

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Е.А. Интересова

ПРЕСНОВОДНАЯ АКВАКУЛЬТУРА

Учебное пособие

Томск
Издательство Томского государственного университета
2021

УДК 639.3 (075.8)
ББК 47.2(я73)
И732

Интересова Е.А.

И732 Пресноводная аквакультура : учеб. пособие. – Томск :
Издательство Томского государственного университета,
2021. – 128 с.

ISBN 978-5-94621-987-7

В пособии изложены основы технологий разведения и выращивания пресноводных видов рыб в условиях хозяйств разного типа (пастбищных, прудовых, индустриальных). Описаны методы повышения продуктивности водоемов.

Для студентов и магистрантов вузов.

УДК 639.3 (075.8)
ББК 47.2(я73)

Рецензенты:

В.И. Романов, доктор биологических наук, профессор;

А.А. Ростовцев, доктор сельскохозяйственных наук, профессор

ISBN 978-5-94621-987-7

© Е.А. Интересова, 2021

© Томский государственный университет, 2021

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	5
Глава 1. Аквакультура как отрасль хозяйства	6
1.1. Пищевая ценность рыбы	6
1.2. История развития рыбоводства	7
1.3. Современное состояние аквакультуры	12
Глава 2. Пастбищная аквакультура	15
2.1. Понятие пастбищной аквакультуры	15
2.2. Зоны пастбищного рыбоводства	16
2.3. Принципы организации рыбоводного хозяйства пастбищного типа и используемые технологии	18
2.4. Методы интенсификации в рыбоводном хозяйстве пастбищного типа	28
Глава 3. Прудовая аквакультура	31
3.1. Понятие прудовой аквакультуры	31
3.2. Зоны прудового рыбоводства	33
3.3. Типы, системы, обороты и формы прудовых хозяйств	33
3.4. Принципы организации и устройство прудового рыбоводного хозяйства	35
3.5. Производственные процессы в прудовом рыбоводном хозяйстве	45
3.6. Методы интенсификации производства в прудовом рыбоводном хозяйстве	50
Глава 4. Индустриальная аквакультура	52
4.1. Понятие индустриальной аквакультуры	52
4.2. Садковые хозяйства	53
4.3. Бассейновые хозяйства	57
4.4. Рыбоводные хозяйства с замкнутой системой водоснабжения	60
Глава 5. Кормление рыб	66
5.1. Пищевая ценность кормов	66

5.2. Типы кормов	72
5.3. Компоненты для производства комбикормов	74
5.4. Живые корма	79
5.5. Требования к качеству кормов	81
Глава 6. Рыбохозяйственная мелиорация	83
6.1. Понятие рыбохозяйственной мелиорации	83
6.2. Типы рыбохозяйственной мелиорации	83
6.3. Некоторые виды рыбохозяйственной мелиорации	86
6.4. Удобрение водоемов	90
Глава 7. Разведение рыб	96
7.1. Производители	97
7.2. Получение рыбопосадочного материала путем естественного нереста	99
7.3. Получение рыбопосадочного материала заводским способом	100
Глава 8. Особенности выращивания и разведения некоторых видов рыб	111
8.1. Карп (сазан)	111
8.2. Белый амур	112
8.3. Белый и пестрый толстолобик	113
8.4. Большеротый буффало	114
8.5. Пелядь	115
8.6. Радужная форель	116
8.7. Стерлядь	116
8.8. Сибирский осетр	117
8.9. Канальный сом	118
8.10. Клариевый сом	119
8.11. Угорь европейский (речной)	120
8.12. Тиляпия	121
8.13. Линь	121
8.14. Щука	122
8.15. Таймень	123
8.16. Хариус	123
Литература	124

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рыба и рыбопродукты отличаются высокой пищевой ценностью, поскольку являются богатым источником легкоусвояемого белка, полиненасыщенных жирных кислот, витаминов, макро- и микроэлементов, а потому играют важную роль в питании человека. По данным ФАО (*Food and Agriculture Organization* – Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН), на долю рыбы приходится около 17% используемого человечеством в пищу животного белка. Объемы потребления рыбы неуклонно растут во всем мире, вдвое опережая темп роста численности населения Земли.

К сожалению, рыбные запасы Мирового океана не безграничны. Поэтому с середины XX в. стремительно растет интерес к выращиванию в искусственных условиях рыбы и других водных организмов.

Аквакультура (лат. *aqua* – вода и *cultum* – культивируемый, культивирование) – разведение и выращивание водных организмов (рыб, беспозвоночных, водорослей) в естественных и искусственных условиях. При этом большая часть культивируемых объектов (особенно в России) – рыбы.

В современном мире аквакультура является высокотехнологичным сектором сельскохозяйственного производства с быстрым ростом объемов выпускаемой продукции, хорошо развитой теоретической базой и постоянным научным поиском новых технологических решений в целях обеспечения продовольствием населения нашей планеты.

Глава 1. АКВАКУЛЬТУРА КАК ОТРАСЛЬ ХОЗЯЙСТВА

1.1. Пищевая ценность рыбы

Рыба и рыбопродукты играют важную роль в питании человека. Мясо рыбы отличается высокой пищевой ценностью. Оно содержит значительно меньше соединительных тканей, хорошо усваивается организмом.

Белки рыбы являются полноценными, содержащими все незаменимые аминокислоты. Количество белков в мясе рыбы, в зависимости от её вида и сорта, колеблется от 10 до 22% (Диетология, 2008), то есть такое же, как и в мясе теплокровных животных. При этом белки рыбы усваиваются на 93–98%, тогда как белки мяса – на 87–89%. Порция рыбы весом 200 г может обеспечить около 60% дневной потребности взрослого человека в белках.

Жир рыбы богат важными для организма человека полиненасыщенными жирными кислотами. У большинства промысловых рыб общее количество полиненасыщенных жирных кислот колеблется от 1 до 5%, тогда как в говядине и баранине оно составляет всего 0,2–0,5%.

Рыба содержит необходимые для нормального обмена веществ человека макро- и микроэлементы: соединения фосфора, кальция, магния, железа, калия, натрия, хлора, серы, а также йод, медь, кобальт, марганец, цинк, фтор и др.

В рыбных продуктах содержатся витамины, в основном жирорастворимые и витамины группы В. Наибольшее количество жирорастворимых витаминов сосредоточено в жире печени. Значительное количество витамина А содержится в мышечном жире угря, палтуса, сельди. Больше всего витамина Д в мышечном жире

угря, миноги, лососей, скумбрии, тунца. Витамина С в мясе рыб мало – 1–5 мг%, но в мясе свежих лососей – до 30–40 мг%.

1.2. История развития рыбоводства

Рыбоводство в древности

Рыбоводство как вид человеческой деятельности, отрасль хозяйства, сопутствовало всем великим цивилизациям, развивавшимся в долинах рек. Первые свидетельства о разведении человеком рыбы датируются 6,5 тыс. лет до н.э. и найдены на территории современной Мексики. Много известно о рыбоводстве в Древнем Китае. Уже 4 тыс. лет до н.э. китайцы строили пруды, выращивали рыбу для декоративных и пищевых целей, торговали взрослой рыбой и рыбопосадочным материалом. Китайские рыбоводы разработали способ переноса икры культивируемого вида из водоема в водоем. Во время нереста в нерестовый пруд вносились еловые ветки; выметанная на них икра в дальнейшем могла транспортироваться по желанию рыбовода.

В Римской империи, по свидетельству античных писателей, рыбоводство возникло после победы Рима над Карфагеном и достигло наибольшего развития в период расцвета. Богатые патриции устраивали не только садки для сохранения рыб, но и большие бассейны – piscины (от *pisces* – рыба) с морской водой для выращивания рыб. Писцины представляли собой бассейны, разделённые перегородками, чтобы содержать отдельно рыб разных видов и возрастов. Известно, что Лукулл (118–56 гг. до н.э.) показывал своим гостям такие бассейны с палтусами, камбалами, муренами. Рыбоводство в таких писцинах не ограничивалось пересадкой рыб из естественных водоемов и заботой об их содержании и кормлении.

Римляне делали попытки разводить морских рыб в писцинах, перенося в них оплодотворенную икру из естественных водоемов. В то время было установлено, что большинство рыб, особенно

морских, не размножается в искусственных водоёмах. Рыбоводство не было просто забавой богатых людей. В Древнем мире было широко распространено прудовое рыбоводство – в небольших запрудах подращивали местную рыбу: линей, шук и другие виды, которые хорошо размножались в искусственных условиях.

Искусство выращивать рыб в садках позднее перешло от римлян к другим народам. Закрепилось и название *piscicultura* – рыбоводство, под которым понимали искусственное размножение и выращивание рыб. В XVIII и особенно в XIX вв. это название получило широкое распространение в Западной Европе.

Средние века

В Средние века в ряде европейских государств рыбоводство получило широкое развитие. Рост городов поддерживал большой спрос на продукты питания, и рыбоводство приобретало всё большее значение, так как давало возможность прогнозируемо получать белковый продукт близко к месту потребления. В 812 г. появилась инструкция Карла Великого «О разведении карпа в королевских прудах». Очагами рыбоводства были монастыри: в Европе – христианские, а в Азии – буддистские. Начиная со второй половины XIV в. в ряде стран Западной Европы (особенно в германских государствах, Австрии, Чехии) вблизи городов стали устраивать спускные искусственные пруды и выпускать в них для естественного размножения местных рыб (линей, карасей и др.) и привозных карпов. Сохранились документы, свидетельствующие об успехах искусственного разведения рыб во Франции. Так, в 1420 г., в манускрипте Реомского монастыря аббат Пеншон описал способ искусственного разведения форели. Он устраивал длинные узкие ящики, открытые сверху, с боковыми стенками из ивовых прутьев или тростника. Дно ящиков покрывал слоем крупного песка и помещал в углубления из песка предварительно оплодотворённую икру. Ящик с икрой ставил в проточную воду источни-

ка. Вылупившиеся предличинки задерживались в ящике, так как не могли пройти через щели. Это охраняло их от многочисленных врагов. В 1771 г. гамбургский предприниматель Стефан Якоби разработал технологию искусственного оплодотворения икры форели и атлантического лосося, чем практически заложил основу для создания рыбозаводов.

Рыбоводство в России

В России рыбоводство имеет давнюю традицию. При археологических раскопках в Новгородской области были найдены остатки прудовых сооружений. Византийский летописец Косьма Каппадийский писал, что русы строили пруды лучше, чем греки, – «крепче и весьма хорошо для рыбы». В период правления князя Владимира (конец X – начало XI в.) рыбоводство преимущественно развивалось при монастырях. В частности, широко известно рыбоводное хозяйство Соловецкого монастыря, в котором использовались как имеющиеся на острове озера, так и специально устроенные пруды. Монахи выращивали до 13 видов рыб, в том числе ряпушку, стерлядь, ручьевую форель, золотого и серебряного карасей. В годы царствования Ивана III (вторая половина XV в.) в России существовала школа рыбоводов, где учились даже иностранцы. Испанский «Путеводитель по земле» того времени рассказывает о прудах на Руси, которые хотя и не так богаты, как византийские, но удобны и полны рыбы.

