть равен 0,02 л/с на 1 тыс. личинок. Интенсивность водообмена в инкубационных лотках должна составлять 5–6 раз в час.

Условия выдерживания свободных эмбрионов можно значительно улучшить, применив специальный проточный бассейн и искусственный риф.

С уменьшением размера желточного мешка через 5–7 дней покоя свободные эмбрионы становятся более подвижными, избегают освещенной зоны. У них появляется положительная тактильная реакция на контакт, они собираются в плотные стаи в местах наибольшего тока воды, что ухудшает условия дыхания и приводит к их гибели от удушья. Обычно в таких случаях по дну лотка раскладывают крупную гальку, чтобы свободные эмбрионы группировались вокруг нее. Однако применение искусственного рифа дает лучший эффект и при этом позволяет увеличить плотность посадки свободных эмбрионов до 30 тыс. шт/м² при соответствующем водообмене. При глубине 5 см и водообмене до 8–10 раз в час искусственный риф не дает течению сносить свободных эмбрионов. В дальнейшем по мере роста рыбы и ее поднятия на плав уровень воды в бассейне поднимают, увеличивая рабочий объем, устанавливают необходимую плотность посадки и соответствующий расход воды. При поднятии свободных эмбрионов на плав искусственный риф из бассейна удаляется.

По мере роста свободные эмбрионы темнеют, у них усиливается пигментация, размеры желточного мешка уменьшаются. В конце периода выдерживания, который длится примерно 100–150 градусо-дней, что соответствует рассасыванию желточного мешка на 50 %, тщательно контролируют поведение личинок.

С появлением положительного реотаксиса и фототаксиса выдерживание свободных эмбрионов заканчивается и наступает следующий этап развития форели — личиночный.

В процессе выдерживания свободных эмбрионов возможен отход в пределах 5 %.

Подращивание личинок. При появлении положительного реотак-

сиса личинки начинают перемещаться на ток воды. При рассасывании желточного мешка на 50 % у личинок возникает потребность в дополнительном питании. Их начинают адаптировать к свету и одновременно к корму. Если бассейны закрыты щитами, то от них освобождают до 30 % площади или открывают затемненные окна цеха. Сначала снимают щиты около вытока, чтобы переместить личинок в сторону втока воды, где условия среды более благоприятны.

На этом этапе развития личинок необходимо начать кормление. На первой стадии кормления плотность посадки может достигать 100 тыс. шт/м³. Для кормления используют самые мелкие фракции стартового форелевого корма. Чтобы определить момент начала кормления, нужно следить за поведением личинок — личинки начинают периодически подниматься со дна. Кормят личинок от 12 до 24 раз в светлое время суток. Для этой цели необходимо использовать автоматические кормораздатчики. Чистку бассейнов сифоном необходимо осуществлять утром и вечером.

После рассасывания желточного мешка на 50–60 % первоначальной величины, что происходит при температуре воды 12 °С на 10-е–14-е сутки с момента начала массового выклева, личинки начинают подниматься и снова опускаться на дно. 50 % площади бассейнов должно быть закрыто щитами.

Когда величина желточного мешка составляет 20–25 % первоначальной, личинки начинают плавать, не опускаясь на дно. Период полного подъема на плав всех личинок (с момента появления первых личинок, поднимающихся к поверхности воды) составляет примерно 9–12 дней при температуре воды 13 °С и 5–7 дней — при 14 °С. Затемнение на окнах цеха убирают, бассейны открывают, но прямой солнечный свет не должен попадать в бассейны.

Как только личинки поднимаются на плав, проточность становится основным условием успешного выращивания. Недостаточное количество и неудовлетворительное качество воды ухудшают результаты подращивания.

Плотность посадки личинок должна быть снижена до 25–30 тыс. шт/м³ при оптимальной температуре воды 14–16 °С, расход воды должен быть увеличен с 0,2 до 0,3 л/с на 1 тыс. личинок, что значительно повысит интенсивность водообмена. Достаточно, чтобы уровень воды в бассейне составлял 0,2 м. При отсутствии достаточного количества воды плотность посадки должна быть снижена до 10 тыс. шт/м³. Содержание растворенного кислорода на вытоке должно быть не ниже 7 мг/л. Необходимо следить за качеством воды, так как наличие взвешенных веществ при концентрации свыше 50 мг/л приводит к повышенному отходу личинок.

Для выращивания личинок радужной форели, полностью поднявшихся на плав и достигших массы 0,2–0,3 г, используют прямоточные стеклопластиковые бассейны размером 2,5 × 0,8 × 0,6 и 3,7 × 0,7 × 0,6 м.

В них можно создать высокую интенсивность водообмена при относительно низкой скорости течения воды и при хорошей самоочищаемости. При поднятии личинок на плав используют сухой гранулированный корм — крупку номер 3 (размером 0,4–0,6 мм). Частоту раздачи оставляют прежней.

В процессе выращивания личинок необходимо следить за чистотой бассейнов. Мертвые личинки, остатки корма, экскременты ухудшают условия содержания. Бассейны необходимо чистить 2 раза в день. Необходим также постоянный контроль за личинками. Для профилактики заболеваний в условиях индустриального рыбоводства необходимо регулярно проводить соответствующие мероприятия, направленные против появления эктопаразитов и бактериальных инфекций.

После рассасывания желточного мешка и полного перехода молоди на внешний корм наступает мальковый период развития. Отход личинок при выращивании с использованием сухих гранулированных кормов при нормальных условиях содержания не должен превышать 10%.

При наступлении малькового периода развития личинок переводят из лотков инкубационных аппаратов в прямоточные прямоугольные бассейны для содержания молоди. В тех бассейнах, где содержались личинки, следует убрать защитные сетчатые стаканы и установить на водоспусках защитные сливные решетки. Период подращивания личинок длится 15–20 сут (250–300 градусо-дней). При оптимальных условиях содержания за 30 сут с момента начала кормления мальки достигают массы 0,3–0,4 г.

ВЫРАЩИВАНИЕ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОРСКОЙ, ПРЕСНОЙ И СМЕШАННОЙ ВОДЫ

Компоновка рыбоводных стеклопластиковых емкостей различного типа при бассейновом методе выращивания форели с использованием открытой подачи морской воды имеет свои особенности (рис. 34). Расположение оборудования на указанных строительных отметках обеспечивает интенсивность водообмена в бассейнах до 12 раз в час при использовании полиэтиленовой запорной арматуры.

Преимущества выращивания в морской воде. Развитие форелеводства во многих странах сдерживается нехваткой пригодной для разведения форели пресной воды. В этом случае приходится использовать морскую воду. Однако в местах, где расположены морские садковые хозяйства, вода загрязняется — в ней скапливаются остатки корма, погибшая рыба и другие органические вещества, что зачастую приводит к вспышкам заболеваний и гибели рыбы. Поэтому все чаще обращают внимание на создание береговых бассейновых хозяйств с механической подачей морской воды. Многие береговые хозяйства снабжаются морс-

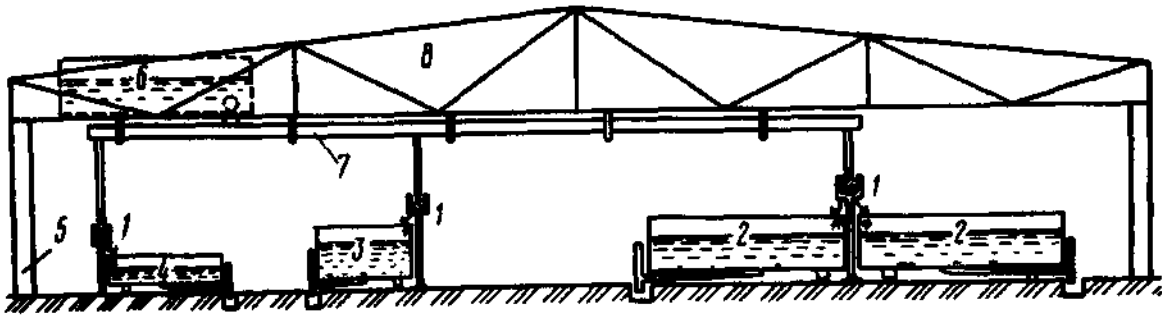


Рис. 34. Схема компоновки рыбоводных бассейнов различного типа при использовании открытой подачи воды:

1 – водораспределительные желоба; 2 – стеклопластиковый бассейн размером 4 × 4 × 1 м; 3 – бассейн размером 2 × 2 × 0,8 м; 4 – бассейн размером 2,5 × 0,7 × 0,6 м; 5 – колонна, несущая ферму перекрытия; 6 – водораспределительный бак размером 4 × 4 × 1,2 м; 7 – водораспределительный трубопровод; 8 – ферма перекрытия

кой и пресной водой, что позволяет при необходимости повышать в каждой рыбоводной емкости соленость воды с 0 до 28 ‰.

Несмотря на то что радужная форель является пресноводной рыбой, при достижении определенной массы она может адаптироваться к морской воде. Обычно ее переводят из пресной в морскую воду, когда масса ее составляет 50–100 г и более. Однако по некоторым причинам желателен и экономически выгоден более ранний перевод радужной форели в морскую воду. Это дает экономию пресной воды, увеличивает темп роста рыбы и улучшает усвоение ею корма. Морская вода в зимний период, как правило, имеет более высокую температуру, чем пресная, поэтому важным преимуществом морского выращивания радужной форели является использование зимой температурного режима моря, что дает возможность продлить период кормления рыбы и получить более высокий темп роста. Так, при температуре морской воды 7–9 °С пищевая активность и темп роста радужной форели остаются достаточно высокими. Соленая вода угнетает рост грибков, паразитирующих на рыбе, и препятствует развитию различных бактериальных и вирусных заболеваний, которые поражают форель в пресной воде.

Однако у форели появляются заболевания, характерные для содержания в морской воде. Другой сложной проблемой при морском выращивании радужной форели является ее раннее созревание.

Основные условия перевода в морскую воду. Перевод радужной форели из пресной воды в морскую является очень важным моментом – в течение первых 8 часов происходят основные физиологические изменения в организме рыбы. Затем следует период стабилизации, длящийся обычно 7–10 дней, в течение которых происходят более медленные изменения, приводящие в конечном итоге к полной адаптации.

При переводе радужной форели из пресной в морскую воду резко сокращается диффузия кислорода через жабры, что объясняется уменьшением осмотических и ионных потоков, проходящих через них. В это

время радужная форель очень чувствительна к уменьшению концентрации кислорода в воде.

Установлено, что в морской воде радужная форель не способна переносить температуру ниже 0 °С, что, очевидно, связано с коллапсом осморегулирующих механизмов. Подходящая температура для перевода радужной форели в морскую воду — 6–16, а оптимальная — 8–12 °С.

Нежелательно культивирование форели в воде соленостью выше 28 ‰. Радужная форель лучше всего адаптируется к солености до 20 ‰, так как при этом активность ферментов, связанных с адаптацией, остается такой же, как и при содержании в пресной воде.

Лучше всего, чтобы рыба адаптировалась к морской воде постепенно. После перевода в воду соленостью около 10 ‰ следует ежедневно в течение 5–7 дней увеличивать соленость на 3–4 ‰. Успешная адаптация также зависит от размера рыбы и частично — от ее возраста и времени года. При переводе в морскую воду выживаемость радужной форели можно увеличить более чем в 2 раза, если в суточном рационе за 6–7 недель до перевода повысить содержание поваренной соли с 7–8 до 10–12 %.

Допустимая и оптимальная соленость. Ниже приведены значения допустимой солености морской воды для различных размерных групп радужной форели при содержании в морской воде более 30 сут и температуре 5–18 °С.

Масса рыб, г	0,15–0,4	1	1,5–3	5–15	15–80	Более 80
Соленость, ‰	5–6	10	10–12	15–17	21–25	Более 25

Проведенные адаптации и выращивание радужной форели различных размерных групп при температуре от 9 до 20 °С в течение года (исключая июль, август и первую половину сентября) показали, что определенные размерные группы при солености до 18 ‰ можно пересаживать из пресной воды в морскую и обратно без ступенчатой акклиматизации и какого-либо отхода (табл. 28).

28. Зависимость скорости роста от солености среды

Масса рыб, г	Соленость, ‰		Относительный прирост при оптимальной солености, %
	допустимая	оптимальная	
0,15–1	5–10	5	5–10
1–4	10	5	6–15
5–15	18	10	2–5
15–150	18	18	3–7

Активно плавающих и потребляющих корм личинок средней мас-

сой 0,15 г перед завершением-рассасывания желточного мешка можно выращивать в воде соленостью до 5 ‰. В воде с оптимальной соленостью (см. табл. 28) темп роста молоди радужной форели может быть на 15 % выше, чем в пресной, а с допустимой — таким же, как в пресной воде при аналогичных условиях и одинаковых суточных дозах корма.

Переводить молодь массой 0,3–4 г в солоноватую воду можно при температуре до 16 °С, а остальные размерные группы — до 18 °С. При отсутствии оксигенации не рекомендуется выращивать рыбу при температуре выше 18–20 °С.

Технология выращивания радужной форели, имеющей начальную массу 0,3–0,5 г, в морской воде. Выбор технологической схемы выращивания радужной форели в морской, пресной или смешанной воде в каждом конкретном случае зависит от определенных условий и в первую очередь от дебита водисточника и его температурного и кислородного режима. В общих чертах технологическая схема выращивания в морской воде может быть следующей: рыба массой 0,3–5 г содержится при солености 5 ‰, массой 5–15 г — 10 ‰ (при наличии в хозяйстве пресной и морской воды), массой 15–50 г — 18–25 ‰, свыше 50 г — до 28 ‰.

При культивировании форели в морской воде необходимо учитывать, что при одинаковых условиях растворимость кислорода в морской воде ниже, чем в пресной (разница может достигать 0,6–1 мг/л).

Результат выращивания во многом зависит от качества посадочного материала, поэтому необходимо обратить особое внимание на условия содержания мальков массой 0,3–5 г. Необходимо соблюдать оптимальный гидрологический и гидрохимический режим и в первую очередь следить за качеством воды, интенсивностью водообмена, а также правильно организовать кормление. Качество воды не должно ухудшаться в течение всего времени ее движения через бассейн. Количество воды, подаваемой в бассейн, определяется интенсивностью потребления кислорода рыбой и концентрацией растворенного кислорода на входе и выходе. Надо помнить, что интенсивность потребления кислорода зависит, главным образом, от температуры воды, размера рыбы и режима кормления.