В период царствования Ивана Грозного (середина XVI в.) строили специальные пруды для разведения рыбы, существовали придворные рыбоводы, разрабатывались методы лечения рыб, определения качества воды, нормы посадки рыбы, известны первые попытки селекции рыб. В эти времена пруды стали средством награждения приближенных за особые заслуги.

В годы правления Бориса Годунова (1598–1605) было построено много специальных рыбоводных прудов. Некоторые из них су-

ществуют до сих пор (например, Борисовские пруды в Москве). В это время составляются первые переписи прудов, включающие их схемы и размеры, делаются попытки повышения их рыбопродуктивности.

Проявлял большой интерес к рыбоводству и Пётр I. Так, известно, что государь сам привез из Европы ранее неизвестную в России породу карпов, которых потом выращивали в водоемах Петергофа. Широко известны законы Петра, призванные обеспечить сохранность рыбных богатств в водоемах России. Пётр I пытался провести перепись всех прудов в стране, с определением численности обитавших в них рыб, а также повелел составить исторический свод по рыбоводству в России. Работы эти, к сожалению, не были закончены, но удалось установить, что на Руси к тому времени разводили не менее 49 видов рыб.

Наиболее часто выращивали форель и карпа. В целом XVIII в. был ознаменован началом научного подхода к рыбоводству. В это время активно занимались повышением рыбопродуктивности водоемов, умели аэрировать воду, боролись с излишней зарастаемостью водоемов. И.И. Лепёхин занимался вопросами профилактики болезней прудовых рыб, проводил эксперименты с освещением, аэрацией, а также по выращиванию рыбы в поликультуре.

Один из выдающихся естествоиспытателей XVIII в., Петр Симон Паллас, осуществивший фактически первое комплексное изучение природы России, много внимания отдавал изучению рыб, в том числе занимался опытами по инкубации икры рыб.

Основоположником прудового рыбоводства принято считать Андрея Тимофеевича Болотова (1738–1833) – выдающегося русского писателя, естествоиспытателя и агронома. Он первым выявил влияние качества воды и грунта на рыбопродуктивность водоемов и разработал систему ее повышения с применением рыбосевооборота. Он предложил идею кормления рыб искусственными кормами. Всего его перу принадлежит более 70 статей и заметок по разведению рыб.

В XIX в. интерес к разведению рыбы в России среди владельцев земель снизился, однако именно в это время Владимир Павлович Врасский (1829–1862) разработал технологию искусственного разведения рыб, основанную на методе сухого оплодотворения икры. Этот метод до сих пор называется русским способом и широко используется в современном рыбоводстве. Ученый разработал способ длительного хранения икры и молок рыб, технологию кормления молоди, методы влияния на продолжительность инкубации икры, проводил межвидовые скрещивания рыб.

В.П. Врасский в своем имении организовал лучший в Европе в то время Никольский рыбоводный завод, который в 1865 г. перешел в ведение казны и долгие годы оставался главным центром исследовательских работ по рыбоводству в России.

Ко времени начала Первой мировой войны площадь рыбоводных прудов в Центральной России оценивалась в 26 тыс. га, на них выращивали около 4 тыс. т рыбы. После революции 1917 г. рыбоводство в России пережило тяжелые времена, однако очень быстро государство взяло его под контроль, и из хобби увлеченных людей разведение рыбы стало отраслью народного хозяйства.

В 1923 г. рыбоводство было передано под контроль комиссариата земледелия, после чего, по сути, стало рассматриваться как сельскохозяйственное производство. В 1930-х гг. началось возрождение рыбоводства.

В 1932 г. был создан Всероссийский научно-исследовательский институт прудового рыбного хозяйства (ВНИИПРХ), стали активно развиваться научные основы рыбного хозяйства. Рыбоводство было поставлено на основу.

Выдающиеся советские ученые Л.С. Берг, В.В. Васнецов, А.Н. Державин, Е.А. Елеонский, Б.И. Черфас, Н.И. Кожин, Г.В. Никольский и другие заложили основы современных представлений о технологии разведения рыб. Начато строительство государственных прудовых хозяйств под Ленинградом и Москвой, широко практиковалось разведение рыбы в прудах колхозов и совхозов.

Перед началом Великой Отечественной войны площадь рыбноводных прудов достигала 99,5 тыс. га, а выход рыбы составлял 20,8 тыс. т.

После Великой Отечественной войны рыбноводство развивалось еще более интенсивно, став полноправной отраслью народного хозяйства. И в 1987 г. в стране насчитывалось около 9 тыс. сельских рыбных прудовых и 230 специализированных государственных хозяйств, которые занимали 124 000 га водоёмов. Урожай рыбы составил 350 тыс. т.

1.3. Современное состояние аквакультуры

Рост населения Земли в сочетании с совершенствованием методов лова и ростом потребления рыбных продуктов привел к стремительному увеличению уловов гидробионтов в естественных водоемах. За XX в. вылов рыбы и других водных животных вырос в 27 раз – с 3 до 82 млн т в год, и продолжает неуклонно расти в XXI в., в 2016 г. достигнув рекордного объема – 171 млн т (без учета объема добычи и выращивания морских млекопитающих и водных растений). Общая рыночная стоимость продукции рыболовства и аквакультуры составила в 2016 г. 362 млрд долл. США. Начиная с 1961 г. темпы роста потребления рыбы в мире вдвое превышают темпы прироста населения планеты. Если в 1960-х гг. в среднем на душу населения Земли приходилось потребление 10 кг рыбы в год, то в 2016 г. оно составило уже 20,3 кг (ФАО, 2018).

Чрезмерный рост уловов ставит под угрозу устойчивое воспроизводство мировых запасов рыбы. По данным ФАО (2016), уже сейчас 11 из 15 главных промысловых регионов Мирового океана серьезно истощены, а вылов 70% важнейших видов рыбы близок к биологическому пределу. Ежегодный прирост мирового улова в ближайшее время может прекратиться. С учетом роста населения это означает, что к 2050 г. улов океанической

рыбы на душу населения упадет примерно до 11 кг. При этом в улове будет продолжать расти доля низкосортных видов, прежде даже не считавшихся съедобными. В ближайшие 50 лет вероятно полное исчезновение с рынка некоторых видов рыб, как и снижение качества получаемых из моря продуктов питания и рост цен (ФАО, 2018).

Так как возможности океанов приближаются к исчерпанию, увеличивающийся спрос на рыбную продукцию может быть удовлетворен только за счет разведения рыбы, которое и превратилось в одну из наиболее быстро растущих отраслей производства продовольствия. Объемы выращивания водных животных выросли с 1,6 млн т в 1960 до 80,0 млн т в 2016 г. (без учета объема выращивания морских млекопитающих, рептилий и водорослей), то есть 47% от всего мирового производства рыбных продуктов (ФАО, 2018). Общая продукция аквакультуры, включая водные растения, достигла в 2016 г. 110,2 млн т, что в ценах первоначальной продажи составило 243,5 млрд долл. США.

Рост объемов разведения рыбы в значительной степени определяется развитием аквакультуры во внутренних пресноводных водоемах (рис. 1).

Больше всего в мире развито прудовое рыбоводство. Распространено также выращивание рыбы в специальных емкостях и садках, установленных в естественных водоемах. В 2016 г. во внутренних водоемах было выращено 51,4 млн т пищевой рыбы, что составило 64,2% от общего объема произведенной в мире пищевой рыбы. Рыба является основным объектом пресноводной аквакультуры, на нее приходится 93% общего объема производства субсектора (ФАО, 2018).

Количество человек, занятых в мировой аквакультуре, с 1995 по 2016 г. увеличилось более чем в 2 раза – с 8 до 19 млн (ФАО, 2018).

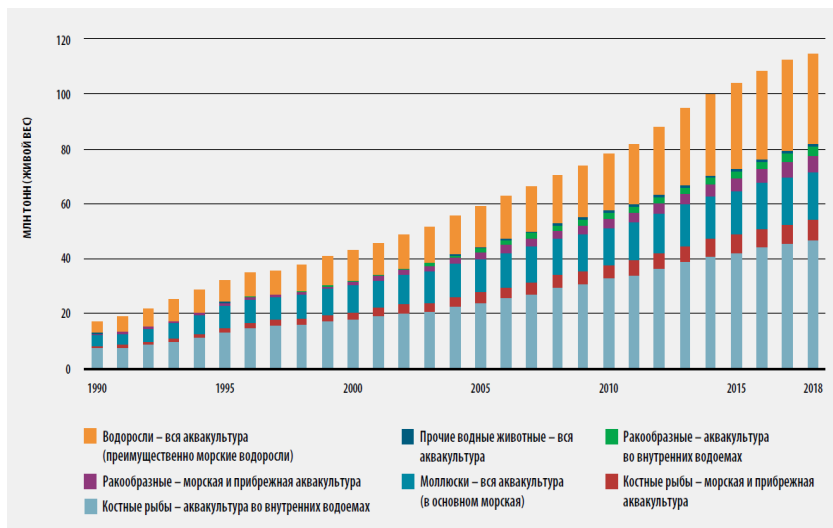


Рис. 1. Производство продукции мировой аквакультуры – пищевая рыба и водные растения, 1990–2018 гг. (ФАО, 2020)

Быстрый рост рыбоводства связывают с очень высокой кормовой эффективностью получения животного белка: для производства 1 кг рыбы может быть израсходовано всего 1,2 кг корма, тогда как для производства 1 кг мяса птицы необходимо 1,7 кг корма (FAOSTAT).

Глава 2. ПАСТБИЩНАЯ АКВАКУЛЬТУРА

2.1. Понятие пастбищной аквакультуры

Пастбищная аквакультура основывается на выращивании гидробионтов в озерах и водохранилищах за счет использования имеющихся в водоеме кормовых ресурсов. В водоем выпускают молодь рыб и в конце рыбоводного цикла (возможен как однолетний, так и двухлетний цикл выращивания) вылавливают товарную рыбу. Все потребности рыб обеспечиваются естественными ресурсами водоемов.

В соответствии с Федеральным законом № 148 от 02.07.2013 г. «Об Аквакультуре» пастбищная аквакультура осуществляется на рыбоводных участках в отношении объектов аквакультуры, которые в ходе соответствующих работ выпускаются в водные объекты, где они обитают в состоянии естественной свободы.

Возможность ведения пастбищной аквакультуры обеспечена естественной биологической продуктивностью водоемов – способностью водных биоценозов поддерживать определенную скорость воспроизводства входящих в их состав живых организмов. Мерой биологической продуктивности служит величина продукции (биомассы) отдельных групп организмов в водоеме (фитопланктона, зоопланктона, зообентоса, высших водных растений, рыб), создаваемой на единице площади (или объема) за единицу времени (обычно подразумевается вегетационный период). Таким образом, естественная рыбопродуктивность – прирост массы рыбы, полученный в течение вегетационного периода с 1 га при питании только естественной пищей.

Возможные объемы выращивания рыбы пастбищным способом (возможности пастбищного рыбоводства) весьма велики. Так, например, в Новосибирской области более 4 тыс. озер общей площадью около 558 тыс. га. Возможная их естественная рыбопродуктивность составляет до 200 кг/га.

Таким образом, только в водоемах Новосибирской области возможно выращивать около 117 тыс. т рыбы. В Томской области 50 тыс. га пойменных и 164 тыс. га внепойменных озер. Кроме того, на малых реках региона в разные годы создано 404 искусственных водоема – прудов и водохранилищ, общая площадь которых составляет 2 456 га. Подсчитано, что на этих водоемах можно получать до 500 т пеляди и до 2 500 т сазана (Ростовцев и др., 2014).

Однако природные возможности используются в отдельных регионах по-разному. Так, в Новосибирской области выращивают около 550 т сиговых видов рыб в год, тогда как в Томской области, ввиду труднодоступности большинства пригодных водоемов, пастбищное рыбоводство пока не получило распространения, хотя его возможность практически доказана (Интересова и др., 2014).

2.2. Зоны пастбищного рыбоводства

Естественная биологическая продуктивность водоема обусловлена климатическими условиями территории, в пределах которой он расположен. В соответствии с особенностями климата в России выделено 4 зоны ведения пастбищного рыбоводства (Мухачев, 2006) (рис. 2).

Отдельные регионы Западной Сибири, ввиду ее большой протяженности с севера на юг, относятся к разным зонам: Новосибирская область и Алтайский край – к карпово-сиговой; Томская и Кемеровская области, юг Тюменской области и Красноярского края – к сигово-карповой; северная часть Тюменской области и Красноярского края – к сиговой зоне. Отношение той или иной территории к

какой-либо зоне пастбищного рыбоводства говорит о том, что климатические условия делают наиболее эффективным культивирование в водоемах данного района определенных видов рыб (табл. 1).



Рис. 2. Зоны пастбищного рыбоводства (Мухачев, 2006)

Таблица 1

Характеристики зон пастбищного рыбоводства (по: Мухачев, 2006)

Зона рыбоводства	Сумма эффективных температур	Кол-во дней с температурой выше 10°C	Объекты выращивания
Сиговая	900–1 500	70–90	Пелядь, чир, муксун, сиг, рипус, ряпушка, форель, нельма, лосось, щука
Сигово-карповая	1 500–1 900	95–120	Пелядь, ряпушка, муксун, омуль, нельма, карп, щука, судак, линь
Карпово-сиговая	1 900–2 350	125–145	Карп, пелядь, муксун, ряпушка, рипус, толстолобики, щука, белый амур, буффало, стерлядь, судак
Карповая	2 300–3 800	145–190	Карп, сазан, толстолобики, белый амур, буффало, судак, стерлядь

Однако это не исключает возможности выращивания иных видов при определенных условиях. Например, в Кемеровской обла-

сти, относящейся к сигово-карповой зоне рыбоводства, в водоемах-охладителях, представляющих собой небольшие водохранилища, в которых температура воды обычно существенно выше относительно вод природных водоемов, эффективно выращивание более теплолюбивых рыб, например белого и пестрого толстолобиков, белого амура, большеротого буффало.

2.3. Принципы организации рыбоводного хозяйства пастбищного типа и используемые технологии

При организации рыбоводного хозяйства пастбищного типа можно выделить два этапа работ – подготовительный и собственно работы на водоеме.

Подготовительный этап работ включает:

- 1) подбор водоема;
- 2) согласование организации рыбоводного хозяйства;
- 3) подготовку рыбоводно-биологического обоснования;
- 4) подготовку и согласование программы рыбохозяйственной мелиорации;
- 5) заявку на рыбопосадочный материал.

Работы на водоеме включают:

- ✓ рыбохозяйственную мелиорацию водоема;
- ✓ зарыбление;
- ✓ нагул;
- ✓ организацию зимовки рыбы (если предполагается двухлетний цикл выращивания);
- ✓ отлов товарной рыбы.

Подготовительный этап работ

Подбор водоема. При организации рыбоводного хозяйства пастбищного типа важнейшей задачей является подбор водоема. Необходимо обращать внимание на его площадь, глубины, про-

точность, характеристики воды, состав ихтиофауны, наличие зарослей макрофитов и возможных тоневых участков.

Площадь. Более рентабельны большие по площади озера, где можно вырастить больше рыбы, однако следует иметь ввиду, что рыбоводное хозяйство в небольшом озере является более управляемым.

Глубины. Необходимо учесть средние и максимальные глубины. В озерах со средней глубиной более 3 м и/или с ямами более 5 м вероятность заморозов меньше. В мелководных озерах хорошо выращивать карпа, а пелядь – рискованно, поскольку велика вероятность формирования высоких температур воды и низкого содержания в воде растворенного кислорода, что недопустимо для данного вида рыб.

Проточность. В проточных озерах меньше вероятность заморозов, но в них нужно предусматривать систему предотвращения ухода рыбы.

Характеристики воды. Необходимо учитывать минерализацию и рН воды водоема, подбирая предполагаемый к выращиванию вид рыбы в зависимости от этих характеристик. Кроме того, следует обращать внимание на прозрачность воды – часто прозрачная вода свидетельствует о низкой естественной продуктивности водоема.

Состав ихтиофауны. Это одна из важнейших характеристик водоема, поскольку от естественного состава ихтиофауны может зависеть рентабельность хозяйства. Например, наличие большого количества окуня сделает малоперспективным вселение личинок пеляди в водоем. Вместе с тем наличие окуня свидетельствует о незаморности водоема.

Макрофиты. Большие площади зарастания водоема макрофитами могут способствовать развитию заморных процессов. Таким образом, в сильно заросший водоем малоперспективно вселение пеляди, однако, очевидно, может быть успешным выращивание в нем белого амура.

Наличие тоневых участков. До начала проведения рыбоводных работ важно решить вопрос о способе изъятия рыбы из водоема в

конце рыбоводного цикла. Если предполагается неводный способ отлова, то наличие тоневых участков является обязательным.

Согласование организации рыбоводного хозяйства. В настоящее время административное согласование организации рыбоводного хозяйства заключается в оформлении договора на пользование рыбоводным участком, заключаемого между пользователем и соответствующим административным органом региона.

Рыбоводно-биологическое обоснование (РБО). После подбора водоема и оформления необходимых документов на его использование обычно разрабатывают рыбоводно-биологическое обоснование (РБО), включающее комплексные сведения о гидрологическом, гидрохимическом, гидробиологическом состоянии водоема, его иктиофауны, с определением потенциальной естественной биологической продуктивности. В процессе формирования РБО разрабатываются схемы возможной рыбохозяйственной эксплуатации водоема с расчетом оптимальной плотности посадки молоди рыб, с рекомендациями по мелиорации, биотехнике выращивания рыбы и определению путей обеспечения экологической безопасности.

Расчет плотности посадки рыбы в водоем производят по формуле

$$n = \frac{P_p \times 100 \%}{(M - m) \times p},$$

где n – плотность посадки, экз./га; P_p – естественная рыбопродуктивность, кг/га; M – планируемая масса 1 экз. выращиваемой рыбы, кг; m – масса 1 экз. посадочного материала, кг; p – выживаемость, %.

РБО – чрезвычайно важная часть подготовительного этапа работ при организации рыбоводного хозяйства, поскольку ошибки в оценке кормовой базы, расчетах и рекомендациях могут привести к существенному снижению рентабельности предприятия (рис. 3).

Таблица 2

**Нормативы для среднекормных озер Томской области
(Ростовцев и др., 2014)**

Вид рыб	Возраст посадочного материала	Средняя масса при посадке, г	Плотность посадки, экз./га	Выживаемость, %	Средняя масса в сентябре, г	Рыбопродуктивность, кг/га
Пелядь	Личинка	0,003	3000	10	80	54
Карп	Годовик	20	190	70	400	50
Толстолобик	Годовик	20	25	70	300	5
Белый амур	Годовик	20	25	70	300	5
Щука, форель	Малек	1	100	50	100	5
Большеротый буффало	Годовик	20	190	70	400	50

Естественные кормовые ресурсы водоема могут обеспечить пищевые потребности только определенного количества рыбы

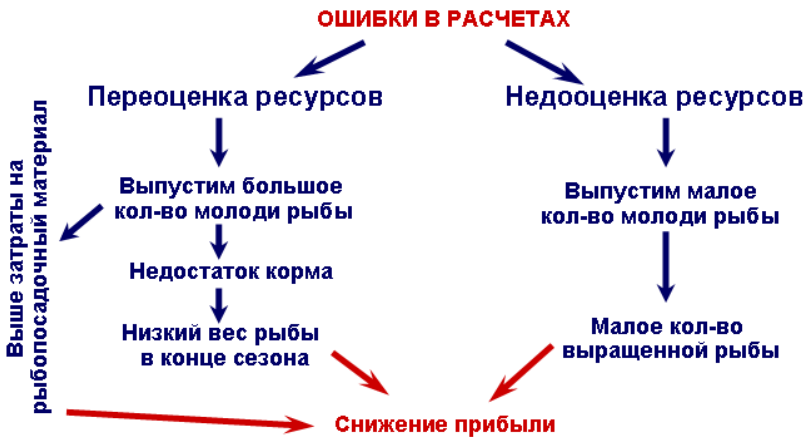


Рис. 3. Схема снижения рентабельности рыбоводного хозяйства при ошибках в РБО

Программа рыбохозяйственной мелиорации. По рекомендациям, сделанным в РБО, разрабатывается программа рыбохозяйственной мелиорации, в которой предусматриваются необходимые к проведению работы. Программа должна быть согласована с территориальными органами Росрыболовства.

Заявка на рыбопосадочный материал. На основании расчетов и рекомендаций, сделанных в РБО, определяется количество необходимого рыбопосадочного материала и делается заявка на поставку в рыбопитомник. Важно помнить, что рыбопосадочный материал часто оценивается в весовом выражении. Таким образом, при неизменной стоимости 1 кг стоимость 1 экз. рыбопосадочного материала может значительно колебаться в зависимости от его массы.

Работы на водоеме

Рыбохозяйственная мелиорация водоема. Соответствующие работы на водоеме проводятся в соответствии со сделанными в РБО рекомендациями и согласованной программой рыбохозяйственной мелиорации (подробнее о рыбохозяйственной мелиорации водоемов см. в гл. 6).

Зарыбление, или выпуск молоди рыбы в водоем, производят, как только позволяют погодные условия, обычно с распалением льда. В Западной Сибири эти работы проводятся обычно в конце апреля – первой половине мая.

Перевозку рыбопосадочного материала осуществляют в специальных живорыбных транспортных емкостях, молочных и других цистернах, металлических и брезентовых чанах, установленных на автотранспорте, или в больших полиэтиленовых пакетах. Все емкости (тара), предназначенные для перевозки рыбы, должны быть обязательно чистыми. Цистерны и бочки из-под нефтепродуктов, а также емкости из-под различных солений для этих целей непригодны. Для перевозки рыбы следует брать чистую

воду с удовлетворительными для объекта транспортировки гидрохимическими показателями. Во время перевозки необходимо следить, чтобы вода не перегревалась. Для ее охлаждения применяют лед из расчета не менее 5 кг на 100 л воды. В этих же целях рыбу обычно перевозят в холодное время суток, утром или вечером.