Плотность посадки рыбы определяется не объемом бассейна, а интенсивностью водообмена. Оптимальную проточность определяют опытным путем в каждом конкретном случае. При слишком высокой проточности рыба затрачивает значительную часть энергии на плавание, а не на рост. При недостаточной проточности накапливаются продукты метаболизма. Но, как было показано ранее, плотность посадки определяется не только проточностью, поэтому ее следует определять индивидуально для каждого хозяйства. В основе расчета плотности посадки рыбы лежит уравнение кислородного баланса.

При культивировании форели необходимо учитывать температуру

акклимации, термального шока и летальную. Процесс акклимации должен происходить достаточно медленно, чтобы рыба могла адаптироваться к изменению температуры. Установлено, что резкое понижение температуры радужная форель переносит хуже, чем внезапное повышение.

Следует проявлять особую осторожность в обращении с рыбой при проведении рыбоводных операций. У радужной форели, испытавшей стресс после пребывания в руках, наблюдаются гипергликемия и гиперхлоридемия при максимальном проявлении через 3–4 ч и возврате к прежнему состоянию через 24 ч.

Особую осторожность необходимо проявлять в обращении с форелью при пересадке из пресной воды в морскую, в противном случае это может вызвать высокий отход рыбы. В прохладную погоду рыба обычно хорошо переносит все рыбоводные операции, но в теплую и жаркую погоду их проведение увеличивает опасность проникновения в раны инфекции. Рыбоводные операции лучше проводить рано утром и возвращать рыбу в емкость как можно быстрее. При контрольном взвешивании во избежание травмирования не следует создавать большую плотность посадки в емкости для взвешивания рыбы.

Освещенность при выращивании форели. При культивировании радужной форели необходимо учитывать все факторы, влияющие на рост и выживаемость рыбы. Одним из таких факторов является световой режим, влияние которого на рост рыбы далеко не полностью используется. В полной темноте происходит угнетение роста рыбы, а при круглосуточном освещении темп роста несколько ниже, чем при оптимальном фотопериоде. Установлено, что годовики радужной форели, находящиеся в темноте, на 50-е сутки выращивания начинают отставать по темпу роста от годовиков, выращиваемых при естественной освещенности, на 105-е сутки это различие уменьшается (причем коэффициент упитанности и гонадосоматический индекс выше у рыб, находившихся в темноте). Выращивание молоди радужной форели при искусственном удлинении светового дня дает дополнительно не менее 10 % рыбопродукции. Норвежские рыбоводы в летний период при морском выращивании лосося и радужной форели осуществляют кормление рыбы практически круглосуточно.

При выращивании молоди используют различные покрытия для бассейнов. Сверху круглый или квадратный бассейн закрывают светонепроницаемой крышкой, которая удерживается от вращения нейлоновыми растяжками. Крышка не доходит до стенок бассейна и закрывает примерно 70 % водной поверхности. Она может быть выполнена в виде кольца, края которого отогнуты и уходят в воду, иногда используют сплошную крышку с дополнительными горизонтальными перегородками с отверстиями в них. Перегородки расположены на двух уровнях. При соответствующем контроле освещенная зона образуется по пери-

метру и в центре щита, в ней частицы корма движутся по кругу вместе с водой.

Хотя, как показывает практика, затенение бассейнов не влияет на рост радужной форели, при отсутствии навеса над бассейнами крышки играют положительную роль. Рыба привыкает жить под крышками и питаться в постоянном полумраке, что помогает избежать стрессов и снижает ее агрессивность.

Скорость течения воды в бассейне. Обычно скорость течения в проточных бассейнах не превышает 2–3 см/с. Форель массой более 200 г выдерживает скорость течения до 20 см/с.

Большая скорость течения (2–3 длины в с) вызывает у форели повышенный обмен веществ, за счет чего ухудшаются экономические показатели.

Полагают, что чем выше плотность посадки рыбы, тем быстрее происходит вынос экскрементов и остатков корма благодаря плавательной активности рыб. Скорость течения 3 см/с считают оптимальной при выращивании радужной форели. При скорости 20–30 см/с много энергии уходит на интенсивное плавание.

Расчет необходимого количества бассейнов. Определить необходимое количество бассейнов для выращивания можно следующим образом. Допустим, что конечная плотность посадки рыбы составляет 40 кг/м³, необходимо вырастить 1000 кг рыбы, следовательно, потребуется (1000:40) 25 м³ рабочего объема. Допустим, что используются емкости размером 2 × 2 × 0,8 м, т.е. площадь дна одного бассейна составляет 4 м². При уровне воды в бассейне 0,2; 0,3; 0,4; 0,5 и 0,6 м объем воды составит соответственно 0,8; 1,2; 1,6; 2,0 и 2,4 м³. С помощью простых расчетов можно определить, что потребуется 14 бассейнов. При глубине воды в бассейне 50–60 см имеется запас рабочего объема – требуется 25 м³, а при уровне воды в бассейне 50–60 см рабочий объем составит 28–33,6 м³.

При бассейновом методе выращивания форели, если подача морской и пресной воды осуществляется механическим способом, наиболее рационально выращивать рыбу при такой стартовой плотности посадки, которая будет на 10–20 % ниже максимальной. По мере роста рыбы и приближения к максимальной плотности посадки уровень воды в бассейне поднимется, увеличится рабочий объем и установится соответствующий водообмен. Если возможности увеличения рабочего объема воды в бассейне исчерпаны, то часть рыбы отлавливается и выращивание продолжается.

В зависимости от размера форели уровень воды в бассейне должен составлять: при массе 0,3–10 г – 0,1–0,2 м, при массе 10–50 г – 0,3 м, при массе 50–100 г – 0,4–0,5 м, при массе 100–500 г – 0,5–0,8 м, более 500 г – до 1,5 м.

К необходимым условиям выращивания следует отнести отсутст-

вие загрязнения воды, содержание растворенного кислорода на вытоке не ниже 7 мг/л, температуру воды в пределах 4–18 °С.

В качестве примера можно рассмотреть процесс выращивания радужной форели (начальная масса 0,3 г) до достижения ею товарной массы в конкретных условиях. Весь цикл выращивания форели в бассейнах осуществляется на экспериментальной лососевой базе в г. Батуми с использованием черноморской, пресной и смешанной воды (табл. 29). При выращивании использовали пресную грунтовую воду температурой от 12 до 19 °С с содержанием кислорода 0,2 мг/л и рН 7,2–7,4. Гравитационным аэратором количество растворенного в воде кислорода доводилось до 70–78 % насыщения. Температура морской

29. Выращивание форели в бассейнах в морской и смешанной воде при интенсивности водообмена 6 раз в час

Масса рыб, г	Температура воды, °С	Содержание кислорода в воде, мг/л	Насыщение воды кислородом, %	Соленость, ‰
0,3–0,5	14	7,1	68	0
0,5–1	15	8,2	84	5
1–3	17	7,4	79	5
3–10	19	7,1	84	10
10–20	20	7,6	91	10
20–30	16	7,7	93	18
30–40	16	7,7	93	18
40–50	13	8,7	99	18
50–100	10	8,9	95	18
100–150	12	9,0	100	18

Продолжение

Масса рыб, г	Плотность посадки, кг/м ³		Расход воды, л/(с · кг)		Отход рыб, %
	стартовая	конечная	стартовый	конечный	
0,3–0,5	14	18	0,119	0,093	5
0,5–1	25	32	0,067	0,052	4
1–3	20	25	0,083	0,067	10
3–10	18	22	0,069	0,056	6
10–20	20	26	0,083	0,064	6
20–30	30	37	0,056	0,045	4
30–40	30	38	0,056	0,044	2
40–50	55	69	0,030	0,024	2
50–100	96	120	0,017	0,014	5
100–150	66	83	0,025	0,020	1

воды колебалась от 8 до 25 °С, рН — от 7,4 до 8,3. Насыщение воды кислородом составляло 89–97 %.

Начальная плотность посадки была на 20 % ниже конечной. Даже при высокой интенсивности водообмена низкое содержание кислорода в воде не позволяло выращивать рыбу при высокой плотности посадки. Только в зимний период при температуре 10 °С плотность посадки достигала 120 кг/м³. Содержание растворенного в воде кислорода на вытоке составляло 5 мг/л.

При выращивании рыбы необходимо проводить ее контрольное взвешивание для определения средней массы и установления суточной дозы корма, а также оценки влияния условий содержания на рост рыбы. Рыбу массой 0,3–50 г взвешивают 1 раз в декаду, массой более 50 г — 1 раз в 15 дней, а более 100 г — 1 раз в месяц. В проточных бассейнах выборку для контрольного взвешивания делают у втока, в середине и в конце бассейна. При массе мальков 0,3–3 г необходимо брать 3 пробы по 200–300 экз. каждая, при массе молоди 3–10 г — 2 пробы по 150–200 экз., при массе 10–50 г — 1 пробу по 100–300 экз., а более 50 г — 1 пробу по 100–130 экз. Контрольное взвешивание необходимо проводить в каждом бассейне.

В период выращивания молоди и товарной рыбы контролируют температурный и кислородный режим, расход воды, кормление и рост рыбы. Ежедневно бассейны очищают от экскрементов и погибших рыб, полную чистку бассейнов производят 1 раз в неделю. Проводят также профилактические мероприятия, сортирование форели и учет весовым способом количества особей в каждой размерной группе форели.

Сортирование форели. Для рационального кормления и во избежание каннибализма, появляющегося вследствие неравномерности роста, форель регулярно сортируют, начиная с момента достижения мальками средней массы 0,8–1 г, разделяя, как правило, на две размерно-весовые группы. Каждый раз после проведения сортирования масса рыбы снижается, так как утром в этот день рыбу не кормят. Однако сортирование улучшает условия выращивания, приводит к более рациональному использованию кормов. Осуществляют ее при помощи сортировальных устройств. Содержащаяся совместно форель по размеру не должна различаться более чем на 30 %, что определяет частоту проведения сортирования.

В ГДР стандартом предусмотрено деление рыбы при сортировании на следующие весовые группы: массой 3–4; 4–5; 5; 6–8; 8–12; 12–16; 16–20; 20–30; 30–50; 50–70; 70–90 и 90 г. В нашей стране такого стандарта нет. При указанных в табл. 29 условиях выращивания сортирование рыбы и деление ее на две размерно-весовые группы проводили по средней массе 0,8–1; 3; 6; 15; 20; 40; 60; 80 и 100 г.

Группу мелких отсортированных рыб для увеличения темпа роста рекомендуется выращивать при пониженной плотности посадки.

Для контроля за эпизоотическим состоянием ежедневно чистят бассейны и учитывают отход, осматривают рыб, по мере надобности проводят профилактические мероприятия.

В зависимости от качества корма и температуры воды форель достигает товарной массы 100–300 г за 7–14 мес с момента закладки икры. В рассматриваемом примере за 12 мес выращивания с момента выклева не менее 70 % рыб достигли массы 150 г. При соблюдении биотехники выращивания в морской воде в условиях экспериментальной лососевой базы г. Батуми рыбопродуктивность составляла не менее 150 кг/м³ в год, а максимальная рыбопродуктивность достигала 250 кг/м³.

При выращивании в сооружениях, установленных в морской воде, радужная форель массой 50 г за 18 мес достигает массы 1–2 кг, массой 80 г за 9–10 мес – 0,7–1 кг, а массой 500–800 г за 8–10 мес – 2–3 кг.

Выращивание в пресной воде. При выращивании форели в пресной воде используют более высокую плотность посадки, чем при выращивании в морской, и применяют несколько иные по составу корма, в остальном же технологические процессы и рыбоводные приемы остаются такими же, как и при выращивании в морской воде. Следует также отметить, что имеются различия в профилактике и лечении болезней при выращивании в морской и пресной воде.

Выращивание форели в зимний период. При выращивании форели зимой следует учитывать климатические условия и температуру воды источника.

При выращивании в морской воде, когда температура зимой опускается ниже 4 °С, рост форели почти прекращается. При температуре ниже 2 °С и солености более 20 ‰ форель переводят из морской воды в пресную, так как при низкой температуре наблюдается солевое отравление рыбы.

Опыт выращивания форели в зимний период показал, что его результат зависит в основном от температурного и кислородного режимов. При понижении температуры воды интенсивность питания и темп роста форели снижаются. Очевидно, о зимовке можно говорить только тогда, когда температура опускается ниже 2 °С, при более же высокой температуре происходит обычное зимнее выращивание, за время которого масса тела рыбы может увеличиваться в 1,5–2 раза. Даже при температуре 0–1 °С форель потребляет корм, хотя оплата его низкая. При содержании кислорода более 9 мг/л в зимний период плотность посадки рыбы может быть увеличена. С повышением температуры воды интенсивность кормления возрастает.

Процесс выращивания крупной радужной форели аналогичен процессу выращивания ремонтно-маточного стада, но протекает при более высокой плотности посадки.

КОРМА И КОРМЛЕНИЕ ФОРЕЛИ

В различных странах затраты, связанные с кормлением форели, при интенсивном товарном выращивании составляют 50–60 % всех производственных расходов, поэтому необходимо, чтобы кормление рыбы давало высокий экономический эффект.

Энергетическая ценность корма и обмен веществ. Питательные вещества, содержащиеся в корме, должны не только поддерживать жизнедеятельность организма, но и способствовать его росту. С точки зрения энергетической ценности наиболее важными компонентами корма являются протеин, жир и углеводы.

Наряду с белками, жирами и углеводами важное значение для поддержания жизненных функций имеют витамины и минеральные вещества. Если какое-либо необходимое вещество отсутствует или содержится в корме в недостаточном количестве, то это препятствует нормальному функционированию организма.

Интенсивность обмена веществ зависит от различных факторов, в частности от размера рыбы – энергетическая потребность мелких рыб значительно выше, чем крупных. Так, при температуре 14 °С форель массой 1 г потребляет 480, а массой 100 г – 330 мг/(кг · ч) кислорода. Прием пищи повышает потребление энергии на 25 %, а скорость течения в бассейне обуславливает интенсивность обмена веществ. При выращивании форели в стоячих водоемах наблюдается потеря тонуса мышц, что ухудшает качество товарной рыбы.

Низкая концентрация растворенного кислорода приводит к увеличению скорости дыхания до определенного уровня, а затем происходит уменьшение скорости обмена и потребления пищи. При температуре 16 °С и выше содержание кислорода влияет на потребление пищи радужной форелью, поскольку максимальное количество пищи она потребляет при температуре 14 °С. Форель постепенно адаптируется к низкому содержанию кислорода, но при этом неэффективно использует корм.