При продолжительности транспортировки 6–12 часов и температуре воды 10°C рекомендуемая плотность посадки годовиков карповых рыб (сазан, карп, белый амур) составляет 100 кг/м³, годовиков форели – 50 кг/м³. Транспортировка личинок пеляди и щуки осуществляется в специальных полиэтиленовых пакетах, куда наливают 20 л воды, добавляют лед, после чего пакет плотно закрывают и накачивают кислород. Плотность посадки личинок пеляди в 1 пакет – 50–100 тыс. экз., личинок щуки – 10–20 тыс. экз., в зависимости от предполагаемой продолжительности транспортировки и температуры воды: продолжительность транспортировки личинок в пакетах при температуре 8°C не должна превышать 16–20 часов. Рыбу для зарыбления водоемов допускается транспортировать только при наличии соответствующих разрешений санитарно-ветеринарной службы – ветеринарного свидетельства поставщика рыбопосадочного материала и ветеринарной справки о благополучии места вселения (инструкция ЦУРЭН Главрыбвода «О порядке учета рыбоводной продукции, выпускаемой организациями РФ в естественные водоемы и водохранилища», № 38 от 6.03.1995 г.). По условиям ветеринарного надзора, завоз рыбы в водоемы осуществляется только из хозяйств, благополучных по инфекционным и инвазионным болезням.

Рыбу, доставленную к месту зарыбления, необходимо как можно скорее выпустить в водоем, однако перед выпуском необходимо произвести выравнивание температуры в транспортировочной емкости до температуры воды в водоеме. Для этого либо постепенно разбавляют воду в транспортировочной емкости водой из водоема, либо (в случае использования для перевозки рыбопосадочного материала небольшой тары, например полиэтиленового пакета) по-

мещают транспортировочную емкость в водоем. В целях выявления отхода доставленную рыбу можно поместить во временные деляные садки площадью не менее 2×2 м, которые устанавливают в зарыбляемых водоемах. В такие садки помещают до 10 тыс. годовиков карпа и белого амура, до 1–2 тыс. годовиков форели. После 1–2 часов выдерживания в садках живую рыбу выпускают в водоем. Погибшую рыбу подсчитывают и утилизируют.

Нагул. Продолжительность нагула определяется возможной скоростью достижения рыбой определенного вида товарной массы. При пастбищном рыбоводстве практикуют однолетний или двухлетний рыбоводный цикл. Однолетний рыбоводный цикл предполагает нагул рыбы в течение одного вегетационного периода и получение товарной рыбопродукции уже в год зарыбления. Двухлетний рыбоводный цикл предполагает нагул рыбы в течение вегетационного периода, ее зимовку и нагул в течение еще одного вегетационного периода.

Во время нагула рыбы следует периодически проводить контрольный лов для оценки состояния выращиваемой рыбы, что позволит лучше спланировать ее отлов в конце рыбоводного цикла.

Организация зимовки рыбы. При возможности организации зимовки рыбы в условиях конкретного водоема можно получить более крупную товарную рыбопродукцию. В ходе зимовки необходимо контролировать содержание растворенного в воде кислорода, а в случае падения его уровня ниже оптимальных показателей для выращиваемого вида рыбы организовывать аэрацию воды. Идеальным способом зимовки является привлечение рыбы в небольшой (от 0,1 до 2 га) и глубокий (3–5 м) водоем-спутник, сооруженный рядом с нагульным водоемом и соединенный с ним каналами. Объем водоема для зимовки рыбы рассчитывают из соотношения рыбы и воды (1 : 30 для карпа и 1 : 40 для пеляди). Для привлечения рыбы в водоем-спутник в зимний период воду в водоеме-спутнике аэрируют.

Отлов товарной рыбы в конце рыбоводного цикла является завершающим мероприятием производственного процесса в хозяйстве пастбищного типа. В условиях юга Западной Сибири отлов карповых видов рыб проводят обычно в сентябре, а сиговых – в сентябре-октябре. При выращивании рыбы в естественных озерах невозможно ее полное изъятие, в отличие от прудов, оборудованных шлюзами, донными водоспусками и рыбоуловителями. При пастбищном рыбоводстве для отлова рыбы используют различные орудия.

Орудия лова. В практике пастбищного рыбоводства для отлова рыбы используют сетные орудия лова и различные ловушки.

Сетные орудия лова по механизму изъятия рыбы подразделяют на объецаивающие и отцеживающие, а по способу применения – на пассивные и активные. Принцип действия объецаивающих (жаберных) сетей основан на том, что сетное полотно выставляют вертикально на пути следования рыбы, которая, пытаясь пройти сквозь сеть, запутывается в ячее – объецаивается. Важно помнить, что объецаивающие сети – селективное орудие лова, размер отловленной рыбы будет соответствовать размеру ячеей сети. В целом уловистость сети возрастает с уменьшением толщины нити сетного полотна, однако очень тонкие нити не удержат крупную рыбу.

Принцип действия отцеживающих сетных орудий лова основан на задерживании (обмётывании) рыбы на определённом участке акватории относительно мелкоячеистым сетным полотном и процеживании воды сквозь ячейу при выборке сети с уловом на берег или на борт рыболовного судна.

Длина невода должна быть не менее $1/3$ периметра водоема, а высота соответствовать его глубине. В рабочем положении невод должен перекрывать толщу воды от поверхности до дна. Более длинные невода обладают повышенной уловистостью и производительностью, однако работа с ними требует определенных навыков и зачастую механизации.

Ловушки для лова рыбы обладают большим разнообразием, в практике пастбищного рыбоводства наиболее часто используют ставные невода и вентери (фитили).

Принцип действия ловушек основан на том, что рыба во время движения натывается на сетное полотно, после чего движется вдоль него и через узкий проход попадает в ограниченное пространство, из которого уже не может найти выход. В ловушках рыба относительно длительное время остается живой, что, несомненно, является преимуществом такого орудия лова. Однако оно может быть использовано только в период активных перемещений рыбы по водоему.

Выбор конкретного орудия лова зависит от многих факторов. Например, когда рыба активно перемещается, лов проводят пассивными ловушками – ставными неводами, сетями и вентерями с одним или двумя крыльями. В период малой активности рыб успешно используют активные орудия лова – тралы, закидные невода, мутники. В резко меняющихся климатических условиях юга Западной Сибири часто используют комбинированный лов пассивными и активными орудиями лова.

Методы лова. Различные орудия лова рыбы предполагают разные методы этого процесса. *Облов неводом* может быть тотальным или секторным. Тотальный облов, предполагающий охват всей акватории водоема, возможен на водоемах площадью до 100 га. Невод выметывается вдоль берега, после чего его последовательно тянут за оба конца к месту притонения. Секторный метод облова применяют, когда на озере имеются острова или другие помехи. Озеро разбивают на секторы, где одновременно работает несколько неводов, или ставят делявые перегородки и облавливают одним неводом поочередно все секторы. Каждый сектор облавливается 2–3 раза.

Лов рыбы с применением искусственно создаваемого течения. В основе метода лежит положительная реакция рыб на течение и насыщенную кислородом воду в зимний период. В водоеме находят место с повышенным содержанием кислорода (или создают такое),

напротив него устанавливают потокообразователь. Течение воды, создаваемое потокообразователем, направляют от берега в глубину, а в зоне течения устанавливают сети или ставные ловушки.

Лов рыбы сетями, вентерями и ставными неводами производят звеньями по 2–4 человека. В состав бригады закидного неводного лова входят от 4 до 20 рыбаков в зависимости от размеров водоема и орудия лова. На озерах площадью до 100 га обычно работают бригады по 4–6 человек, лов производят закидным неводом длиной от 250 до 400 м. На озерах площадью от 100 га до 200–300 га и более состав бригады увеличивается до 10 и более человек, при лове используется закидной невод длиной 600–800 м.

Особенности лова различных видов рыб. Лов сазана (карпа) по открытой воде проводят ставными сетями и закидным неводом. Оптимальный размер ячеи сетей подбирают исходя из размера рыб, заранее проводя контрольный лов. Желательный цвет капроновых сетей при ловле карпа – светло-коричневый или светло-зеленый. Ставные сети в теплый период выставляют в прибрежной части водоема от берега в глубину или вдоль водных растений, в холодный период – в более глубокой части водоема. В летний – раннеосенний период сазан (карп) не образует больших стай, поэтому при отлове неводом используют несколько тоневых участков, где рыбу заранее прикармливают. При этом надо учитывать, что сазан (карп) кормится на одном месте не более часа, после чего перемещается. Лов предпочтительно проводить в сумерки или ночью, поскольку сазан в летний период очень активен и днем легко покидает облавливаемый участок. В зимний период, при снижении концентрации кислорода в воде, сазан становится менее активным и образует плотные скопления на глубоких или песчаных участках водоема, где более благоприятный газовый режим. На этих участках проводят облов закидным неводом, повторяющийся через определенный промежуток времени.

Лов сиговых видов рыб по открытой воде проводят различными ставными орудиями лова – сетями, ставными неводами, вентерями

и др., поскольку в этот период сиговые совершают активные перемещения по всему водоему. Орудия лова размещают крылом от берега в глубину к котлам. В зимний предзаморный период сиговые становятся менее активными, скапливаются на глубоких или песчаных участках озера, где выше содержание растворенного кислорода. На этих участках проводят облов закидным неводом.

2.4. Методы интенсификации в рыбоводном хозяйстве пастбищного типа

Существует ряд технологических приемов, позволяющих значительно повысить эффективность производства в условиях рыбоводного хозяйства пастбищного типа. Выращивание рыбы в поликультуре, гидротехнические и мелиоративные работы, использование минеральных и органических удобрений, организация зимовки – эти технологические приемы позволяют повысить рыбопродуктивность до 200 кг/га. Однако важно помнить, что все эти мероприятия экономически оправданны только в том случае, когда себестоимость рыбы оказывается ниже ее рыночной стоимости.

Цикличность выращивания рыбы

Период от выпуска рыбопосадочного материала на нагул до отлова рыбы, достигшей товарной массы, образует рыбоводный цикл. В зависимости от продолжительности этого цикла различают хозяйство с однолетним и многолетним нагулами.

Большинство материковых озер и прудов Томской области отличаются небольшими размерами (средняя площадь прудов около 20–30 га, материковых озер – 40–50 га), небольшой глубиной (максимальная 2–3 м, средняя 1–1,5 м), достаточно сильным развитием высшей водной растительности и значительными отложениями ила. Даже соответствующие мелиоративные работы не всегда могут обеспечить благоприятные условия для зимовки рыбы или де-

лают ее слишком дорогостоящей. Эффективным вариантом ведения рыбного хозяйства в условиях таких водоемов является организация однолетнего нагула ценных видов рыб.

Однолетний нагул предполагает получение товарной рыбы в течение одного вегетационного периода. Следовательно, выбор объектов рыбоводства должен определяться их способностью достигать товарной массы за один сезон. Сазан (каarp) и растительноядные рыбы (белый амур, белый толстолобик) достигают товарной массы (400–500 г) в условиях наших водоемов в двухлетнем возрасте. Соответственно, зарыблять водоем весной этими видами следует годовиками массой 20–25 г.

Пелядь становится востребованной товарной продукцией даже при массе от 80 г. При этом уже в течение первого года жизни она при хороших условиях нагула достигает массы 100–150 г и более. Это позволяет использовать личинок пеляди в качестве рыбопосадочного материала для однолетнего нагула. Однако вселение личинок возможно только в водоемы, где отсутствует хищная ихтиофауна, в противном случае зарыбление следует проводить только крупным подрощенным рыбопосадочным материалом.

Многолетний нагул эффективен при возможности организации зимовки рыбы, поскольку позволяет получить более крупную товарную рыбопродукцию. При таком цикле необходимо особенно тщательно учитывать выловленную рыбу, чтобы правильно определить необходимое количество ежегодно вселяемого рыбопосадочного материала.

Поликультура

Поликультурой называют совместное выращивание нескольких видов рыб, отличающихся спектром питания. Это позволяет полнее использовать кормовые ресурсы водоема и увеличивает выход рыбной продукции с единицы площади. Важно помнить, что никакой вид рыбы не в состоянии полностью использовать естественную кормовую базу водоема.

Не существует полностью сходных по характеру питания видов рыб. В связи с этим возможно вместе выращивать даже близкие по спектру питания виды.

В нашем регионе в состав поликультуры традиционно входят сазан или карп в качестве бентофага и пелядь в качестве планктофага. Кроме того, хорошим дополнением к этим видам являются растительноядные рыбы: белый амур, использующий в пищу мягкие побеги высшей водной растительности, и белый толстолобик, питающийся фитопланктоном.

Таким образом, растительноядные рыбы не только дают дополнительную рыбопродукцию за счет естественной кормовой базы, но и выступают в качестве биологических мелиораторов, очищая водоем и улучшая условия нагула других видов. Кроме того, при наличии в водоеме значительного количества малоценных аборигенных видов рыб, целесообразно подсаживать в водоем молодь хищных видов рыб (щука, форель).

Рыбопродуктивность увеличивается не только за счет прироста хищной рыбы, но и за счет дополнительного прироста основных объектов выращивания (например, сазана или карпа), так как хищники уничтожают вредителей, переносчиков различных заболеваний и конкурентов в питании.

Перспективным объектом для поликультуры наших водоемов является большеротый буффало, питающийся, как и пелядь, зоопланктоном, однако более устойчивый к повышенной температуре воды, характерной для большинства наших озер в летний период.

В водоемах с особо напряженным кислородным режимом целесообразно выращивание гибрида карп – карась, обладающего широким спектром питания и достаточно высоким темпом роста.

Глава 3. ПРУДОВАЯ АКВАКУЛЬТУРА

3.1. Понятие прудовой аквакультуры

Прудовое рыбоводство основывается на выращивании гидробионтов в искусственных, управляемых водоемах, часто не только за счет использования имеющихся в водоеме кормовых ресурсов, но и с применением дополнительного кормления. Потребности рыбы обеспечиваются естественными ресурсами водоемов и человеком.

Согласно Федерального закона № 148 от 02.07.2013 г. «Об Аквакультуре», прудовая аквакультура предусматривает разведение и (или) содержание, выращивание объектов аквакультуры в прудах, обводненных карьерах, а также на водных объектах, используемых в процессе функционирования мелиоративных систем, включая ирригационные системы.

Прудовый способ выращивания рыбы – один из самых древних. Исторически сложилось, что наибольшее распространение такой способ выращивания получил в Европе и Китае. Много внимания уделялось прудовому рыбоводству в СССР.

Традиционно во всем мире в прудах выращивают преимущественно карпа. Однако не меньшего успеха можно достичь при выращивании растительноядных видов рыб.

В Западной Сибири прудовое рыбоводство хорошо развито в Алтайском крае, Новосибирской, Омской и Кемеровской областях. В Томской области этот вид рыбоводства в настоящее время развит крайне слабо, хотя природно-климатические условия южных

районов региона соответствуют требованиям для такого способа выращивания. Возможность однолетнего нагула карпа до товарных размеров была доказана здесь еще в 1932 г., когда годовики карпа (средняя масса 10 г), привезенные из Оренбургской области и выпущенные в два озера в черте г. Томска, достигли товарной массы на естественных кормах в период с 25 мая до конца сентября в среднем около 500 г, а наиболее крупные особи весили свыше 700 г. Рыбопродуктивность составила 106 кг/га (Гундризер и др., 1963).

В мае 1962 г. (то есть через 30 лет после первого эксперимента) в Аксеновский пруд (совхоз «Томский») было завезено из Чиногарского питомника Чувашской АССР 30 тыс. годовиков зеркального и чешуйчатого карпа средней массой 8 г. При очень плотной посадке (более 4 тыс. экз./га) к концу сентября средняя масса была уже 300 г, а масса отдельных особей – 700 г. Рыбопродуктивность составила 1 250 кг/га.

Инвентаризация прудового фонда Томской области, выполненная в начале 1950-х гг., выявила 45 прудов общей площадью около 500 га. К началу 1960-х гг. в области было построено еще более 50 прудов различной площади для бытовых целей и орошения. В настоящее время в Томской области 404 искусственных водоема, общая площадь которых составляет 2 456 га (Савичев, 2010). Следует отметить, что при их строительстве не учитывалась возможность организации культурного рыбоводства. Плотины прудов построены в виде глухих преград, без шлюзов и паводковых водопропускных сооружений, что привело к практически ежегодному их размыванию весенними водами и, как следствие, обмелению без того неглубоких (как правило, 1,5–2 м) прудов и их зарастанию жесткой растительностью. Сильная заиленность и высокая степень зарастаемости большинства этих неспускных прудов делает невозможным их неводной облов, что может привести к массовой гибели рыбы в зимний период.

3.2. Зоны прудового рыбоводства

Особенности рыбоводных процессов при прудовом рыбоводстве во многом определяет совокупность климатических факторов. В границах бывшего СССР (в соответствии с приказом Министерства рыбного хозяйства СССР № 241 от 24.04.1985 г.) выделяли семь зон прудового рыбоводства (табл. 3).

Т а б л и ц а 3

Зоны прудового рыбоводства

Зона	Кол-во дней с температурой воздуха выше 15°C	Некоторые регионы
1	60–75	Юг Красноярского края, Кемеровская, Новосибирская, Омская области, южные части Свердловской, Тюменской, Иркутской, Читинской областей, северная часть Московской области и др.
2	76–90	Хакасия, Алтайский край, Владимирская, Калужская, Курганская, Рязанская, Смоленская, Челябинская области, южная часть Московской области и др.
3	91–105	Брянская, Курская, Орловская, Тамбовская, Ульяновская области и др.
4	106–120	Воронежская, Оренбургская, Полтавская, Саратовская области и др.
5	121–135	Волгоградская, Ростовская области
6	136–150	Краснодарский и Ставропольский края, Дагестан, Калмыкия, Крым и др.
7	151–175	Азербайджан, Таджикистан, Туркмения, Казахстан

3.3. Типы, системы, обороты и формы прудовых хозяйств

По биологическим особенностям выращиваемых видов рыб прудовые хозяйства подразделяют на два типа: тепловодные (выращивают карпа, толстолобиков, амуров, линя, судака и др.) и холодноводные (выращивают форель, пелядь, ряпушку и др.).

По системе организации рыбоводного процесса различают полносистемные (где рыбу выращивают от икринки до товарной рыбы) и неполносистемные хозяйства (в части из них содержат маточное стадо и выращивают только рыбопосадочный материал. Такие хозяйства называются «рыбопитомники»).

Другие хозяйства закупают рыбопосадочный материал и занимаются только его выращиванием до товарной рыбопродукции. Такие хозяйства называют «нагульными».

Прудовые хозяйства подразделяют по продолжительности рыбоводного цикла, иначе говоря по «обороту». Оборот прудового хозяйства – период времени, необходимый для выращивания рыбы от рыбопосадочного материала до товарной продукции.

Различают одно-, двух- и трехлетний оборот. Тип оборота во многом определяется климатическими условиями региона и видами выращиваемых рыб, при этом диктует требования к рыбопосадочному материалу.

Так, в Европе в карповом хозяйстве принято зарыбление прудов в весенний период сеголетками, выращивание рыбы в течение 28–29 месяцев (три вегетационных сезона и две зимовки), а в итоге здесь получают товарную рыбу массой около 2 кг (трехлетний оборот). В центральной части России проводят зарыбление сеголетками, выращивают рыбу в течение 16–17 месяцев (два вегетационных сезона и одна зимовка), в итоге получают товарную рыбу массой около 0,7 кг (двухлетний оборот). В Сибири принято зарыбление годовиками, которых выращивают в течение 5–6 месяцев (один вегетационный сезон), а в итоге получают товарную рыбу весом около 0,4 кг (однолетний оборот).

Наконец, по форме ведения производства выделяют интенсивные и экстенсивные прудовые хозяйства, то есть с использованием методов интенсификации (мелиорация, кормление и др.) или без них.

3.4. Принципы организации и устройство прудового рыбоводного хозяйства

Прудовое рыбоводное хозяйство является значительно более технологически сложным предприятием по сравнению с хозяйством, практикующим пастбищный способ выращивания рыбы. При организации такого хозяйства необходим более длительный и тщательно проработанный подготовительный этап работ, включающий:

- 1) подбор участка для строительства прудов;
- 2) подготовку рыбоводно-биологического обоснования;
- 3) проектирование хозяйства;
- 4) согласование проекта и получение разрешения на строительство;
- 5) строительство.

Подбор участка для строительства прудов

При подборе участка для строительства прудов необходимо обращать внимание на *площадь участка, грунты, рельеф, качество и количество воды*.

Площадь участка. Согласно «СНИП 455-73. Нормы отвода земель для предприятий рыбного хозяйства», площадь участка должна соответствовать типу хозяйства и его предполагаемой мощности (табл. 4). Это обусловлено требованиями к площадям прудов при полносистемном и неполносистемном ведении хозяйства.

Грунты. Требования к грунтам определяются особенностями разных категорий прудов. Так, карповые нерестовые, выростные и нагульные пруды хорошо строить на плодородных почвах, поскольку это обеспечит повышенную естественную продуктивность водоемов, а зимовальные пруды – на глинистых, что будет способствовать благоприятному газовому режиму в зимний период. Песчаные грунты нежелательны, поскольку приведут к большим фильтрационным потерям воды, а заболоченные грунты приведут к снижению качества воды.

**Размеры земельных участков для хозяйств некоторых типов
(для 1-й зоны прудового рыбоводства)**

Тип и система хозяйства	Мощность, ц, товарной рыбы	Размер участка, га
Полносистемное карповое на площадке, примыкающей к водосточнику	1 000	231
Нагульные карповые на площадке, примыкающей к водосточнику	1 000	198
Рыбопитомники карповые на площадке, примыкающей к водосточнику	1 млн годовиков	93
Форелевые	100 т товарной рыбы	1,2

Рельеф. Обычно для размещения прудового хозяйства стараются использовать существующие особенности рельефа – пойму реки, овраги, балки. Желательно наличие уклона, чтобы обеспечить самотечное водоснабжение. Важно помнить, что пересеченная местность повлечет удорожание строительства.

Вода. Поскольку вода – среда обитания рыб, от ее качества и количества будет зависеть эффективность хозяйства.

Качество воды. Вода содержит различные растворенные и взвешенные вещества, характеризуется разными физическими свойствами. Совокупность этих параметров определяет ее пригодность для выращивания рыбы. Для разных видов рыб в отдельные периоды их жизненного цикла оптимальными являются различные значения этих показателей. В большинстве случаев разработаны их нормативы (табл. 5).