Мягкая вода может способствовать увеличению скорости обмена вследствие недостатка двухвалентных катионов. Высокое содержание аммиака и органических загрязнителей также увеличивает скорость обмена.

У форели, испытывающей сильный стресс, интенсивность обмена может снижаться, что способствует сохранению энергии. Так как скорость обмена у радужной форели в значительной степени зависит от температуры, то энергетические потребности ее колеблются в зависимости от флюктуаций температуры воды.

Радужная форель должна достичь товарной массы до наступления половой зрелости, поскольку в противном случае большое количество энергии будет израсходовано не на рост, а на формирование половых продуктов, в результате чего возрастает кормовой коэффициент.

Стартовые и продукционные корма. Обмен веществ у форели раз-

ного возраста имеет свои особенности, поэтому разработаны и выпускаются три группы кормов: стартовые (для молоди — с момента перехода на активное питание и до достижения ею массы 5 г), производционные (для форели массой 5 г — до достижения ею товарной массы) и корма для производителей. В настоящее время в промышленном форелеводстве используют преимущественно сухие гранулированные корма (табл. 30).

30. Состав стартовых и производционных кормов для радужной форели, %

Ингредиент	РГМ-6М (до 5) *	РГМ-5В (5-50)	РГМ-8В (>30-50)	114-1 (>30-50)	Р-3а (>30-50)
Мука					
рыбная	48	45	20	45	15
мясо-костная	5	8,6	6	13	2
кровяная	5	3	—	—	3
водорослевая	—	1	1	—	1
травяная	—	4,2	—	—	1
из куколки тутового шел- копряда	—	—	—	—	—
Сухой обрат	5,5	7	—	—	—
Азотистые отходы клеевой промыш- ленности	—	—	—	—	—
Дрожжи кормовые	6	3,8	8	15	10
Пшеница	5,3	16,7	7,8	21	5,3
Шрот					
соевый	16	6,6	26	—	—
подсолнечно- вый	—	—	25	—	54
Меласса	—	—	—	3	—
Жир рыбий	7	—	—	—	—
Масло растительное	—	3	5	—	6
Фосфатиды	—	—	—	3	—
Премикс					
ПФ-2В	1	1	1	1	1
минеральный	—	—	—	—	—
Холинхлорид (50 %)	0,2	0,1	0,2	—	—
Лизин	—	—	—	—	1,4
Метионин	—	—	—	—	0,3
Энергия усвоения, кДж/кг	12,6	10,8	10,4	12,1	11,2

* В скобках дана масса рыб.

Корма содержат более 40 различных структурных элементов, в том числе витаминные премиксы, минеральные вещества, антиокислители

(витамин Е, цеолит клиноптилолит и др.), связывающие вещества (укрепляющие консистенцию корма), крилевый жир и пигмент антаксантин (для придания окраски мясу форели), лекарственные средства и ферментные препараты (для лечения и повышения перевариваемости питательных веществ корма). Кроме того, в корма вводят вещества, создающие привлекающий запах и положительное вкусовое ощущение, — аспарагиновую кислоту, тирозин, серин, глутаминовую кислоту, валин, метионин.

Сухие гранулированные корма выпускаются согласно ТУ 15-613-84 и ТУ 15-615-84 комбикормовыми заводами Минрыбхоза СССР в виде крупки и гранул (табл. 31).

31. Соответствие между массой рыбы, качеством корма и частотой раздачи суточной нормы

Номер частиц корма	Величина крупки, мм	Диаметр гранул, мм	Масса рыб, г	Частота раздачи, раз в сутки
3	0,4-0,6	—	До 0,2	12-24
4	0,6-1,0	—	0,2-1,0	10-20
5	1,0-1,5	—	1,0-2,0	9-18
6	1,5-2,5	—	2,0-5,0	8-16
7	—	3,2	5-15	8-12
8	—	4,5	15-20	6-8
9	—	6,0	50-200	3-4
10	—	8,0	Более 200	3
11	—	10,0	Более 1000	3

Необходимо отметить, что происходит постоянное подорожание традиционных компонентов кормов для форели, поэтому изыскание возможностей замены одних компонентов другими, особенно дефицитной рыбной муки, остается актуальной задачей.

В связи с этим заслуживает внимания опыт ГДР по экономии гранулированных кормов при выращивании молоди форели за счет использования зоопланктона из естественных водоемов. Так, за 62 дня выращивания было использовано 5,5 т зоопланктона и 1 т сухого гранулированного корма, что позволило вырастить 200 тыс. шт. молоди радужной форели до достижения ею массы 1,5 г и получить значительную прибыль.

Потребность радужной форели в питательных веществах при содержании в морской воде. Из-за необходимости регулирования ионного состава внутренней среды соленость следует рассматривать как фактор, постоянно требующий некоторых затрат энергии, связанных с активным транспортом ионов и необходимостью поддержания гомеостаза.

Существует мнение, что причиной увеличения темпа роста радужной форели в соленой воде является лучшее усвоение корма, а не увеличение его потребления.

Установлено, что при одинаковой суточной дозе темп роста радужной форели при 16 °С в пресной воде является максимальным и уменьшается по мере роста солености (до 20 ‰). В то же время при 8 °С темп роста радужной форели в морской воде соленостью 8 и 20 ‰ выше, чем в пресной. Это говорит о том, что при содержании в морской воде соленостью 20 ‰ и более радужная форель особенно чувствительна к количеству и качеству корма. При содержании радужной форели в морской воде соленостью 20 ‰ при 16 °С ей требуется больше пищи, чем при содержании в пресной или морской воде соленостью 8 ‰ при той же температуре.

Выяснено, что радужная форель, акклиматизированная к определенной солености и температуре, потребует максимальное количество пищи в условиях промежуточной солености 15–28 ‰, меньшее количество — в пресной воде и в воде соленостью 7,5 ‰, а минимальное количество пищи — в воде соленостью 32,5 ‰.

Прекрасные результаты были получены при выращивании радужной форели в воде соленостью 10 ‰ и 40 ‰-ном содержании белка в сухом корме, а в воде соленостью 20 ‰ — при 45 ‰-ном содержании белка.

Испытание 57 кормовых смесей для радужной форели показало, что оптимальное содержание протеина в корме при выращивании в солоноватой воде составляет 46 %.

В процессе выращивания радужной форели в морской воде наилучший прирост был получен при содержании протеина в корме от 47 до 50 %.

Для радужной форели, выращиваемой в морской воде, необходимо увеличить рацион до 150 % (по сравнению с рационом форели, выращиваемой в пресной воде).

При экспериментальном выращивании радужной форели в бассейнах с использованием высокой плотности посадки (более 50–100 кг/м³) для соответствующих размерных групп и содержания кислорода на вытоке около 5 мг/л, как правило, не удавалось получить увеличения прироста радужной форели по сравнению с выращиванием в пресной воде в аналогичных условиях. Кроме того, считается, что плотность посадки рыбы может быть одной из причин, вызывающих повышенный отход при переводе в морскую воду.

При выращивании в морской воде потребность радужной форели в аргинине понижается с 1,2 до 0,8 %, а скорость усвоения этой аминокислоты падает с 210 до 130 мг/(кг · сут). Для сеголетков радужной форели в морской воде требуется больше аргинина (1,2 % массы корма), чем в пресной (1 % массы корма). Соленость воды мало влияет на содержание в плазме крови незаменимых аминокислот, но содержание таурина, β-аланина, аспарагиновой и глутаминовой кислот и глицина у рыб, выращиваемых в соленой воде, значительно ниже, чем у рыб, выращиваемых в пресной воде.

Низкое содержание в корме жирных кислот вызывает повышенную смертность радужной форели в морской воде. Установлено, что в корм для радужной форели, выращиваемой в пресной и морской воде, следует добавлять рыбий жир.

При морском выращивании радужная форель хорошо усваивает от 14 до 20 % жира, содержащегося в корме. Темп роста радужной форели возрастает при увеличении содержания жира в корме до 20 % даже при уменьшении содержания протеина в нем до 38 %. Кроме того, было установлено, что рыба, получавшая корм с повышенным содержанием жира, обладает улучшенными вкусовыми качествами.

Влажные и сухие корма. Для кормления лососевых рыб применяют как сухие (содержание влаги 11–13 %), так и влажные (содержание влаги около 50 %) гранулированные корма.

Влажные гранулированные корма имеют более мягкую консистенцию и приятный запах, что, видимо, привлекает рыбу и способствует быстрому потреблению корма.

Многолетний опыт показал, что сухие гранулированные корма обладают значительными преимуществами по сравнению с влажными. Они имеют более однородный и качественный состав, изготавливаются централизованно, что исключает дополнительные затраты на приготовление корма в хозяйстве. Кроме того, их просто и удобно хранить, обрабатывать и подавать в рыбоводные емкости, которые, кстати, меньше загрязняются. При этом использование кормораздатчиков позволяет снизить трудозатраты более чем на 50 %.

Корма для морского выращивания радужной форели. Установлено, что в морской воде радужная форель должна постоянно пить воду или получать ее вместе с пищей для компенсации осмотических потерь воды через жабры и кожу. Однако при кормлении сухими гранулами (влажность 10–13 %) рыба, чтобы переварить их, сама должна перерабатывать морскую воду в пресную, что требует определенных энергетических затрат. Это является одной из причин того, что в морской воде с низкой температурой (ниже 4–5 °С) отмечается ухудшение темпа роста радужной форели, так как рыба в это время ест мало, затрачивая на пищеварение минимальное количество энергии. Поэтому, вероятно, применение влажного гранулированного корма улучшает пищеварение и усвояемость, что может способствовать повышению темпа роста.

Влажные гранулированные корма изготавливают из свежей или замороженной рыбы с применением кормовых добавок и связывающих компонентов, которые не дают гранулам размываться до потребления их рыбой. Влажные гранулы дешевы, так как при их изготовлении используются малоценная свежая рыба и рыбные отходы. Кормовой коэффициент сухих и влажных гранулированных кормов при пересчете на сухое вещество примерно одинаков.

Влажные гранулы можно хранить в течение двух суток при темпе-

ратуре 4 °С. Длительное хранение влажных гранул (до 3 мес) осуществляется в холодильных камерах при температуре -15 °С. Применение различных консервантов позволяет увеличить срок хранения влажных гранул без охлаждения.

В настоящее время радужная форель не выращивается на солоноватых водах после перехода ее на активное питание, хотя такое выращивание имеет свои преимущества (в частности, более высокий темп роста рыбы). Обычно форель переводят в морскую воду соленостью до 20 ‰ при массе 50–80 г и более 20 ‰ – при массе 200–500 и даже 800 г.

При выращивании молоди радужной форели с использованием сухих и влажных гранулированных кормов (см. табл. 28) часть рыбной муки, входящей в состав кормов РГМ-6М и РГС-5В, заменялась эквивалентным количеством мороженой рыбы (ставрида), что позволило довести влажность корма до 35–40%. Количество витаминного премикса в кормах было увеличено до 2%.

При выращивании в воде соленостью 5 ‰ и кормлении влажными гранулами в течение 61 дня молодь, имевшая начальную массу 2 г, достигла массы 9,6 г при отходе 4,3% и кормовом коэффициенте (при пересчете на влажность 11–13%) 1,9, в то время как при кормлении сухими гранулами рыба достигла массы 4,7 г при отходе 11% и кормовом коэффициенте 3,2.

В результате выращивания молоди радужной форели с использованием сухих и влажных гранул при различной стартовой массе (0,6; 2; 5,3; 14,1; 30; 50; 93 г) в воде соленостью до 18 ‰ было установлено, что по мере роста рыбы разница в рыбоводных показателях (темп роста, отход, кормовые затраты) сглаживается, для рыбы с начальной массой 93 г – является незначительной. Однако выращивание молоди массой 0,6–30 г в морской воде с использованием влажных гранул имеет значительное преимущество перед выращиванием с использованием сухих гранул. Необходимо отметить, что чем меньше начальная масса форели при содержании в морской воде и чем дольше длится выращивание с использованием сухих гранулированных кормов, тем хуже рыбоводные показатели.

В Норвегии производятся сухие корма для культивирования форели в пресной и морской воде (табл. 32).

Во многих странах, где культивируют лосося или радужную форель в морской воде, выбор сухих или влажных кормов определяется ценой на них. Мелкая и малоценная рыба в этих странах не имеет спроса и поэтому ее выгоднее использовать для кормления лососевых.

Рыбный фарш готовят из целой рыбы или рыбных отходов с добавлением муравьиной кислоты (2,2% массы корма) или смеси муравьиной и серной кислот (соответственно 1,1 и 2,5% массы корма). Фарш выдерживается перед употреблением несколько месяцев. Производство

32. Химический состав сухих гранулированных кормов для культивирования форели

Корм	Протеин, %	Жир, %	Безазотистые экстрактивные вещества, %	Энергетическая ценность 1 кг, ккал	Соотношение протеина животного и растительного происхождения	Соотношение жира животного и растительного происхождения
Стартовый	48	20	14	3700	86/14	88/12
Производственный	41	20	22	3550	87/17	85/15
	40	15	26	3200	66/34	80/20

рыбного фарша обходится в несколько раз дешевле, чем хранение влажных кормов в морозильных камерах.

Лучше всего использовать фарш из жирных рыб — шпрота, скумбрии. Для приготовления корма в фарш добавляют муку (рыбную, соевую, кровяную), витаминно-минеральную смесь и альгинаты. Соотношение фарша и муки в корме составляет 50:50 или 60:40. Рыба, питающаяся таким кормом, растет быстрее, и мясо ее имеет более высокое качество.

Надо помнить, что в голове и внутренностях кормовой рыбы содержится ряд ферментов, которые разрушают витамины, содержащиеся в мышцах, селезенке, печени и других органах форели. Одним из таких ферментов является тиаминидаза, которая разрушает витамин В₁, что может привести спустя месяц к авитаминозу и, следовательно, к гибели рыбы.

Кормление производителей радужной форели. Разработаны и выпускаются сухие гранулированные корма для производителей радужной форели (табл. 33).

Установлено, что интенсивное кормление способствует увеличению количества и размера икринок, а длительное голодание (8 и более месяцев) отрицательно влияет на процесс формирования гонад у самок.

Суточная норма кормления ремонтно-маточного стада зависит от массы тела рыб и температуры воды (табл. 34).

Кормление гранулированными кормами РГМ-8П (диаметр гранул 8 мм) в нагульный период производят 2–3 раза в сут, в преднерестовый период за 2 недели до начала нереста суточный рацион самцов уменьшают до 0,5 % массы тела, а самок — до 1–1,5 % при частоте кормления 1–2 раза в день. В период нереста самок после отцеживания сразу начинают кормить в режиме нагульного периода, самок, далеких от созревания, продолжают кормить в режиме преднерестового периода. Самок, близких к созреванию, не кормят.

33. Состав гранулированных кормов для производителей радужной форели, %

Ингредиент	РГМ-15В	РГМ-8П	РГМ-8ПК
Мука			
рыбная	16,0	60,4	40,4
крилевая	32,0	—	20,0
мясо-костная	8,0	8,6	8,6
кровяная	2,5	3,0	3,0
пшеничная	13,0	5,0	5,0
травяная	1,0	1,8	1,8
водорослевая	1,0	1,0	1,0
Сухой обрат	—	7,0	7,0
Дрожжи кормовые	—	3,0	3,0
Шрот			
соевый	2,2	6,6	6,6
подсолнечниковый	5,8	—	—
льняной	15,0	—	—
Масло растительное	2,5	2,6	2,6
Премикс			
ПФ-1В	1,0	—	—
4П	—	1,0	1,0
Энергия усвоения, ккал/кг	2600	—	—
Энергия обмена, МДж/кг	—	12,7	13,1

34. Суточная норма кормления сухим гранулированным кормом ремонтно-маточного стада в период нагула, % массы тела

Масса рыб, кг	Температура воды, °С		
	5–10	10–15	15–20
0,3–1	1,5	2	3
Более 1	1	1,5	2

Норма кормления самцов в период между взятиями спермы составляет 0,5 % массы тела, кормят их 1–2 раза в день. Кормление прекращают за 2 сут до взятия спермы. После окончания нерестовой кампании самцов переводят на режим нагульного периода. Кормовой коэффициент при кормлении производителей сухим кормом составляет 1,8–3. Надо помнить, что качество и количество половых продуктов у радужной форели определяются качеством корма и его дозированием.

Кормление форели разного возраста. От правильного кормления во многом зависит экономическая эффективность выращивания рыбы. Корм должен дозироваться в зависимости от его рецептуры и размера,

физиологического состояния рыбы, температуры воды и содержания в ней кислорода. Избыточное кормление приводит к непроизводительным затратам корма и загрязнению воды, недостаточное — к неполной реализации потенциальных возможностей скорости роста рыбы.

Существуют различные методы определения суточной нормы кормления рыбы.

Форелеводы чаще всего пользуются табличными методами расчета суточных норм кормления, хотя они, как и перечисленные выше методы, не лишены недостатков. Необходимо отметить, что каждая из кормовых таблиц разработана для определенного корма, характеризующегося определенным составом и энергетической ценностью. Таблицы составлены на основании расчетных и эмпирических данных. В них даны готовые оптимальные величины суточных норм (в % массы рыбы) в зависимости от температуры воды, массы рыбы и энергетической ценности корма.

Кормовые таблицы (табл. 35) разработаны для кормов, содержащих не менее 38–40 % сырого протеина и 2,5–3 тыс. ккал/кг обменной энергии. Если корма не отвечают этим требованиям, таблицы применять нельзя.

При использовании разработанных в нашей стране сухих гранулированных кормов (см. табл. 30) рекомендуется обращаться к кормовым таблицам, составленным на основании эмпирических данных (табл. 36).

В ГДР, где активно развивается форелеводство, также разработаны таблицы суточной нормы кормления форели (табл. 37).

При использовании влажных гранулированных кормов (влажностью 35–40 %), изготовленных на основе отечественных рецептов, суточная доза корма должна быть увеличена на 40 % по сравнению с дозой, указанной в таблице.

Заслуживает внимания опыт шведских рыбоводов по кормлению радужной форели массой 50–1800 г при выращивании в бассейнах объемом 100 и 500 м³, насыщении воды кислородом около 100 %, рН чуть более 7 и постоянном контроле за температурой воды. Был использован сухой гранулированный корм с содержанием сырого протеина 36,5, жира — 16,5, углеводов — 27,5, влаги — 10,5 %. Энергетическая ценность корма — 3260 ккал/кг обменной энергии. Суточная норма была близка к норме кормления до полного насыщения. При скармливании основной дозы, зависящей от массы рыбы и температуры воды, пользовались кормораздатчиком, затем вечером вручную выдавали последнюю дозу корма. При таком режиме кормления форель получала максимум корма при его минимальных потерях. Кормовой коэффициент составлял 1,5–2. Оказалось, что наибольший привес был получен при температуре 14 °С, в то время как при температуре 16 °С результат был несколько хуже. Прирост при температуре 18 °С оказался равным приросту, полученному при температуре 10–12 °С. Это говорит о том, что в данных условиях наиболее подходящей оказалась температура 14–16 °С, а более высокая температура оказывала на рыбу стрессовое воздействие. На основании полученных данных была составлена таблица суточных норм кормления (табл. 38), при этом кормовой коэффициент составил 1,6.

35. Суточная норма кормления форели сухим гранулированным кормом энергетической ценностью 2,5–3 тыс. ккал/кг обменной энергии, % массы тела

Температура, °С	Масса форели, г										
	до 0,2	0,2–2	2–5	5–12	12–25	25–40	40–60	60–100	100–150	150–200	более 200
2	2,6	2,2	1,7	1,3	1,0	0,8	0,7	0,6	0,5	0,5	0,4
3	2,8	2,3	1,8	1,4	1,1	0,9	0,7	0,6	0,6	0,5	0,4
4	3,1	2,5	2,0	1,6	1,2	1,0	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5
5	3,3	2,7	2,2	1,7	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
6	3,6	3,0	2,4	1,9	1,5	1,2	1,0	0,8	0,8	0,7	0,6
7	3,9	3,2	2,6	2,0	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8	0,8	0,7
8	4,2	3,5	2,8	2,2	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7
9	4,5	2,8	3,1	2,4	1,8	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8
10	4,9	4,2	3,3	2,6	2,0	1,6	1,4	1,2	1,1	0,9	0,8
11	5,3	4,5	3,6	2,8	2,1	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9
12	5,7	4,8	3,9	3,0	2,3	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
13	6,2	5,2	4,2	3,2	2,4	2,0	1,7	1,5	1,3	1,1	1,1
14	6,7	5,6	4,5	3,5	2,6	2,1	1,8	1,6	1,4	1,2	1,2
15	7,2	6,0	4,9	3,8	2,8	2,3	1,9	1,7	1,5	1,3	1,3
16	7,7	6,4	5,2	4,1	3,1	2,5	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3
17	8,3	6,8	5,6	4,4	3,3	2,7	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4
18	8,8	7,3	6,0	4,8	3,5	2,8	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5
19	9,3	7,9	6,4	5,1	3,8	3,0	2,3	2,1	1,9	1,7	1,6
20	9,9	8,2	6,9	5,5	4,0	3,2	2,5	2,2	2,0	1,8	1,7

36. Суточная норма кормления форели сухим гранулированным кормом энергетической ценностью 3 тыс. ккал/кг (для рыб массой до 5 г) и 2,5–2,6 тыс. ккал/кг обменной энергии (для рыб массой более 5 г), % массы тела

Температура, °С	Масса рыбы, г											
	до 0,2	0,2–2	2–5	5–12	12–25	25–40	40–60	60–100	100–150	150–200	более 200	
2	2,7	2,3	1,8	1,5	1,2	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5
3	2,9	2,4	1,9	1,6	1,3	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,6	0,5
4	3,2	2,6	2,1	1,8	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7	0,7	0,6
5	3,4	2,8	2,3	1,9	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7
6	3,7	3,1	2,5	2,2	1,7	1,4	1,2	1,1	1,0	0,9	0,9	0,8
7	4,0	3,3	2,7	2,3	1,8	1,5	1,3	1,2	1,1	1,0	1,0	0,9
8	4,4	3,6	2,9	2,6	2,0	1,6	1,5	1,3	1,2	1,1	1,1	1,0
9	4,7	3,9	3,2	2,8	2,1	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	1,2	1,1
10	5,1	4,4	3,4	3,0	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2
11	5,6	4,7	3,8	3,3	2,5	2,0	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3
12	6,0	5,0	4,1	3,5	2,7	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,5	1,4
13	6,5	5,5	4,4	3,8	2,9	2,4	2,2	1,9	1,8	1,6	1,6	1,5
14	7,0	5,9	4,7	4,2	3,1	2,5	2,3	2,1	2,0	1,7	1,7	1,6
15	7,5	6,3	5,1	4,6	3,4	2,8	2,5	2,2	2,1	1,8	1,8	1,7
16	8,0	6,7	5,4	5,1	3,9	3,1	2,7	2,4	2,2	2,1	2,1	1,9
17	8,6	7,1	5,8	5,5	4,1	3,4	2,8	2,6	2,3	2,2	2,2	2,1
18	9,1	7,6	6,2	6,0	4,4	3,5	3,0	2,7	2,4	2,3	2,3	2,2
19	9,6	8,1	6,6	6,1	4,6	3,6	3,1	2,7	2,6	2,4	2,4	2,3
20	10,1	8,4	7,1	6,3	4,7	3,7	3,2	2,8	2,6	2,6	2,5	2,4

37. Суточная норма кормления форели сухим гранулированным кормом энергетической ценностью 2,7 тыс. ккал/кг обменной энергии, % массы тела

Температура, °C	Масса рыбы, г										
	до 0,2	0,2-1,5	1,5-5	5-12	12-25	25-40	40-60	60-90	90-130	130-180	более 180
6	4,3	3,6	2,9	2,2	1,6	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7	0,7
7	4,6	3,9	3,1	2,3	1,7	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8	0,7
8	4,9	4,2	3,3	2,5	1,8	1,5	1,3	1,1	0,9	0,8	0,7
9	5,4	4,5	3,6	2,7	2,0	1,6	1,4	1,2	1,0	0,9	0,8
10	5,9	4,9	3,9	2,9	2,2	1,7	1,5	1,3	1,1	1,0	0,9
11	6,4	5,3	4,3	3,2	2,4	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1	1,0
12	7,0	5,7	4,7	3,5	2,6	2,0	1,7	1,5	1,3	1,1	1,1
13	7,5	6,1	5,0	3,8	2,8	2,2	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1
14	8,0	6,6	5,4	4,1	3,0	2,4	2,0	1,8	1,5	1,3	1,2
15	8,7	7,2	5,8	4,4	3,2	2,6	2,2	2,0	1,6	1,4	1,3
16	9,4	7,8	6,3	4,8	3,4	2,8	2,4	2,2	1,7	1,5	1,4
17	10,0	8,3	6,8	5,2	3,6	3,0	2,5	2,3	1,8	1,6	1,5
18	10,5	8,7	7,2	5,5	3,8	3,2	2,6	2,4	1,9	1,7	1,6
19	10,8	9,0	7,5	5,7	3,9	3,3	2,7	2,5	2,0	1,8	1,7
20	11,0	9,2	7,7	5,9	4,0	3,4	2,8	2,6	2,0	1,8	1,7

38. Суточная норма кормления форели сухим гранулированным кормом энергетической ценностью 3260 ккал/кг, % массы тела

Температура, °С	Средняя масса рыб, г							
	50	100	200	400	800	1200	1600	1800
2	0,25	0,23	0,18	0,10	—	—	—	—
4	0,36	0,33	0,27	0,17	0,04	—	—	—
6	0,63	0,57	0,49	0,35	0,19	0,09	0,02	—
8	1,16	1,07	0,92	0,72	0,48	0,36	0,27	0,22
10	2,11	1,92	1,64	1,29	0,95	0,78	0,68	0,62
12	3,54	3,12	2,57	1,99	1,51	1,30	1,18	1,10
14	4,80	4,10	3,28	2,51	1,93	1,70	1,56	1,48
16	4,43	3,85	3,14	2,45	1,91	1,68	1,55	1,47
18	2,85	2,57	2,17	1,72	1,31	1,12	1,01	0,93

Кроме того, был рассчитан прирост форели (табл. 39).

39. Среднесуточный прирост форели в зависимости от температуры и средней массы рыбы при использовании корма энергетической ценностью 3260 ккал/кг, % массы тела

Температура, °С	Средняя масса рыб, г							
	50	100	200	400	800	1200	1600	1800
2	0,16	0,14	0,11	0,06	—	—	—	—
4	0,23	0,20	0,17	0,11	0,03	—	—	—
6	0,39	0,36	0,30	0,22	0,12	0,05	0,01	—
8	0,72	0,67	0,57	0,45	0,30	0,22	0,17	0,13
10	1,32	1,20	1,02	0,81	0,59	0,49	0,42	0,38
12	2,21	1,95	1,60	1,24	0,94	0,81	0,74	0,69
14	3,00	2,56	2,05	1,57	1,21	1,06	0,98	0,92
16	2,77	2,41	1,96	1,53	1,19	1,05	0,97	0,92
18	1,78	1,60	1,35	1,07	0,82	0,70	0,68	0,58

Приведенные в табл. 38 и 39 данные являются лишь ориентировочными. В зависимости от качества посадочного материала, условий внешней среды, состава корма и его энергетической ценности, санитарного состояния, здоровья рыбы, технологии культивирования и т.д. указанные в таблицах величины необходимо корректировать, т.е. учитывать специфические условия различных форелевых хозяйств. При выращивании форели в бассейнах необходимо уделять большое внимание кормовому коэффициенту, так как он является показателем состояния процесса выращивания. Обычно для сухого корма он состав-

ляет 1,2–2. Кормовой коэффициент возрастает с увеличением массы рыбы.

Если энергетическая ценность корма, имеющегося в хозяйстве, ниже (или выше) энергетической ценности корма, в расчете на который составлена табл. 36, то суточная норма должна быть увеличена (или уменьшена) относительно табличных значений. Для расчета следует использовать формулу

$$x = ab/c,$$

где x – суточная норма имеющегося корма, % массы тела рыбы; a – энергетическая ценность корма (см. табл. 36 – 3000 или 2500–2600 ккал/кг); b – суточная норма кормления (см. табл. 36) в зависимости от массы и температуры, % массы тела рыбы; c – энергетическая ценность имеющегося в хозяйстве корма, ккал/кг.

Кормить форель следует таким образом, чтобы она могла поглощать пищу почти сразу после раздачи. В большинстве отечественных форелевых хозяйств кормление осуществляется вручную. Корм надо стараться разбрасывать так, чтобы все рыбы имели возможность получить его.