Количество воды. Для питания прудов можно использовать родники, ручьи, реки, озера, водохранилища, скважины и атмосферные осадки. Важно просчитать потребности хозяйства в воде. Для этого учитывают:

- объем воды, необходимый для наполнения прудов;
- расход воды, необходимый для водообмена;

- потери воды на насыщение грунтов, залегающих под дном прудов;
- потери воды на испарение с поверхности прудов и транспирацию;
- фильтрационные потери.

Т а б л и ц а 5

**Некоторые показатели качества воды,
используемой в карповом рыбоводном хозяйстве**

Показатели	Оптимальные значения
Вода, поступающая в летние пруды карповых хозяйств (по ОСТ 15-282-83)	
Прозрачность, м	Не менее 0,75–1,0
Взвешенные вещества, мг/л	До 25
Водородный показатель (рН)	6,5–8,5
БПК 5, мг О ₂ /л	До 3
БПК полн., мг О ₂ /л	До 4,5
Азот аммонийный, мг/л	До 1,5
Нитраты, мг/л	До 0,05
Нитриты, мг/л	До 2
Фосфаты, мг Р/л	До 0,5
Железо общее, мг/л	До 2
Жесткость общая, мг х экв/л	2–6
Качество водной среды летних рыбоводных прудов, технологическая норма (по ОСТ 15-247-81)	
Прозрачность, м	До 50
Водородный показатель (рН)	7,0–8,5
БПК 5, мг О ₂ /л	4–9
Азот аммонийный, мг/л	До 1
Нитраты, мг/л	0,2–1
Нитриты, мг/л	До 0,2
Фосфаты, мг Р/л	0,2–0,5
Железо общее, мг/л	До 2–5
Жесткость общая, мг × экв/л	1–3,5
Вода, поступающая в зимовальные комплексы (по ОСТ 15-282-83)	
Взвешенные вещества, мг/л	До 10
Водородный показатель (рН)	6,5–8,0
БПК 5, мг О ₂ /л	Не более 3
БПК полн., мг О ₂ /л	Не более 4,5
Азот аммонийный, мг/л	До 1
Нитриты, мг/л	Тысячные доли
Железо общее, мг/л	Не более 0,3

Показатели	Оптимальные значения
Вода, поступающая в инкубационные цехи (по ОСТ 15-282-83)	
Взвешенные вещества, мг/л	До 5
Водородный показатель (рН)	7,0–8,0
БПК 5, мг О ₂ /л	До 2
БПК полн., мг О ₂ /л	До 3
Азот аммонийный, мг/л	До 0,75
Железо общее, мг/л	До 0,10
Жесткость общая, мг × экв/л	1,5–5,0

Водопотребление прудового хозяйства складывается из двух периодов – наполнения водоемов до проектных горизонтов и поддержания уровня воды. Расчет потребности в воде на наполнение пруда считают по формуле

$$W = \frac{F_1 + F_2}{2} h,$$

где W – объем воды на наполнение пруда, м³; F_1 – площадь ложа пруда, м²; F_2 – площадь водного зеркала пруда, м²; h – глубина пруда, м.

При этом необходимо учитывать возможные сроки наполнения (табл. 6).

Т а б л и ц а 6

Нормативные сроки наполнения прудов (в сутках)

Сроки наполнения	Нагульные	Зимовальные	Маточные	Нерестовые	Выростные
Желательные	10–25	0,3–0,5	0,5	0,2	10–20
Допустимые	40	1	5	0,3	30

Расчет потребности воды на водообмен рассчитывают, исходя из количества, типа и объема проектируемых прудов. Существуют нормативные требования на водообмен в прудах разного типа. Так, в зимовальных прудах полный водообмен должен происходить в течение 10–15 суток, а в карантинных – в течение 25 суток. Расход воды в летних нагульных карповых прудах на водообмен составляет 0,5–1,0 л/с на 1 га площади.

Объем воды на насыщение грунтов и фильтрационные потери рассчитывают, исходя из качества грунтов и слагающих пород.

Водопотребление на поддержание уровня воды считают отдельно для каждого месяца, для этого рассчитывают водохозяйственный баланс, исходя из потребности в воде и дебита источника водоснабжения.

Подготовка рыбоводно-биологического обоснования (РБО)

Рыбоводно-биологическое обоснование при образовании прудового рыбоводного хозяйства существенно отличается от РБО, формируемого при организации рыбного хозяйства пастбищного типа. В данном случае это не исследование текущего состояния существующего водоема, а своего рода техническое задание на проектирование хозяйства, с описанием предполагаемой к использованию технологии культивирования рыбы. Оно должно включать:

- определение видового состава предполагаемых к культивированию видов рыб;
- определение мощности рыбоводного хозяйства;
- расчет количества и площади прудов отдельных категорий;
- требования к водоподаче;
- требования к водоспуску;
- рыбоводные мероприятия, схему рыбохозяйственной эксплуатации;
- биотехнику разведения рыбы;
- мероприятия по обеспечению экологической безопасности.

Проектирование и согласование

Проектирование прудового рыбоводного хозяйства должна проводить специализированная организация, обладающая опытом разработки таких проектов.

Проект должен включать:

1. Генплан. Пояснительную записку.

2. Технический отчет по изысканиям.
3. Водохозяйственные расчеты.
4. Гидротехническую часть. Технические расчеты, чертежи конструкций:
 - 4.1. Дамб и прудов.
 - 4.2. Водоподающей системы.
 - 4.3. Водосливной системы.
 - 4.4. Водосбросной системы.
 - 4.5. Рыбоуловителей.
5. Архитектурно-строительную часть. Технические расчеты и чертежи:
 - 5.1. Жилые и производственные помещения.
 - 5.2. Дороги автомобильные и пешеходные.
6. Раздел визуализации.
7. Проект организации строительства.
8. Сметы.

Согласно приложению 2 Правил ведения Единого государственного реестра объектов капитального строительства, объекты гидротехнического и водохозяйственного назначения отнесены к объектам капитального строительства. Таким образом, в соответствии со статьей 51 Градостроительного кодекса РФ, для сооружения пруда необходимо получить разрешение на строительство объектов капитального строительства.

Строительство

Строительство прудов, зданий и гидротехнических сооружений, необходимых в современном прудовом рыбоводном хозяйстве, должна осуществлять специализированная организация, обладающая опытом реализации таких проектов. Однако в современных условиях, как правило, прудовое рыбоводство развивают на уже существующих водоемах, приспособлявая их под рыбоводные требования.

Категории и устройство рыбоводных прудов

Пруды рыбоводного хозяйства подразделяют по назначению, в связи с чем они имеют особенности.

Головной пруд. Предназначен для накопления воды и ее подачи в пруды других категорий. Он имеет наибольшую площадь и, соответственно, объем воды. Его размещение планируют таким образом, чтобы уровень воды в нем был всегда выше, чем в остальных прудах, что обеспечит их самотечное водоснабжение. Иногда головной пруд используют как нагульный.

Нерестовые пруды. Предназначены для размножения рыбы. Их оптимальная площадь – 0,1–1,0 га, глубина до 1 м, при этом площадь мелководий (до 0,5 м) должна быть не менее 50% площади пруда. Нерестовые пруды необходимо размещать на незаболоченных, хорошо прогреваемых солнцем участках, покрытых луговой растительностью, или устраивать в них искусственные нерестилища.

Мальковые пруды. Предназначены для выращивания ранней молоди рыб. Их оптимальная площадь – 0,3–1,0 га, средняя глубина 0,5 м. Мальковые пруды необходимо размещать на плодородных почвах, на прогреваемых солнцем участках, вблизи нерестовых и выростных прудов. Обычно мальковые пруды строят при больших площадях выростных прудов.

Выростные пруды. Предназначены для выращивания сеголетков, то есть рыбы в течение первого вегетационного сезона, до ее перевода в зимовальные пруды. Вселяют в начале лета раннюю молодь из нерестовых или мальковых прудов. Их оптимальная площадь – 10–15 га, средняя глубина 1–1,5 м, при этом площадь мелководий (0,5–1 м) должна составлять 65–70%. Выростные пруды желательно размещать на плодородных почвах. В хозяйствах с трехлетним оборотом выделяют выростные пруды второго порядка, предназначенные для выращивания двухлетков.

Зимовальные пруды. Предназначены для зимнего содержания рыбы. Их оптимальная площадь – 0,5–1 га, глубины в условиях

Сибири до 4 м. Располагают зимовальные пруды вблизи источника водоснабжения, что позволяет облегчить обеспечение проточности и создать оптимальный кислородный режим. Зимовальные пруды необходимо размещать на плотных грунтах, избегая заболоченных и торфяных участков. Для зимовки рыбы возможно использовать и специальные бассейны.

Нагульные пруды. Предназначены для выращивания товарной рыбы (то есть рыбы в течение второго–третьего вегетационного сезона). Вселяют в весенний период годовиков или двухгодовиков. Пруды этой категории имеют наибольшую суммарную площадь в хозяйстве. Их размеры определяются рельефом местности, иногда достигают нескольких сотен гектар, однако для удобства эксплуатации целесообразнее строить их площадью 50–100 га. В таких относительно небольших нагульных прудах управляемость и рыбопродуктивность выше, однако их сооружение дороже за счет большего количества гидротехнических сооружений. Оптимальная глубина нагульных прудов – 0,5–2 м.

Маточные пруды. Предназначены для содержания производителей и ремонтного молодняка. Их размеры зависят от плановой численности производителей. Подразделяют на летние и зимние маточные пруды, организуют в соответствии с требованиями к нагульным и зимовальным прудам.

Карантинные пруды. Предназначены для временного содержания больной рыбы или ремонтного молодняка и производителей, завезенных из других хозяйств. Их оптимальная площадь – 0,1–0,2 га, средняя глубина 0,8–2,0 м. Эти пруды располагают в конце водоподающей системы хозяйства, на расстоянии не ближе 20 м от остальных прудов. Воду из этих прудов следует сбрасывать только после дезинфекции.

Пруды-садки. Предназначены для предпродажного содержания рыбы. Имеют небольшую площадь и глубину. Могут иметь вид земляных или цементированных бассейнов. В садках необходимо обеспечить хороший водообмен (расход воды 0,05 л/с на 1 ц ры-

бы), при котором нормы посадки могут достигать 125 кг/м³. В прудовых хозяйствах разного типа используют разный состав прудов (табл. 7).

Т а б л и ц а 7
Состав прудов в хозяйствах разного типа

Полносистемное хозяйство		Рыбопитомник	Неполное однолетнее нагульное хозяйство
С трехлетним оборотом	С двухлетним оборотом		
Головной	Головной	Головной	Нагульные
Маточные	Маточные	Маточные	
Нерестовые	Нерестовые	Нерестовые	
Мальковые	Мальковые	Мальковые	
Выростные	Выростные	Выростные	
1-го и 2-го порядков			
Нагульные	Нагульные		
Зимовальные	Зимовальные	Зимовальные	
Карантинные	Карантинные	Карантинные	

Площади прудов различных категорий должны иметь определенное соотношение, определяемое нормативами (табл. 8).