При неправильном определении или взвешивании суточной нормы корма для каждого бассейна эффективность кормления снижается. Кроме того, на эффективность кормления в форелевых хозяйствах отрицательно влияют высокие плотности посадки, антисанитарные условия, большая разнокачественность рыб в бассейне, болезни, низкий уровень водообмена, низкое содержание кислорода в воде и т. д.

В связи с тем что расходы на корма для форели составляют до 60 % всех расходов на ее выращивание, проблема рационального их использования и экономии стоит особенно остро. При кормлении форели необходимо учитывать, что размер гранул для молоди длиной 4–20 см должен составлять от 2,2 до 2,6 % длины тела (по Смигу), что соответствует размеру ротового отверстия и расстоянию между жаберными тычинками у радужной форели (см. табл. 31).

Рыбу лучше кормить часто мелкими порциями. Чем меньше рыба, тем чаще ее надо кормить.

При низкой температуре частота кормления может составлять от 1 раза в сутки до 1 раза в неделю. При повышении температуры до 20 °С число кормлений нужно сократить, а при 22 °С – прекратить кормление полностью.

Переходить на корм другого размера или типа следует постепенно в течение 3–5 дней. В случае необходимости нужно применять специальные лечебные гранулированные корма или смесь лечебных компонентов для добавки во влажные гранулы.

Кормить рыбу следует каждый день, так как перерыв в кормлении ведет к уменьшению ее массы.

Следует создавать оптимальные условия для выращивания и осуществлять постоянный контроль за температурой воды и ее колебаниями, содержанием кислорода в воде, рН, атмосферным давлением и т. д.

Необходимо соблюдать правила хранения кормов, учитывая, что качество корма при хранении более 3 мес ухудшается. Если крошимость корма свыше 1 %, то корм следует отделить от крошки, что снизит кормовой коэффициент и улучшит качество воды в бассейне.

Если рыба не съедает за сутки положенное количество корма, то следует выяснить, почему это происходит — причиной может быть плохое качество воды или заболевание. Чтобы рыба привыкала к определенному режиму кормления, рекомендуется проводить его приблизительно в одно и то же время.

Начало кормления, период приучения личинок к искусственному корму являются очень важными моментами. Если условия содержания личинок в бассейне не соответствуют их биологическим потребностям, то они отказываются принимать корм, худеют и гибнут.

Существуют различные точки зрения по поводу эффективности ручного и автоматического кормления. Одни рыбоводы считают, что при использовании автокормушек расходуется больше корма, чем при ручном кормлении, другие придерживаются противоположного мнения. Но бесспорно то, что затраты труда при использовании кормушек значительно снижаются. Применение автокормушек позволяет осуществлять кормление личинок и молоди до 24 раз в сутки, а при использовании искусственного освещения — в ночное время.

Для того чтобы с большой точностью определять нормы кормления, необходимо проводить контрольное взвешивание рыбы. Величина выборки зависит от размера бассейна и количества рыбы. Выборка должна составлять от 50 до 100 % генеральной совокупности в небольших емкостях и не менее 1 % — в больших бассейнах.

В период приучения личинок радужной форели к искусственному корму в первые 5–10 суток кормления частоту раздачи корма максимально увеличивают. При полноциклическом выращивании форели 5–10 % корма затрачивается на молодь, а остальной корм используется для выращивания товарной рыбы.

При использовании экструдированного корма для выращивания форели необходимо пользоваться специальными таблицами суточной нормы кормления. Значительная экономия кормов достигается за счет сокращения сроков выращивания товарной рыбы.

Когда желточный мешок у личинок рассасывается примерно на 40–50 %, форель начинают кормить стартовым гранулированным кормом. Задержка начала кормления оказывает отрицательное влияние на последующий рост рыбы и ее жизнеспособность.

В начале кормления, обычно в течение первых 10 суток (в зависимости от температуры воды), происходит адаптация личинок к сухому гранулированному корму. В этот период личинок следует кормить через каждые 30 мин. По мере подрастания число ежедневных кормлений может быть уменьшено.

Корм разбрасывается небольшими порциями, продолжительность раздачи каждой порции корма составляет 5–7 мин.

В период привыкания личинок к корму необходимо тщательно следить за чистотой бассейнов и осуществлять их чистку утром и вечером. При появлении у молоди активной реакции на корм продолжительность разового кормления в каждом бассейне можно снизить до 1–3 мин. В период привыкания личинок к корму и перехода на его активное потребление кормовые затраты достигают 2–2,2. В дальнейшем при выращивании мальков массой 0,3–10 г кормовой коэффициент колеблется от 1,1 до 1,4.

Влажные гранулированные корма начинают давать малькам при переводе в воду соленостью до 5‰. В дальнейшем рыба при выращивании в морской воде до достижения ею массы 30–50 г также получает влажные гранулированные корма.

При выращивании молоди, товарной рыбы, ремонтных особей и производителей применяется одна и та же технология кормления. Корм вручную или с помощью кормораздатчиков порциями разбрасывается по поверхности воды. Интенсивность раздачи корма должна соответствовать скорости его потребления рыбой. По мере роста рыбы размер крупки и диаметр гранул увеличивают, а частоту раздачи корма снижают (см. табл. 31). При прозрачности воды менее 5–8 см рыбу кормить не рекомендуется.

Кормовой коэффициент для сухого гранулированного корма (с содержанием протеина 40–46 %, обменной энергией – 2500–3000 ккал/кг) при кормлении рыбы массой 0,2–20 г составляет 1,3–1,5, а при кормлении рыбы массой 30–250 г – 1,6–2.

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ БАСЕЙНОВОГО МЕТОДА ВЫРАЩИВАНИЯ ФОРЕЛИ

Для создания береговых бассейновых установок очень важно правильно выбрать место – при этом следует учитывать количество, качество и температуру воды, условия водозабора и сброса отработанной воды. В хозяйстве необходимо применять передовую технологию культивирования форели, современные методы водоподготовки (в том числе оксигенацию воды), использовать автоматические устройства для проведения санитарно-терапевтических мероприятий, сборные строительные конструкции (для сокращения сроков строительства), стеклопластиковое рыбоводное оборудование. Кроме того, хозяйство должно быть обеспечено электроэнергией и иметь подъездные дороги. Одним из главных условий эффективной работы хозяйства является наличие хорошо подготовленных кадров.

Мощность создаваемого пресноводного хозяйства зависит в первую очередь от дебита водисточника и качества воды. Для берегового

морского хозяйства главным является качество морской воды и ее температурный режим. Мощность бассейнового хозяйства определяется рабочим объемом бассейнов (m^3) и объемом реализуемой продукции (тыс. шт. молоди определенной массы или тонн товарной рыбы).

В зависимости от объема продукции, технических и технологических решений определяют объем капитальных вложений. Так, для современного полносистемного форелевого хозяйства стоимостью 0,8 млн рублей затраты на строительные-монтажные работы составляют 29,2 %, на оборудование – 61,8 %, прочие затраты составляют 9 %. Основная сумма капиталовложений (66,1 %) приходится на объекты основного производственного назначения – насосную станцию, инкубационный цех, выростной и нагульный участки.

Затраты при бассейновом выращивании форели. При культивировании радужной форели основные затраты связаны с приобретением сырья и материалов (49,5 %), оплатой труда (19,2 %) и амортизационными отчислениями (13,9 %).

**Эксплуатационные затраты на производство
товарной форели, %**

Оплата труда (основная и дополнительная)	19,2
Топливо и электроэнергия	2,5
Сырье и материалы	49,5
Транспорт	2,7
Текущий ремонт	1,0
Износ и ремонт рыбоводного инвентаря	1,1
Амортизационные отчисления	13,9
Общепроизводственные расходы	8,3
Общехозяйственные расходы	1,1
Прочие расходы	0,7
Итого	100,0

Большая часть затрат, связанных с сырьем и материалами, приходится на выращивание или приобретение посадочного материала и приобретение корма.

Себестоимость производства 1 кг товарной форели колеблется в хозяйствах страны от 2,5 до 7 руб.

Плотность посадки рыбы. На экономические показатели выращивания форели оказывают влияние многие факторы, одним из которых является плотность посадки рыбы. Так, при увеличении плотности посадки форели капиталовложения на единицу продукции снижаются. Если плотность посадки удваивается, то необходимые капиталовложения основного производственного назначения сокращаются примерно в 2 раза.

Рассмотрим пример выращивания посадочного материала радужной форели средней массой от 10 до 20 г в бассейнах размером 2 x 2 x 0,8 м. Объем выращивания составляет от 1000 до 2000 кг, плотность посадки – 20 и 40 кг/ m^3 . Данные для расчета представлены в табл. 40. В обоих случаях количество и качество использованного корма одинаковы.

Можно рассчитать себестоимость выращивания посадочного материала по таким изменяющимся статьям затрат, как заработная плата, содержание и эксплуатация оборудования, цеховые расходы.

Технологическая трудоемкость работ (в чел.-ч)

	I вариант	II вариант
Кормление	1,946	0,973
Уход за бассейнами	7,625	3,812
Контрольный облов	2,138	1,069
Облов	0,457	0,228
Итого (при выращивании 1 тыс. шт.)	12,155	6,082

При выращивании 100 тыс. шт. в I варианте трудоемкость составит 1216,6, во II – 608,2 чел.-ч. Бассейны обслуживают рабочие V разряда, их часовая тарифная ставка – 55,7 коп. Тогда заработная плата (в руб.) составит:

	I вариант	II вариант
Основная	677,64	388,77
Дополнительная (8 %)	54,21	31,10
Отчисления на социальное страхование (14 %)	102,46	58,78
Итого	834,31	478,65

40. Исходные данные для расчета экономического эффекта при выращивании радужной форели с применением различной плотности посадки

Показатель	Вариант	
	I	II
Средняя масса посадочного материала, г	10	10
Плотность посадки, кг/м ³		
начальная	20	40
конечная	40	80
Общая масса рыбы при посадке, кг	1000	1000
Рабочий объем бассейнов, м ³	50	25
Количество бассейнов, шт.	25	13
Водообмен, раз в час	3	5
Расход воды, м ³ /ч	150	130
Количество рыб в 1 м ³ , шт.	2000	4000
Суточный прирост, г	0,4	0,35
Время выращивания до массы 20 г, сут	25	29
Общая масса рыбы при вылове, кг	2000	2000
Рыбопродукция, кг	1000	1000

Затраты на электроэнергию также являются изменяющейся статьёй расходов. Суточный расход воды в I варианте составляет 3600, во II –

3120 м³. На подачу 1 м³ воды расходуется 0,167 кВт электроэнергии (подача насоса с электродвигателем мощностью 10 кВт составляет 60 м³/ч).

	I вариант	II вариант
Суточный расход электроэнергии, кВт	601,2	521,04
Расход электроэнергии за период выращивания, кВт	15030	15110,16
Затраты на электроэнергию, руб.	300,6	302,2

Кроме того, произойдет изменение в амортизационных отчислениях (норма амортизации 5%, использование оборудования круглогодичное). На выращивание рыбы массой 10 г до достижения ею массы 20 г затрачивается примерно 11 мес. Объем капитальных вложений в I варианте (стоимость 1 бассейна – 1278 руб.) составляет 31950, во II – 16614 руб. Удельные капитальные вложения в I варианте составят 319,5, во II – 166,14 руб., амортизационные отчисления соответственно – 133,12 и 69,23 руб. Изменение себестоимости в I варианте составит 1268,03 руб. (12,68 руб. при выращивании 1 тыс. шт.), во II варианте – 850,80 руб. (8,51 руб. при выращивании 1 тыс. шт.).

Таким образом, экономический эффект от выращивания посадочного материала (100 тыс. шт.) при увеличении плотности посадки в 2 раза составит: $\mathcal{E} = (12,68 + 0,15 \cdot 319,5) - (8,51 + 0,15 \cdot 166,14) 100 = 2718$ руб. При этом потребность в капитальных вложениях снизится в 2 раза.

Экспериментальным путем установлено, что применение более высокой плотности посадки экономически выгодно. Так, при плотности посадки 80 и 160 шт/м³ продуктивность во втором случае возрастает на 31,6%, а кормовые затраты снижаются на 9,2%. Однако при увеличении плотности посадки уменьшается индивидуальная масса рыбы, поэтому темп роста может стать одним из факторов, лимитирующих плотность посадки форели.

Температура воды. Температурный режим водоемника влияет как на объем капиталовложений, так и на другие экономические показатели выращивания. Так, например, при выращивании форели начальной массой 1–5 г при температуре 10 °С и плотности посадки 50 кг/м³ потребуется 16–18 мес, чтобы получить форель средней массой 150 г, а при температуре 17 °С эту же продукцию можно получить при той же плотности посадки и средней массе за 10–12 мес. А за 16–18 мес выращивания при температуре 17 °С можно получить значительно больше продукции, чем при температуре 10 °С. Капиталовложения и трудозатраты, связанные с выращиванием единицы продукции при температуре 17 °С, будут ниже, чем при температуре 10 °С.

Посадочный материал. Очень часто фактором, сдерживающим развитие товарного форелеводства, является отсутствие посадочного материала. Затраты, связанные с выращиванием или приобретением по-

садового материала, составляют в различных странах от 36 до 54 % стоимости выращиваемой рыбы. Повышение товарной массы рыбы (с 150 до 300 г или 2–3 кг) снижает потребность в посадочном материале и соответственно затраты на единицу продукции (за счет уменьшения количества посадочного материала), но вызывает увеличение потребности в капитальных вложениях. Увеличение товарной массы с 120 до 300 г позволяет более полно использовать потенцию роста радужной форели. При выращивании посадочного материала основная часть расходов приходится на сырье, основные материалы и оплату труда. Значительную часть расходов, связанных с сырьем, составляет стоимость икры.

Существует прямая связь между диаметром икры и ее выживаемостью, а также между диаметром икры и выживаемостью свободных эмбрионов. Чем старше самка, тем крупнее икра и лучше ее выживаемость. Выклюнувшиеся из крупной икры свободные эмбрионы растут быстрее, чем эмбрионы, выклюнувшиеся из мелкой икры. Однако это повышает затраты на содержание старших возрастных групп производителей, поэтому качество икры должно определять ее цену (как это происходит во многих странах). В нашей стране цены на оплодотворенную и неоплодотворенную икру (1 тыс. шт. или 1 л) не зависят от ее качества.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, рыбопосадочный материал лучше выращивать в бассейнах объемом от 0,1 до 3–5 м³. Форелевые хозяйства, специализирующиеся на выращивании рыбопосадочного материала, более рентабельны, чем хозяйства, занимающиеся выращиванием товарной рыбы.

Расчетные цены на молодь различны и зависят от массы сеголетков (8–12, 12–15 и более 15 г) и годовиков (10–15, 15–20 и более 20 г). Эти цены не отражают действительных затрат на производство посадочного материала, поскольку затраты на выращивание каждого грамма различны и с увеличением массы рыбы возрастают.

Корма и кормление рыбы. Затраты на корма составляют 40–60 % общих затрат на выращивание рыбы. Эти затраты можно снизить за счет сбалансированности кормов по соотношению белка и жира. Наилучшее усвоение кормов происходит при температуре 10–14 °С, но темп роста при этой температуре не самый высокий. Если температуру воды поднять до 15–18 °С, то темп роста форели увеличится, а эффективность использования кормов уменьшится. Помимо температуры влияние на усвоение кормов оказывают различные факторы среды и физиологическое состояние рыбы. Существует мнение, что при определенном диапазоне температур нужны корма с определенной энергетической ценностью и соотношением протеина и энергии. На эффективность использования кормов форелью оказывает влияние помол его ингредиентов. Снижение процентного содержания белков животного происхож-

дения удешевляет стоимость кормов, но это вовсе не означает, что их состав становится оптимальным для рыбы.

Получение гранулированного корма методом экструзии позволяет применять гранулы с меньшей скоростью погружения, что при улучшении вкусовых качеств корма и усвояемости положительно сказывается на его потреблении. Применение экструдированного корма при выращивании радужной форели в бассейнах снижает кормовые затраты на 30–40 %.

Сухие гранулированные корма (влажностью до 11–13 %) обладают некоторыми преимуществами перед влажными гранулированными кормами (влажностью 40–50 %). Они изготавливаются централизованно, их легко транспортировать и хранить, применение сухих гранул дает возможность применять автокормушки.

Но при выращивании радужной форели массой 50–150 г в воде соленостью 10–18 ‰ в течение почти 4 мес использование влажных гранул оказалось более эффективным. На 1 кг прироста было затрачено сухих кормов на 1,57 руб., а влажных – на 1,12 руб.

Автоматизированное кормление с применением ЭВМ является эффективным и позволяет увеличить темп роста рыбы до 40 %.

Механическая и самотечная системы подачи воды. Использование той или иной системы подачи воды существенно влияет на экономические показатели выращивания форели.

Предположим, что мощность используемых электронасосов составляет 10 и 22 кВт, а производительность 60 и 90 м³/ч. Стоимость одного киловатт-часа электроэнергии – 1 коп. Средняя стоимость подачи 1 м³ воды в соответствии с затратами на электроэнергию составит 0,21 коп. Тогда нетрудно подсчитать, что затраты на электроэнергию при выращивании 1 кг рыбы и продуктивности 30 кг составят 2,21 руб., а при 130 кг – 0,51 коп. При самотечной системе подачи воды затраты на перекачивание воды отсутствуют.

Содержание растворенного кислорода в воде. Насыщение воды кислородом оказывает влияние на затраты при выращивании радужной форели, особенно при механической подаче воды.

В табл. 41 приведены расчетные данные по расходу воды при температуре 10 °С, специфическом потреблении кислорода форелью 241 мг/кг · ч, содержании растворенного кислорода на вытоке 7 мг/л и различном насыщении воды кислородом. Потребность в воде будет возрастать по мере снижения насыщения воды кислородом, что соответственно увеличит затраты на ее перекачивание.

Оксигенация воды. Применение оксигенации воды дает возможность использовать более широкий диапазон температур для культивирования радужной форели и создать условия для ее круглогодичного выращивания. Оксигенация необходима при использовании в форелеводстве грунтовых вод. Применение оксигенации позволяет снизить

41. Расход воды при выращивании 100 кг радужной форели индивидуальной массой 10 г

Насыщение воды кислородом, %	Содержание кислорода, мг/л	Потребность в воде	
		м ³ /ч	%
100	11,3	5,6	100
90	10,2	7,5	130
80	9,0	12,0	210
70	7,9	26,8	480

расход воды и интенсивность водообмена, что уменьшает затраты, связанные с водоподачей.

Затраты на оксигенацию незначительны. Так, использование 1 киловатт-часа электроэнергии дает возможность получить 0,93 кг газообразного кислорода. Потери кислорода при оксигенации не превышают 10 %. С учетом потерь этого количества кислорода достаточно для насыщения 74 м³ воды (от 0 до 100 %) при температуре 10 °С.

Как уже указывалось, применение оксигенации дает возможность увеличить плотность посадки рыбы, снизить водообмен, уменьшить кормовые затраты, увеличить темп роста, что приводит к снижению затрат на выращивание.

Внедрение механизации и автоматизации процессов выращивания форели позволяет снизить затраты на оплату труда и выращивать более 25–35 т товарной форели в расчете на 1 работающего.

Для того чтобы выращивание форели приносило доход, необходимо использовать передовую технологию, снижать производственные расходы (особенно на посадочный материал и корма), сокращать продолжительность производственного периода выращивания форели (до достижения ею стандартной массы).

ТРАНСПОРТИРОВАНИЕ СПЕРМЫ, ИКРЫ И МОЛОДИ ФОРЕЛИ

При выращивании радужной форели возникает необходимость в перевозках в связи с проведением работ по селекции, скрещиванию различных сезонных рас, акклиматизации, а также с необходимостью обеспечения хозяйств племенным материалом, доставки готовой продукции потребителю и т. д. Причем чаще всего возникает необходимость в перевозке спермы и икры. Перевозку икры и живой радужной форели необходимо осуществлять с помощью специально предназначенных для этого транспортных средств.

При перевозке икры, молоди, товарной рыбы и производителей следует руководствоваться существующими нормативами.

При перевозке икры, спермы и радужной форели необходимо иметь ветеринарное свидетельство (форма № 1), которое выдается главным ветеринарным врачом района, города, области, и является действительным в течение трех дней. Перед началом перевозки транспортные средства должны пройти санитарную профилактическую обработку.

Хранение и транспортирование спермы и икры. Перевозить сперму намного проще и дешевле, чем самцов форели.

Сперма, содержащаяся при температуре 0–5 °С, сохраняет способность к оплодотворению в течение 8 сут, а при температуре 5–6 °С — в течение 3 сут. При хранении в герметически закрытой пробирке сперма через 3–5 ч теряет жизнеспособность. Она должна быть обеспечена кислородом, но при свободном контакте с воздухом и длительном хранении сперма высыхает и гибнет. Поэтому хранение осуществляют в открытых пробирках, помещенных в закрытый сосуд, периодически аэрируемый кислородом или воздухом. Установлено, что добавление пенициллина в количестве 5 тыс. МЕ на 1 мл спермы увеличивает время ее возможного хранения на 1–2 недели.

Доказано, что неразведенную сперму радужной форели можно сохранять при –2 °С в закупоренных сосудах с кислородом без потери способности к оплодотворению в течение 23 сут. Однако консервация спермы при отрицательных температурах не может быть успешной без применения криопротектантов, которые препятствуют повреждению спермы кристалликами льда. Для этой цели используют растворы глицерина, диметилсульфоксида, этиленгликоля и пропиленгликоля. Кроме того, для замораживания спермы необходимы разбавители, которые не активизируют клетки спермы. Для их получения используется поваренная соль.

Наибольшее распространение получило хранение спермы с помощью замораживания жидким азотом при температуре –196 °С. При этом сперма остается жизнеспособной не менее одного года. Для хранения используют стеклянные или полипропиленовые пузырьки вместимостью 2 мл, которые выдерживают такую температуру.

Применяется и другой способ хранения. Разведенную сперму наливают в углубление в сухом льду и полученную гранулу помещают затем в жидкий азот. Сперма хорошо хранится после быстрого замораживания при –30 °С за 1 мин.

Замороженную сперму после доставки в хозяйство размораживают следующим образом. В пузырек вводят 0,5 мл воды температурой 7–8 °С, затем в течение 8 с взбалтывают пузырек со спермой в воде температурой 50–60 °С. Как только сперма оттаивает и приобретает сметанообразную консистенцию, ее немедленно смешивают с икрой, после чего идет процесс оплодотворения и набухания.

Перевозка спермы осуществляется при той же температуре, что и

хранение. От способа хранения зависит способ транспортирования спермы. Обычно, когда время транспортирования составляет 1–3 дня, пробирки со спермой закрывают тампоном, обертывают марлей и помещают в термос, заполненный до половины мелко наколотым льдом. Строго говоря, консервация икры невозможна. Однако охлаждение и содержание при температуре 4–0 °С позволяют ей сохранять оплодотворяющую способность в течение двух недель. Неоплодотворенную икру не перевозят.

При развитии икры радужной форели наблюдаются два периода, когда икра менее чувствительна к механическим воздействиям и поэтому пригодна к транспортированию. Первый период начинается сразу после окончания процесса набухания и продолжается до начала дробления бластодиска (2–3 сут). В этот период продолжительность перевозки может составлять 3–4 ч. Более длительные перевозки вызывают, как правило, повышенный отход икры. Второй период начинается со стадии пигментации глаз и продолжается почти до момента выклева свободных эмбрионов. На этой стадии развития возможны продолжительные перевозки икры (до 5 сут и более).

Транспортировать икру перед выклевом нежелательно, так как выклев может начаться в пути, что приведет к повышенному отходу. В случае острой необходимости транспортирование такой икры следует осуществлять в полиэтиленовых пакетах с водой и кислородом, а количество икринок в пакете должно соответствовать плотности посадки личинок. Отход при транспортировании икры не должен превышать 4 %.

Икру перевозят в контейнерах размером 55 × 45 × 50 см, что позволяет производить их погрузку на авиатранспорт. Перед закладкой в контейнер икру помещают на 5 мин в 2 %-ный раствор танина. Для профилактики сапролегнии используют раствор малахитового зеленого при концентрации 1:100 000.

Необходимо, чтобы при перевозке был обеспечен доступ воздуха к икре, поддерживалась оптимальная температура внутри контейнера и икра не подвергалась механическим воздействиям.

Закладку икры в контейнер проводят при температуре воздуха в помещении от 2 до 5 °С. Икру во избежание высыхания перевозят во влажных марлевых салфетках на специально предназначенных для этой цели рамках. Салфетка должна полностью закрывать икру. Рамки с икрой, плотно входящие в контейнер, устанавливаются одна на другую. На нижнюю и верхнюю рамки икра на закладывается. На верхнюю рамку укладывают влажную толстую ткань. Необходимо знать, при какой температуре будет происходить транспортирование. При необходимости на верхнюю рамку укладывают куски льда, помещенные в полиэтиленовые пакеты с отверстиями — лед тает и увлажняет икру. Если время перевозки составляет более трех суток, необходимо смочить икру водой. Икра и вода должны иметь одинаковую температуру. Вода должна быть насыщена кислородом и не должна иметь вредных при-

месей. Температура в контейнере должна составлять от 0,5 до 10–12 °С.

Контейнер должен быть плотно закрыт, упакован и промаркирован ("живой груз", "верх", "низ" и т. д.).

В хозяйстве, прежде чем заложить доставленную икру на инкубацию, необходимо привести в соответствие температуру икры и воды для инкубации. Для этого следует извлеченные из контейнера рамки с икрой периодически орошать водой, как правило, в течение часа.

Транспортирование живой рыбы. Куда бы ни доставлялась выращенная в хозяйстве форель – в естественный водоем для зарыбления, в другое хозяйство, магазин или на живорыбную базу, она должна быть доставлена в живом виде. Перевозку живой рыбы осуществляют при температуре воды ниже 10–12 °С. Для уменьшения загрязнения воды продуктами жизнедеятельности рыбы за сутки до транспортирования рыбу прекращают кормить независимо от метода перевозки. Для предотвращения бактериальных заболеваний следует использовать смесь пенициллина и стрептомицина при концентрации 10–50 мг/л.

Личинок и мальков массой 1–2 г проще и удобнее перевозить в полиэтиленовых пакетах, наполненных водой и кислородом. Обычно используются двух- или трехслойные пакеты длиной 65 см и вместимостью 40 л (50 % воды и 50 % кислорода). Пакет помещают в изотермический контейнер или картонную коробку. Более крупную рыбу (включая производителей) обычно перевозят в специальных цистернах или контейнерах, установленных на грузовиках, а также в живорыбных вагонах.

Для успешного транспортирования живой рыбы в течение длительного времени (1–2 сут) в любое время года применяют установку для перевозки живой рыбы, состоящую из емкости, покрытой термоизоляционным материалом, фильтра для очистки воды (от слизи и других примесей), насоса для перекачивания воды, системы аэрации воды (кислородом или воздухом) и охлаждающе-нагревательной системы. При транспортировании рыба чаще всего гибнет из-за низкого содержания кислорода или высокого содержания продуктов обмена в воде. В связи с этим обеспечение с помощью распылителей 100 %-ного насыщения воды кислородом позволяет увеличить количество перевозимой рыбы или время транспортирования. Полагают, что цистерны должны иметь внутренние перегородки, которые уменьшают колебания воды во время движения. Вода должна занимать все пространство емкости для перевозки рыбы.

ПРОФИЛАКТИКА ЗАБОЛЕВАНИЙ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ

Болезни форели. Разнообразные заболевания радужной форели описаны в специальных справочниках и пособиях, число этих заболеваний постоянно увеличивается. Основными возбудителями инфекцион-

ных болезней радужной форели являются вирусы, бактерии и грибки, которые в условиях индустриального рыбоводства представляют наибольшую опасность.

Существуют также более 90 видов различных паразитов: простейшие, моногенеи, трематоды, цестоды, нематоды, ракообразные, вызывающие инвазионные болезни. Иногда при возникновении заболевания поставить диагноз может рыбовод, но в большинстве случаев сделать это очень сложно, поэтому приходится обращаться к специалисту-ихтиопатологу.

При выращивании радужной форели в морской воде исчезают типично пресноводные паразиты, например триходина, ихтиофтириус и т.д. Однако в прибрежной зоне все чаще регистрируют случаи заболеваний, вызванных паразитами пресноводных и морских рыб, например кистиоз, лепеофтеироз, калигоз и др.