Т а б л и ц а 8
Соотношение площади прудов разных категорий

В и д ы хозяйств	Площадь прудов разных категорий, %					
	нерестовые	выростные	нагульные	зимовальные	маточные	карантинные
Экстенсивное полносистемное с двухлетним оборотом	0,1	5,9	93,8	0,2	Независимо от процентного соотношения прудов других категорий. Площадь определяется требованиями к прудам	
Нагульное однолетнее	–	–	100	–		
Рыбопитомник	2	95	–	3		

Размещение прудов в хозяйстве. Пруды каждой категории желательно размещать по ходу производственного процесса. Питомную часть хозяйства размещают компактной группой, нересто-

вые пруды – рядом с маточными, мальковые – рядом с нерестовыми. Зимовальные пруды необходимо размещать ближе к источнику водоснабжения, а карантинные – в конце водоподающей системы хозяйства.

Гидротехнические сооружения в прудовых хозяйствах

Гидротехнические сооружения в рыбоводном хозяйстве предназначены для обеспечения управляемости водного режима водоемов.

Плотины. Плотины перегораживают водоток и служат для задержания воды в образовавшемся водоеме. Плотины бывают земляные, бетонные, каменные, деревянные и др. Высота плотины определяется величиной нормального подпорного уровня проектируемого пруда и особенностями рельефа.

Дамбы. Дамбы ограждают водоем и служат для удержания воды. Могут быть контурными (огораживают пруд), разделительными (между смежными прудами), водооградительными (для защиты территории рыбного хозяйства от затопления паводковыми водами) и др.

Осушительные каналы ложа пруда. Важным требованием к рыбоводным прудам является возможность их полного осушения. Для этого в ложе пруда устраивают сеть осушительных каналов, располагая их с учетом рельефа дна.

Верховины (сороуловители). Представляют собой решетки, расположенные в вершине пруда, и предназначены для предотвращения проникновения в водоем мусора, хищной и сорной рыбы и уходу из него объектов выращивания.

Водоподающие сооружения. Предназначены для подачи воды от источника водоснабжения к прудам. Это могут быть каналы, трубопроводы и лотки. Выделяют магистральные водотоки и распределительные.

Водоподающие сооружения обязательно оснащаются шлюзами, позволяющими регулировать объем подаваемой воды. Пропуск-

ную способность канала определяют, исходя из потребления воды при максимальном расходе, то есть при заполнении прудов.

Водоспускные сооружения. Предназначены для регулирования уровня воды во время выращивания рыбы, обеспечения проточности и полного спуска воды из прудов в период облова рыбы. Водоспуски обычно располагают в теле дамбы, в наиболее глубокой части водоема.

Водосбросные сооружения. Предназначены для сброса излишней воды, в первую очередь в период весеннего паводка.

Рыбоуловители. Предназначены для сбора рыбы при спуске воды из пруда. Устанавливают за водоспуском. Рыбоуловителями при нерестовых и мальковых прудах могут быть удлиненные ящики с отверстиями для стока воды, а при выростных и нагульных прудах обычно устраивают стационарные рыбоуловители, представляющие собой укрепленные и оснащенные решетками участки сбросного канала после водоспускного сооружения.

Иногда конструкцией рыбоуловителя может быть предусмотрена сортировка рыбы. Можно использовать рыбоуловитель и для кратковременного хранения рыбы, при этом соотношение массы рыбы к объему воды должно составлять 1 : 4.

3.5. Производственные процессы в прудовом рыбоводном хозяйстве

Производственные процессы в прудовом рыбоводном хозяйстве связаны с различными этапами жизненного цикла рыб, что и обуславливает разнообразие применяемых технологий. В полносистемном хозяйстве с двухлетним оборотом можно выделить следующие технологии:

- 1) воспроизводство:
 - a) содержание маточного стада;
 - b) подбор и подготовка производителей;
 - c) получение половых продуктов;

- d) инкубация икры;
- e) технологии учета молоди;
- 2) выращивание сеголетков;
- 3) зарыбление;
- 4) кормление молоди;
- 5) зимовка;
- 6) выращивание товарной рыбы;
- 7) зарыбление;
- 8) нагул;
- 9) кормление;
- 10) облов прудов.

Технологии воспроизводства будут рассмотрены в главе «Разведение рыб», а вопросы кормления – в главе «Корма и технологии кормления рыб». В данном разделе остановимся на вопросах выращивания рыбы в прудах.

Выращивание сеголетков

Сеголетков выращивают в выростных прудах.

Подготовку выростных прудов начинают осенью, после завершения очередного вегетационного периода: известкуют заболоченные участки, расчищают осушительные каналы. Весной, за 15–20 дней перед заполнением, проводят известкование (при повышенной кислотности грунтов) и вносят перегной или компост. За 10–15 дней перед заполнением ложе прудов рыхлят на глубину 5–7 см. После этого готовят кормовые места: уплотняют и известкуют грунт, устанавливают кормушки или вешки.

Выростные пруды заполняют водой за 5–7 суток до планируемой посадки молоди. Воду подают через сороуловитель с мелкой решеткой (сеткой). Сразу после заполнения прудов вносят минеральные удобрения.

Зарыбление. Перед тем как выпустить молодь карпа, выростные пруды заливают водой не менее чем на 50 см. Перед выпуском

молоди необходимо уравнивать температуру воды в транспортной емкости с температурой воды в прудах.

Нормативная плотность посадки подрощенной молоди карпа в выростные пруды для первой зоны рыбоводства составляет 50 тыс. экз./га, но может быть определена в зависимости от технологии выращивания и планируемой продуктивности по формуле

$$n = \frac{(P_{p1} + P_{p2}) \times 100\%}{M \times p},$$

где n – плотность посадки, экз./га; P_{p1} – естественная рыбопродуктивность, кг/га; P_{p2} – рыбопродуктивность за счет кормления, кг/га; M – планируемая масса 1 экз. выращиваемой рыбы, кг; p – выживаемость, %.

При зарыблении выростных прудов необходимо произвести учет вселяемой молоди (методы учета молоди рыб см. в гл. 7 «Разведение рыб»). Кроме того, желательно провести санитарную обработку молоди путем пропускания ее во время пересадки через дезинфицирующие растворы (например, 0,2-процентные аммиачные ванны).

Выращивание сеголетков. Выращивание молоди в выростных прудах продолжается до осени. Необходимо контролировать рост молоди в течение вегетационного сезона, не реже двух раз в месяц проводя контрольный лов. В случае отставания в росте, следует увеличивать кормление рыбы в теплые периоды. Необходимо следить за кислородным режимом водоема, обеспечивать необходимый водообмен. Кроме того, желательно контролировать содержание рН, CO_2 и состояние естественной кормовой базы. Тщательный контроль при выращивании позволяет получать сеголетков высокого качества, что позволит с минимальными потерями провести зимовку.

Нормативная средняя масса сеголетков карпа для первой зоны рыбоводства должна составлять 25 г, а в Томской области – около 22 г. Выживаемость сеголетков карпа – около 60% от количества посаженной подрощенной молоди или около 30% от личинок.

В конце вегетационного периода сеголетков вылавливают, пересчитывают, проводят санитарную обработку путем пропускания через дезинфицирующие растворы и переводят в зимовальные пруды.

Зимовка сеголетков. Зимовальные пруды должны быть тщательно подготовлены: продезинфицированы хлорной известью весной и за 3–4 недели до заполнения, укреплены и обкошены берега, уплотнено ложе. Заполнение водой зимовальных прудов проводят за 10–15 суток до посадки молоди. Пересадку на зимовку производят поздней осенью, но не во время заморозков, чтобы не допустить обморожения рыб. Плотность посадки сеголетков карпа на зимовку для первой зоны рыбоводства составляет 500 тыс. шт./га.

В зимний период необходимо тщательно контролировать содержание растворенного в воде кислорода и при необходимости осуществлять аэрацию воды. Следует помнить, что в целом исход зимовки зависит от начального состояния рыбы, плотности ее посадки и состояния прудов. Нормативный выход молоди рыб после зимовки для первой зоны рыбоводства составляет 70%.

Возможна организация зимовки рыбы в зимовальных комплексах, представляющих собой неотопливаемые помещения с бассейнами объемом около 10 м³. Механизация производственных процессов, возможность постоянного контроля и регуляции качества среды для обеспечения ее стабильных характеристик, удовлетворительных для выращиваемого вида рыб, позволяют существенно повысить выход молоди после зимовки.

Выращивание товарной рыбы

Товарную рыбу выращивают в нагульных прудах.

Подготовку нагульных прудов начинают осенью, после завершения очередного вегетационного периода. Подготовка нагульных прудов заключается в осушении и мелиорации (подробнее про мелиорацию см. в гл. 6 «Рыбохозяйственная мелиорация»). Весной подготавливают места для кормления рыбы и проводят заполнение прудов.

Зарыбление. Выпуск рыбы на нагул проводят весной как можно раньше, сразу после распаления льда, чтобы удлинить вегетационный период.

Нормативная плотность посадки годовиков карпа в нагульные пруды для первой зоны рыбоводства составляет 3 100 экз./га при кормлении. Рекомендованная плотность посадки для Томской области составляет 190 экз./га на естественных кормах, но может быть определена в зависимости от технологии выращивания и планируемой продуктивности по формуле

$$n = \frac{(P_{p1} + P_{p2}) \times 100\%}{(M - p) \times p},$$

где n – плотность посадки, экз./га; P_{p1} – естественная рыбопродуктивность, кг/га; P_{p2} – рыбопродуктивность за счет кормления, кг/га; M – планируемая масса 1 экз. выращиваемой рыбы, кг; m – масса 1 экз. посадочного материала, кг; p – выживаемость, %.

Нагул товарной рыбы. Результаты выращивания товарной рыбы определяются естественной продуктивностью прудов, качеством рыбопосадочного материала и применяемыми в хозяйстве технологиями. Так, в 7-й зоне рыбоводства при совместном выращивании карпа и растительноядных рыб выход рыбопродукции может составлять до 2 500 кг/га при средней массе товарных двухлетков карпа 500 г, белого толстолобика 900 г и белого амура 1 кг. Средняя масса товарных двухлетков карпа в первой зоне рыбоводства составляет 350 г, а в Томской области может достигать 400 г.

Расчетный выход молоди зависит от площади пруда и составляет от 65 до 85%, однако сильно зависит от состояния пруда. Для карпа в Томской области рекомендованная расчетная выживаемость – 70%.

Во время нагула необходимо контролировать рост и состояние рыб, для чего ежедекадно проводят контрольный лов.

Облов прудов. В конце сентября – первой половине октября при спуске нагульных прудов рыбу вылавливают с помощью рыбоуло-

вителей. Однако можно начать лов рыбы раньше, изымая наиболее крупные экземпляры любыми селективными орудиями. Это позволяет не только увеличить продолжительность периода торговли свежей рыбой, но и повысить темп роста оставшейся в пруду. Всю выловленную рыбу взвешивают, устанавливают суммарный весовой прирост за вегетационный период, средний штучный вес, а также фактическую рыбопродуктивность.

Выловленную рыбу реализуют и/или выдерживают в прудах-садках. Уход за рыбой в садках заключается в наблюдении за гидрохимическим режимом воды, в очистке садков от сора и удалении погибшей рыбы.