Алиментарные болезни связаны с качеством кормов. Так, форель плохо утилизирует углеводы, и при несбалансированности рациона это приводит к избыточному отложению гликогена в печени и, следовательно, к нарушению ее нормальной работы. Недостаток содержания в корме витаминов, микроэлементов, незаменимых жирных кислот, наличие в нем токсинов приводит к серьезным заболеваниям форели. Так, например, недостаток биотина и избыток холина могут вызвать у форели катаракту глазного хрусталика. Но основной причиной заболеваний, связанных с кормами, является окисленный жир комбикормов.

Воздействие ультрафиолетового излучения при высоком уровне солнечной активности может вызвать среди культивируемой форели вспышку кожных заболеваний.

Организация работы хозяйства. Правильная организация работы хозяйства, соблюдение технологии культивирования, постоянное внимание к условиям содержания рыбы и, в частности, использование грунтовых вод, гравийно-песчаных фильтров, бактерицидных установок, кормов высокого качества, применение аэрации и оксигенации значительно снижают вероятность возникновения многих заболеваний, в том числе паразитарных.

Следует постоянно помнить о том, что водоснабжение имеет исключительно важное значение для работы всего рыбоводного хозяйства. При отключении электронасосов для текущего ремонта необходимо позаботиться о том, чтобы загнивание растений и других организмов внутри трубопроводов не вызывало опасного загрязнения, когда система вновь начнет работать.

Что касается других болезней, особенно вирусных, то надо стремиться, чтобы их возбудители не проникали в хозяйство с завозимой икрой и живой рыбой. Во избежание массового заражения форели необходимо икру и рыбу получать только из хозяйств, в которых не наблюдается вирусных и других заболеваний. Так, нужно учитывать, что вирусносителями (при одной из наиболее опасных инфекционных болезней

радужной форели — вирусной геморрагической септицемии) могут быть природные популяции ручьевого форели, а также особи из хозяйств, проникшие в источник водоснабжения. При определенной температуре эта болезнь может развиваться как в пресных, так и в солоноватых водах. Кроме того, возбудители вирусных заболеваний могут попадать в хозяйство через помет птиц и корм.

Нежелательны посещение хозяйства посторонними лицами, пересадка рыбы из одного бассейна в другой, использование в хозяйстве только одного сачка.

Птиц необходимо отпугивать с помощью натянутой над бассейном в несколько рядов лески или капроновой нити.

Гибель рыбы в результате сортирования часто является показателем заболевания.

Погибшую или умирающую рыбу необходимо удалить из бассейна, установить причину гибели, подсчитать отход и поместить ее в известковую яму.

Наблюдения за поведением рыбы. Рыбовод должен уметь определить, в каком состоянии находится рыба и здорова ли она. Необходимо проводить ежедневный осмотр рыбы в каждой рыбоводной емкости. Высокая пищевая активность является признаком того, что рыба здорова. Во время кормления нужно прежде всего обращать внимание на любые явные признаки плохого состояния или заболевания, о чем может свидетельствовать появление рыб, заглатывающих воздух, темноокрашенных или обесцвеченных, с изъязвленным хвостом и плавниками, пучеглазых, нужно также следить за распределением и поведением рыб при плавании.

Опытные рыбоводы знают, что в определенные сезоны года вспышки заболеваний наиболее вероятны. Известно, что для возникновения эпизоотии необходимы три условия: наличие возбудителя, восприимчивых особей и располагающей к заболеванию стрессовой ситуации.

Изменения в среде обитания, стресс, плотность посадки и болезни форели. Любые изменения, происходящие в среде обитания, — увеличение плотности посадки, резкие перепады температур, недостаток растворенного кислорода, изменение рН и т. д. — оказывают серьезное влияние на выращиваемую форель, снижая ее сопротивляемость к различным заболеваниям. Так, например, хотя в водоисточниках хозяйства постоянно присутствует такая условно патогенная для форели бактерия, как *Aeromonas*, но эпизоотия возникает лишь вследствие ухудшения условий обитания (при низком содержании кислорода, скудности), а также проведения рыбоводных операций (в частности, при пересадках рыбы). Другое заболевание — вибриоз — может возникнуть при содержании растворенного кислорода менее 6 мг/л, особенно при температуре воды 10–15 °С и солёности 10–15 ‰, а также после проведения рыбоводных операций.

Газопузырьковая болезнь часто возникает при механической подаче воды по трубам под давлением из-за подсосывания воздуха в сальниках насосов или появления трещины в водоподающей трубе, при аэрации воды воздухом под давлением, при быстром подогреве. Газопузырьковая болезнь, как правило, вызывает быструю гибель рыбы. Поэтому воду перед подачей необходимо пропускать через дегазационную установку.

При интенсивном методе выращивания форели в бассейнах из всех факторов окружающей среды, создающих предпосылки для болезней, главным является плотность посадки. Если используются природные водоемы, то при расчете допустимой плотности посадки необходимо учитывать температуру воды и содержание в ней кислорода, интенсивность водообмена, потребность форели в кислороде, качество корма и интенсивность кормления и, следовательно, уровень обмена веществ и скорость накопления метаболитов в воде. Снижение плотности посадки рыб является средством улучшения условий обитания.

Мероприятия, препятствующие заболеваниям. Для предотвращения заболеваний следует:

содержать в карантине привезенную рыбу, привезенную икру инкубировать отдельно;

препятствовать попаданию дикой рыбы в систему водоснабжения; использовать фильтры, бактерицидные установки, аэрацию и оксигенацию воды;

регулярно стерилизовать в течение 5–7 мин рыбоводный инвентарь (емкости для перевозки икры и рыбы) с помощью раствора хлорной извести (200 мг/л);

стерилизовать перед посадкой рыбы рыбоводные емкости с помощью раствора хлорной извести (200 мг/л);

ежедневно устанавливать количество погибших рыб и обследовать их для выяснения причин гибели – проводить внешний осмотр, осмотр брюшной полости, кишечника, селезенки и печени, а также 1–2 раза в месяц проводить ихтиопатологическое обследование рыбы;

соблюдать требования ОСТа относительно качества воды;

осуществлять постоянный контроль за температурой, содержанием кислорода и аммиака, рН, соленостью среды;

соблюдать нормы плотности посадки рыбы;

соблюдать правила хранения кормов и следить за сроками их хранения;

применять корма, сбалансированные по питательным веществам, и содержащие необходимые витаминные и минеральные добавки;

при кормлении строго придерживаться кормовых таблиц;

следить за возможностью возникновения стрессовых ситуаций (при ухудшении условий обитания и проведении рыбоводных операций);

перед проведением нерестовой кампании обрабатывать производителей препаратами против эктопаразитов и микозов;

при обнаружении заболевания проводить мероприятия, направленные на предотвращение его распространения;

быстро и точно устанавливать причину заболевания, устранять ее или приступать к лечению.

Профилактика и лечение заболеваний. Для профилактики и лечения заболеваний необходимо правильно выбирать и применять соответствующие препараты. При проведении любых профилактических и лечебных мероприятий необходимо помнить, что все лекарства и препараты в какой-то степени токсичны для рыб и вызывают у них стресс. Поэтому необходимо строго соблюдать существующие рекомендации относительно концентрации препаратов и времени их экспозиции. Следует пользоваться пластмассовыми ведрами (оцинкованную посуду применять не рекомендуется), точно знать расход воды и рабочий объем каждого бассейна. Рекомендуется проводить предварительную пробную обработку небольшой партии рыбы. В процессе обработки необходимо непрерывно наблюдать за рыбой, вовремя подавать свежую воду, осуществлять ее аэрацию и т. д.

При проведении профилактических и лечебных мероприятий наиболее целесообразно подавать препарат в бассейн вместе с водой (метод капельницы) или создавать определенную концентрацию раствора в бассейне путем прекращения подачи воды, а затем проводить аэрацию (метод ванн). Причем лучше провести несколько коротких обработок (с интервалом в один день), чем одну продолжительную обработку.

Основные препараты, используемые в форелеводстве. Иодоформные препараты (моюще-дезинфицирующие средства с широким диапазоном действия) рекомендуется использовать в основном для дезинфекции. Эти препараты отличаются сильным бактерицидным противовирусным и противогрибковым действием, незначительной токсичностью, они не оказывают раздражающего воздействия на кожу и слизистые оболочки, разрушающего воздействия на металл, резину и синтетические материалы и могут применяться при низкой температуре (даже при 0°C), контролировать их дезинфекционную активность можно по окраске раствора.

Формалин — наиболее распространенный терапевтический агент, применяемый для борьбы с различными наружными паразитами форели. Ни ржавчина, ни стабилизирующие химикалии, добавляемые к формалину, не влияют на его лечебные свойства. Форель чувствительна к высокому уровню содержания формалина при температуре выше $7-10^{\circ}\text{C}$. Как правило, он используется в концентрации 170 мг/л в течение часа, если температура выше 10°C . Обработку проводят два-три раза, ее продолжительность не должна превышать 1 ч. В концентрации 1700–2000 мг/л формалин используется для борьбы с грибками, поражающими икру. Обработка должна продолжаться 15 мин и повторяться настолько часто, насколько это необходимо.

Гибель форели от обработки формалином может произойти спус-

тя 5—6 ч после ее проведения. Годовики радужной форели часто чувствительны к формалину, поэтому подвергать их подобной обработке нельзя.

Малахитовый зеленый успешно применяется для борьбы с сапролегнией, развивающейся на икре, и для предупреждения грибковых и протозойных заболеваний среди производителей и рыб другого возраста. Однако малахитовый зеленый не следует применять для обработки свободных эмбрионов и личинок, для которых он токсичен. Для предупреждения развития сапролегнии икру перед закладкой в инкубационные аппараты обрабатывают в растворе малахитового зеленого при концентрации 1:150 000 в течение 10 мин. В дальнейшем для обработки икры можно применять малахитовый зеленый при концентрации 1:200 000—1:400 000, обработку проводят в течение часа 1 раз в неделю, используя метод капельницы. Малахитовый зеленый может быть нейтрализован с помощью сульфата натрия.

Перманганат калия — жесткий окисляющий агент, который используется для борьбы с наружными паразитами. Кроме того, обработка перманганатом калия при концентрации 1:10 000 в течение 5—10 мин часто дает хорошие результаты в случае появления у рыб жаберной пролиферации (разрастание клеток на месте повреждения ткани), связанной с плохим водообменом. Обработка продолжается в течение часа.

Морская вода сама по себе является профилактическим средством. Солевая обработка (с помощью 3 %-ного раствора хлорида натрия) — одно из средств, способствующих удалению слизи, что облегчает дальнейшую обработку химическими препаратами при борьбе с паразитами. В бассейне создают 3 %-ную концентрацию хлорида натрия. При появлении у рыбы первых признаков усталости раствор вымывают из бассейна.

Использование метода капельницы для постоянной обработки. Преимущество этого метода заключается в том, что раствор препарата, подаваемый на входе, равномерно распределяется по всему бассейну, подача воды не прекращается, ее уровень в бассейне сохраняется, рыбу не нужно пересаживать, а после завершения обработки препарат вымывается водой.

Метод капельницы применяют для профилактики сапролегниоза. Икру обрабатывают раствором формалина, имеющего концентрацию 1:2000, или хлорамина — при концентрации 1:30 000. Частота и длительность обработки зависят от конкретных условий хозяйства.

Строгое соблюдение санитарных требований и норм профилактической обработки является важнейшим условием успешной работы форелевого хозяйства индустриального типа.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Товарное рыбоводство в нашей стране характеризуется стабильным и прогрессирующим ростом. Ныне сложились 4 основные формы рыбоводства — прудовое, индустриально-тепловодное, озерное и прибрежно-морское. За счет этих направлений производство товарной рыбы приблизилось к 500 тыс. т и даже превысило вылов рыбы во всех естественных внутренних водоемах нашей страны.

Основным направлением товарного рыбоводства остается прудовое рыбоводство, как традиционное, наиболее рациональное и экономически эффективное рыбоводство. Средняя рыбопродуктивность прудов за последние 10 лет удвоилась и достигла 14 ц/га. Прудовое рыбоводство дает не менее 80% общего производства товарной рыбы.

Среди других упомянутых выше форм рыбоводства наиболее быстро развивается индустриально-тепловодное рыбоводство — разведение и выращивание рыбы в небольших рыбоводных емкостях — бассейнах, сетчатых садках, циркуляционных установках, водоемах-охладителях электростанций и других с применением не только пресной, но и морской воды. Эта форма рыбоводства отличается высокой интенсивностью производства.

В настоящее время индустриально-тепловодное рыбоводство дает 20—25 тыс. т рыбы, себестоимость которой пока сравнительно велика. Тем не менее это направление рыбоводства развивается опережающими темпами. Это объясняется технологичностью и возможностью контроля на всех этапах рыбоводного процесса. Однако рыбоводы испытывают серьезные затруднения из-за недостатка информации. Индустриально-тепловодное рыбоводство, история которого не превышает 15 лет, пока находит очень слабое отражение в литературе по рыбоводству.

Книга по биотехнике индустриального форелеводства весьма актуальна. Надеемся, что она станет настольной книгой рыбоводов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Алабастер Д., Ллойд Р. Критерий качества воды для пресноводных рыб. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 342 с.

Бабушкин Ю. П. Сперматогенез и половые циклы самцов радужной форели // Изв. ГосНИОРХ. – 1976. – Т. 117. – С. 51–63.

Бауер О. Н., Мирзоева Л. М. Инвазионные заболевания лососевых, их профилактика и терапия // Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ, сер. "Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов". – 1984. – Вып. 2. – С. 1–64.

Борисочкина Л. И. Современная технология приготовления белковых препаратов из рыбы и морепродуктов // Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ, сер. "Обработка рыбы и морепродуктов". – 1984. – Вып. 4. – 75 с.

Бретт. Биоэнергетика и рост рыб. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. – 406 с.

Ведемейер Г. А., Мейер Ф. П., Смит Л. Стресс и болезни рыб. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 127 с.

Владовская С. А. Использование искусственных кормов при выращивании морских рыб // Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ, сер. "Рыбохозяйственное использование ресурсов Мирового океана". – 1982. – Вып. 2. – 46 с.

Владовская С. А. Товарное выращивание лососевых в морской воде // Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ, сер. "Рыбохозяйственное использование ресурсов Мирового океана". – 1984. – Вып. 3. – 59 с.

Галасун П. Т. Форелевое хозяйство. – Киев: Урожай, 1975. – 127 с.

Гамаюн Е. П. Форелеводство ГДР // Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ, сер. "Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов". – 1985. – Вып. 1–71 с.

Гамыгин Е. А. Корма и кормление рыбы // Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ, сер. "Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов." – 1987. – Вып. 1. – 82 с.

Есавкин Ю. И. Стимуляция роста молоди радужной форели дополнительным искусственным освещением // Рыбное хозяйство. – 1979. – № 5. – С. 21–23.

Зенин А. А., Белоусова Н. В. Гидрохимический словарь. – Л.: Гидрометеониздат, 1988. – 240 с.

Инструкция по перевозке икры лососевых и сиговых рыб в контейнерах / ВНПО по рыбоводству. – 1981. – 26 с.

Казakov Р. В., Мельникова Е. Л. Влияние света на проходных лососевых рыб в природных и контролируемых условиях. Развитие личинок при различных световых воздействиях // Тр. ГосНИОРХ. – 1985. – Вып. 228. – С. 48–61.

Канидьев А. Н. Биологические основы искусственного разведения лососевых. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 214 с.

Канидьев А. Н. и др. Инструкция по разведению радужной форели / ВНИИПРХ. – 1985. – 59 с.

Канидьев А. Н., Шустин А. Г., Турецкий В. И. Инструкция по кормлению карпа и радужной форели плавающими комбикормами / ВНИИПРХ. – 1987. – 10 с.

Лавровский В. В. Пути интенсификации форелеводства. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 167 с.

Лямина Н. К. Проявление полового диморфизма по размерам тела у радужной форели // Тр. ГосНИОРХ. – 1981. – Т. 166 – С. 15–20.

Никандров В. Я. Взаимосвязь морфобиологических признаков у самцов радужной форели // Тр. ГосНИОРХ. – 1981. – Т. 166. – С. 20–23.

Никандров В. Я. Выбор и оценка элитных самцов радужной форели по качеству их потомства // Тр. ГосНИОРХ. – 1985. – Вып. 228. – С. 117–126.

Новоженин Н. П., Линник А. В. Технология формирования и эксплуатации маточного стада радужной форели в прудовых форелевых хозяйствах / ВНИИПРХ. – 1986. – 21 с.

Новоженин П. П., Сычев Г. А. Продуцирование спермы самцами радужной форели в условиях индустриального хозяйства на теплых водах ГРЭС // Тр. ВНИИПРХ. – Т. 30. – С. 107–118.

Новоженин Н. П., Сычев Г. А., Сергеева Л. С. Технология выращивания посадочного материала радужной форели с использованием теплых вод энергетических объектов / ВНИИПРХ. – 1986. – 58 с.

Образцов А. Н. Методы повышения эффективности рыбоводного использования самцов радужной форели. Сообщение 2. Динамика репродуктивных показателей и оценки репродуктивных возможностей самцов радужной форели // Тр. ГосНИОРХ. – Вып. 260. – С. 126–140.

Отраслевой стандарт. Охрана природы. Гидросфера. Вода для прудовых форелевых и карповых хозяйств. Общие требования. ОСТ 15. 282–83, 1983. / М. МРХ СССР ВНПО по рыбоводству ВНИИПРХ. – 13 с.

Савостьянова Г. Г., Дьякова Г. И., Степанова Г. А. Методические указания по сбору и инкубации икры радужной форели / ГосНИОРХ. – 1977. – 10 с.

Сборник нормативно-технологической документации по товарному рыбоводству. Т. 2. – М.: Агропромиздат, 1986. – 316 с.

Степанова Г. А. Показатели качества потомства, полученного от самок радужной форели с разным уровнем обмена веществ // Изв. ГосНИОРХ. – 1976. – Т. 113. – С. 16–22.

Стикни Р. Принципы тепловодной аквакультуры. – М.: Агропромиздат, 1986. – 285 с.

Титарев Е. Ф. Форелеводство. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 166 с.

Хон Н. С., Новоженин Н. П., Гамыгин Е. А. Влияние корма на рост и качество производителей радужной форели // Тр. ВНИИПРХ. – 1984. – Вып. 43. – С. 109–116.

Хрусталеv Е. Ш., Панасенко В. А. Биологические особенности формирования и содержания маточного стада радужной форели в условиях солоноватых вод // Тр. ВНИИПРХ. – 1984. – Вып. 43. – С. 117–122.

Цуладзе В. Л. Инструкция по технологии разведения радужной форели в береговых бассейновых установках с использованием морской, смешанной и пресной воды / ВНИРО. – 1986. – 61 с.

Цуладзе В. Л. Содержание ремонтно-маточного стада радужной форели и стальноголового лосося в бассейнах при использовании солоноватых вод // Тр. ВНИРО. – 1987. – С. 78–84.

Чаплыгин В. М., Рассказова И. Е. Рыбоводно-биологическая характеристика самцов радужной форели в условиях тепловодного хозяйства // Тр. ГосНИОРХ. – 1982. – Т. 187. – С. 189–208.

Шевцова Э. Е., Богданов Г. А. Новое в искусственном воспроизведении лососевых // Обзорная информация ЦНИИТЭИРХ, сер. "Рыбохозяйственное использование внутренних водоемов". – 1983. – Вып. 2. – 44 с.

Шиндавина Н. И. Рост эмбрионов и личинок радужной форели в связи с

индивидуальными особенностями самок // Тр. ГосНИОРХ. – 1985. – Вып. 229. – С. 23–34.

A c c e l e r a t e growth of Atlantic Salmon // *Aquaculture Magazine*. – 1983. – V. 9, N 6. – P. 5–9.

A l b r e c h t E. Sauerstoff in der Rorellenhaltung // *Fischer und Teichwirt*. – 1980. – V. 31, N 9. – S. 270–273.

A s g a r d T., **A u s t r e n g** E. Fish silage for salmonids: a cheap way of utilising waste as feed // *Feedstuffs*. – 1981. – V. 53, N 27. – P. 22–29.

B a r u c h e l l i C. Una buona troficoltura dipende dalla qualita dell'acqua // *L'informatore agrario*. – 1984. – P. 43–46.

B a t h R. N., **E d d y** R. B. Ionic regulation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) adapted to fresh water and dilute sea water // *J. Exp. Biol.* – 1979. V. 83. – P. 181–192.

B i l l a r d R. Influence de sediments argileux incorpores au milieu d'insemination sur le surces de la fecondation chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*) // *Water Res.* – 1982. – V. 16, N 5. – P. 725–728.

B o n c k G. R. Etiology of gas baffle disease // *Transactions of the American Fisheries Society*. – 1980. – V. 109, N 6. – P. 703–707.

B r a u m E. Ecological aspects of the survival of Fish eggs embryos and larvae // *Ecology of Freshwater Fish, Prod. Oxford*. – 1978, N 80–54. – P. 102–131.

B r u t o n M. N. The effects of suspensoid on fish // *Hydrobiologia*. – 1985. – V. 125. – P. 221–241.

B u l l o c k A. M., **R o b e r t s** R. J. Sunburn lesions in salmonid fry a chemical and histological report // *Journal of Fish Diseases*. – 1981. – V. 4, N 3. – P. 271–275.

B u l l a r d R., **D e F l e m o n t** M. Taux d'alimentation pendant la gametogenese et performance de reproduction chez truite fario // *Bull. France Piscicult.* – 1980. – N 279. – P. 49–56.

F o l m a r I. C., **D i c k h o f f** W. W. The parr-smolt transformation (Smoltification) and seawater adaptation in salmonids // *Aquaculture*. – 1980. – V. 21. – P. 1–37.

F o s k e t t J. K., **L o g s d o r n** C. D., **T e r n e r** T., **M a c h e n** T. E., **B e r n** M. A. Differentiation of the chloride extrusion mechanism during sea water adaptation of teleost fish the cichlid *Saratherodon mossambicus* // *J. exp. Biol.* – 1981. – V. 23. – P. 209–224.

F o s k e t t J. K., **S c h e f f y** C. The chloride cell: definitive identification as the salt-secretory cell in teleosts // *Science*. – 1982. – V. 15. – P. 164–166.

G e h i t t i n o P. Formulazione e tecnologia dei mangimi unidi // *Revista italiana di Piscicoltura e Ittiopatologia*. – 1978. – V. 13, N 14. – P. 111–112.

H e r i n g G., **J e n n e r i c h** S. Chronobiologische aspects in der Fischproduktion // *Abh. Akad. Wiss. DDR. Abt. Math., Naturwiss. Techn.* – 1981. – N 1. – S. 325–328.

H i l d i n g s t a m J. Warum steigt der Fettgehalt in Forellenfutter // *Allgemeine Fischwirtschaftszeitung*. – 1983. – P. 46–48.

J o h n s o n U. Composition and production of diets for farmed fish // *Ewos AB, Södertälse, Sweden*. – 1985. – P. 18.

J ü r s s K., **B i t t o r f** T., **V ö k l e r** T. Biochemical Investigations on Salinity and temperature acclimation of the Rainbow Trout, *Salmo gairdneri* (Richardson) // *Zoologische Jahrbücher*. – 1984. – V. 88, N 1. – P. 67–81.

L a r s s o n B. Riktlinjer for en optimal refoodring av regnbagslax med torrfoder // *Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet*. – 1982. – P. 10.

L e m m K. A. Growth and survival of atlantic salmon fed semimoist or dry satrted diets // *Progressive Fish-Culturist*. – 1983. – V. 45. – P. 72–75.

L e r a y C., **C o l i n** D. Z., **F l o r e n i l** A. Time course of osmotic adaptation and gile energetics of rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.) following abrupt changes in external salinity // *J. Comp. Physiol.* – 1981. – V. 144. – P. 175–181.

L u k o w i c z M. Anforderungen der Fische an ihre Umwelt und Nahrung // Landtechnik. – 1984. – P. 487–491.

M e n z e l H. U. Industriemässige Fischproduktion // Berlin: VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, 1979, 376 s.

M i l l i k i n M. R. Qualitative and quantitative nutrient requirements of fishes: A review // Fish. Bull. – 1982. – V. 80, N 80. – P. 655–686.

N e l s o n T. A. Physiological observations on developing rainbow trout, *Salmo gairdneri* (Richardson), exposed to low pH and varied calcium ion concentrations // J. Fish Biol. – 1982. – V. 20. – P. 359–372.

P i c k e r i n g A. D. A Comparison of the Effects of Overhead Cover on the Growth, Survival and Hématology of Juvenile Atlantic Salmon, *Salmo Salar* L. Brown Trout, *Salmo Trutta* L. and Rainbow Trout, *Salmo gairdnerii* Richardson // Aquaculture. – 1987. – V. 66, N 2. – P. 109–124.

P i t m a n R. W. Effects of female age and egg size on growth and mortality in rainbow trout // Culturist. – 1979. – V. 41, N 4. – P. 202–204.

R i d e l m a n J. M., H a r d y R. W., B r a n k o n E. L. The effect of short-term starvation on ovarian development and egg viability in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // Aquaculture. – 1984. – V. 37, N 2. – P. 133–140.

S k o t t A. P., B a y n e s S. M. A review of the biology, handling and storage of salmonid spermatozoa // J. Fish Biology. – 1980. – V. 17, N 6. – P. 707–739.

S k r e t t i n g T. Salmonid culture in Scandinavia // World Conf. Aquac. Venezia. – 1981. – Panel III. – P. 24–26.

S m a r t G. Water quality and fish performance // Fish Farming International. – 1980. – V. 7, N 4.

S m a r t G. R. Aspects of water quality producing stress in intensive fish culture // Stress and fish. – 1981. – P. 277–293.

S t e i n H., B a y r l e U. Gameten und Embryonenfeonsevierung bei Salmoniden // Bayer. landwirt. Jahrb. – 1985. – V. 62. – N 2. – P. 236–245.

S t u d n i c k a M., S i w i c k i A., S k r z y p c z a k T., K l o c z e w s k a M. Zastosowanie srodka antystresowego w transporcie pstraga // Gosp. ryb. – 1982. – V. 34, N 3. – P. 10–11.

W a l k e r M. G., E m e r s o n L. Sustained swimming speeds and myotomal muscle function in the trout, *Salmo gairdneri* // Journal Fish Biology. – 1978. – V. 13, N 4. – P. 475–488.

W a r r e n J. W. Diseases of hatchery fish. A Fish Disease Manual United States Fish and Wildlife Service, Region 2. – 1980. – P. 91.

W h i t e h e a d C., B r o m a g e N. R., F o r s t e r J. R., M a t t y A. J. The effects of alterations in photoperiod on ovarian development and spawning time in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*) // Annales de biologie animale biochimie Biophysique. – 1978. – V. 18, N 4. – P. 1035–1043.

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	3
Радужная форель как объект рыбоводства	5
Водообмен и плотность посадки форели при бассейновом методе выращивания	23
Источники и качество воды для форелеводства	36
Оборудование для выращивания форели	46
Племенное дело в форелеводстве	76
Структура форелевого хозяйства	97
Инкубация икры, выдерживание свободных эмбрионов, выращивание личинок и мальков	102
Выращивание радужной форели с использованием морской, пресной и смешанной воды	112
Корма и кормление форели	121
Экономические аспекты бассейнового метода выращивания форели	136
Транспортирование спермы, икры и молоди форели	142
Профилактика заболеваний радужной форели	145
Заключение	151
Список использованной литературы	152

ЦУЛАДЗЕ ВЛАДИМИР ЛЕОНИДОВИЧ

**БАССЕЙНОВЫЙ МЕТОД ВЫРАЩИВАНИЯ ЛОСОСЕВЫХ РЫБ
НА ПРИМЕРЕ РАДУЖНОЙ ФОРЕЛИ**

Зав. редакцией Л. В. Корбут

Художественный редактор В. А. Чуракова

Технические редакторы Н. А. Зубкова, Н. С. Шуршалова

Корректор М. А. Шегал

ИБ № 6135

Сдано в набор 08.01.90. Подписано в печать 23.05.90. Т-09429. Формат 60 x 88³/₁₆.
Бумага кн.-журн. Гарнитура Пресс-Роман. Печать офсетная. Усл. печ. л. 9,80.
Усл. кр.-отт. 10,28. Уч.-изд. л. 11,32. Изд. № 335. Тираж 2830 экз. Заказ № 2092
Цена 60 коп.

Ордена Трудового Красного Знамени ВО "Агропромиздат", 107807, ГСП-6,
Москва, Б-78, ул. Садовая-Спасская, 18.

Московская типография № 9 НПО "Всесоюзная книжная палата" Государственного
комитета СССР по печати. 109033, Москва, Волочаевская, 40.