3.6. Методы интенсификации производства в прудовом рыбоводном хозяйстве

Различные методы интенсификации прудового производства рыбы позволяют существенно повысить выход товарной рыбопродукции. Так, при трехлетнем обороте и поликультурном выращивании рыбы возможно получать до 7 т/га. При интенсивной форме ведения хозяйства можно существенно повышать плотности посадки рыбы. Основными методами интенсификации являются:

- мелиорация водоемов;
- кормление рыбы полнорационными кормами;
- поликультура.

Более подробно вопросы мелиорации и кормления рыбы будут рассмотрены в соответствующих главах.

При интенсивных методах прудового выращивания рыбы следует особенно тщательно контролировать состояние рыбы, термические и гидрохимические показатели воды, и в зависимости от этого регулировать водообмен и нормативы кормления.

Поликультура

Для наиболее полного использования естественных кормовых ресурсов водоема возможно совместное выращивание нескольких видов рыб, отличающихся спектром питания. Это существенно увеличивает выход рыбной продукции с единицы площади. На юге Западной Сибири в состав поликультуры традиционно входят сазан или карп в качестве бентофага и пелядь (планктофаг). Кроме того, хорошим дополнением к этим видам являются растительноядные рыбы: белый амур, использующий в пищу мягкие побеги высшей водной растительности, и белый толстолобик, питающийся фитопланктоном. Таким образом, растительноядные рыбы не только дают дополнительную рыбопродукцию за счет естественной кормовой базы, но и выступают в качестве биологических мелиораторов, очищая водоем и улучшая условия нагула других видов. Перспективным объектом для поликультуры наших водоемов является большеротый буффало, питающийся, как и пелядь, зоопланктоном, однако, более устойчивый к повышенной температуре воды, характерной для большинства наших озер в летний период. В водоемах с особо напряженным кислородным режимом целесообразно выращивание гибрида карпокарасевых, который обладает широким спектром питания и достаточно высоким темпом роста.

Важно помнить, что для эффективного использования кормовой базы водоема не следует вселять большое число видов, их состав должен соответствовать ресурсам водоема.

Глава 4. ИНДУСТРИАЛЬНАЯ АКВАКУЛЬТУРА

4.1. Понятие индустриальной аквакультуры

Индустриальная аквакультура основывается на выращивании гидробионтов при высокой плотности посадки путем создания оптимальных контролируемых условий культивирования, кормлении полноценными кормами, механизации и автоматизации производства. Все потребности рыб обеспечиваются инженерными системами.

Согласно Федерального закона № 148 от 02.07.2013 г. «Об аквакультуре», индустриальная аквакультура осуществляется без использования рыбоводных участков в бассейнах, на установках с замкнутой системой водоснабжения, а также на рыбоводных участках с использованием садков и (или) других технических средств, предназначенных для выращивания объектов аквакультуры в искусственно созданной среде обитания.

Возможность ведения индустриальной аквакультуры обеспечена точными знаниями о физиологических потребностях гидробионтов (в частности, рыб) и развитыми высокими технологическими возможностями современности, позволяющими создавать точно соответствующие потребностям гидробионтов оптимальные условия культивирования. Индустриальными методами культивируют не только рыб, но и водоросли, различных беспозвоночных. Однако в области пресноводной аквакультуры наиболее развито индустриальное выращивание именно рыб.

Первые работы по промышленному интенсивному выращиванию рыб в индустриальных условиях проведены на рыбоводной

ферме Танаки (Япония), где в 1951 г. введена в эксплуатацию установка с замкнутой системой водоснабжения, в которой в двух бассейнах общей площадью 62 м² получили 8,5 т карпа. С 1960 г. начали разрабатывать первые замкнутые системы по выращиванию лососевых рыб в Калифорнии. В России первая система с оборотным водоснабжением промышленного масштаба введена в эксплуатацию в 1973 г. в форелевом хозяйстве «Сходня».

В настоящее время мировое рыбоводство идет по пути развития и совершенствования технологий индустриальной аквакультуры, поскольку она позволяет получать максимальные объемы рыбопродукции с единицы площади, рационально использовать водные ресурсы, минимизировать производственные риски и осуществлять производство рыбы вне зависимости от географического положения предприятия.

В индустриальном рыбоводстве по принципу организации выращивания рыбы выделяют три типа хозяйств:

- садковые;
- бассейновые;
- установки замкнутого водоснабжения (УЗВ).

Эти типы хозяйств различаются степенью управляемости процесса производства.

4.2. Садковые хозяйства

Принципы организации садкового рыбоводного хозяйства

В садковых хозяйствах рыбу выращивают в садках, установленных в естественных водоемах. Используются высокие плотности посадки, обязательным условием является кормление рыбы полнорационными кормами, а продукты жизнедеятельности рыб удаляются естественным способом, попадая в водоем, на котором расположено садковое хозяйство. Это относительно наименее затратный способ индустриального выращивания рыбы, при кото-

ром, однако, можно получить большие объемы рыбопродукции с единицы площади. Садковые хозяйства можно организовывать практически в любом подходящем по площади и глубинам водоеме. Основной проблемой при эксплуатации рыбоводного хозяйства садкового типа является эвтрофикация водоема, в котором оно расположено, то есть, по сути, его органическое загрязнение, что связано с искусственным введением в экосистему большого количества рыбы и искусственных кормов. Для минимизации эвтрофикации необходимо соблюдать правило: площадь садков не должна превышать 0,1% площади водоема. Кроме того, нежелательно развивать садковое рыбководство в водоемах, из которых ведется питьевое водоснабжение населения.

Садок представляет собой сетчатое полотно, натянутое на какой-либо каркас. Садки изготавливают из различных материалов, они могут быть различных форм и размеров, в зависимости от особенностей конкретного водоема, где планируется их установка, и вида рыб, который предполагается выращивать. Садки могут быть: плавающими, понтонными, стационарными и погружными.

Плавающие садки. Принципиальным отличием от садков других типов является их независимая установка с якорным креплением. При выращивании рыбы в плавающих садках можно обеспечить благоприятный гидрохимический режим культивирования за счет возможного их перемещения. Плавающие садки не зависят от перепадов уровня воды. Кроме того, это наиболее дешевый способ организации садкового хозяйства. Однако при этом сложно обеспечить доступ к садкам для их обслуживания, кормления рыбы, что затрудняет производственный процесс.

Понтонные садки. Устанавливаются группами, на понтонных конструкциях. Как правило, ряды понтонных садков имеют связь с берегом. Это существенно облегчает их обслуживание. При этом понтонные садки, также как и плавающие, не зависят от уровня воды, однако строительство их существенно дороже.

Стационарные садки. Применяют в водоемах с постоянным уровнем режимом. Основанием для размещения садков служат стационарные бетонные или деревянные конструкции, закрепленные на дне водоема. Такие садки более просты в обслуживании рыбоводного процесса и долговечны, особенно в условиях периодически образующегося ледового покрова на водоеме, однако при этом они дороги в строительстве и ремонте.

Погружные садки. Погружные садки используют для выращивания рыбы не на поверхности воды, а в каком-либо ее горизонте, где имеются наиболее подходящие условия для роста рыб. По мере необходимости (заправка кормом кормораздатчика, отлов рыбы для реализации или пересадки) садки поднимаются к поверхности и после выполнения необходимых рыбоводных работ вновь опускаются на заданную глубину. К преимуществам садков такого типа можно отнести независимость от погодных условий, в том числе волновых явлений, минимизацию влияния поверхностных загрязнений водоема, возможность регуляции температуры культивирования рыбы, что позволяет выращивать холодолюбивых рыб в водоемах южных регионов. Разработано множество конструкций погружных садков, предназначенных для выращивания различных видов рыб в разных условиях, однако важнейшим общим недостатком является большая сложность их обслуживания.

Требования к водоему при организации садкового рыбоводного хозяйства

При организации садкового рыбоводного хозяйства следует учитывать качество воды, глубину водоема и его ихтиопатологическое состояние, проточность и температуру воды.

Качество воды. При организации любого рыбоводного хозяйства необходимо, чтобы предполагаемая для использования вода соответствовала физиологическим потребностям предполагаемого для культивирования вида рыб.

Глубина водоема. Глубины водоема в месте размещения садков должны быть такими, чтобы обеспечивалась возможность беспрепятственного удаления из них продуктов жизнедеятельности рыб и остатков корма. На практике расстояние от дна садка до дна водоема должно быть не менее 1 м, следовательно, глубина водоема в месте размещения садка должна составлять не менее 3 м.

Проточность. Для обеспечения водообмена, способствующего удалению из садков продуктов жизнедеятельности рыб и поддержанию благоприятного газового режима, желательна проточность водоема (или циркуляция воды за счет большого ее объема, например, в крупных озерах). При этом скорость течения должна быть около 0,5 м/с. При более высокой скорости течения возрастают энергетические затраты рыбы на движение, что снижает кормовой коэффициент.

Температура воды. Должна в течение всего периода выращивания соответствовать потребностям вида рыб, предполагаемого к культивированию. Важно помнить, что в условиях садкового хозяйства регулировать ее невозможно.

Содержание растворенного в воде кислорода. В течение всего периода выращивания содержание растворенного в воде кислорода должно соответствовать потребностям вида рыб, предполагаемого для культивирования, поскольку его регуляция в условиях садкового хозяйства затруднительна.

Ихтиопатологическое состояние водоема. Учитывая, что при садковом способе выращивания культивируемая рыба не изолирована от других гидробионтов, обитающих в водоеме, где расположены садки, следует тщательно проанализировать ихтиопатологическое состояние водоема для подготовки к возможным эпизоотиям.

Рыбоводно-технологические нормативы при выращивании рыб в садках

Наиболее популярным объектом садкового выращивания является атлантический лосось (сёмга). На его долю приходится

более 50% объема выращиваемой таким образом рыбы в мире. В России в садках наиболее часто выращивают радужную форель, реже – канального сома, растительноядных и сиговых рыб. Возможно успешное выращивание и других видов, в том числе и традиционного для прудового рыбоводства карпа. Некоторые показатели выращивания рыбы в садках приведены в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

Некоторые показатели при садковом выращивании рыб

Показатели	Виды рыб		
	Карп	Форель	Канальный сом
Скорость течения в местах установки садков, м/с	0,1–0,3	1	0,2–0,3
Глубина водоема в месте установки садков	Не менее 2,5	Не менее 4	До 3
Площадь садка, м ²	3–20	12	16–24
Размер ячеек садков, мм	12–20	10	14–20
Плотность посадки годовиков, шт./м ²	200	250	350
Выход, %	90	85	80
Рыбопродукция, кг/м ³	90–100	13–17	20–30
Конечная масса рыб, кг	1,0	0,5	0,8

4.3. Бассейновые хозяйства

Принципы организации бассейнового рыбоводного хозяйства

В бассейновых хозяйствах рыбу культивируют в бассейнах. Бассейны могут быть изготовлены из различных материалов (стеклопластики, акрил, полиэтилен, пищевой алюминий, нержавеющая сталь, бетон), расположены как в закрытом помещении, так и на открытой площадке, могут быть как устанавливаемыми на поверхности земли, так и заглубленными.

Бассейны бывают различными по форме и объему, при этом в каждом случае есть достоинства и недостатки. Так, в круглых

бассейнах лучше осуществляется циркуляция воды и создается равномерный гидрохимический режим, а при выборе прямоугольных бассейнов более эффективно используется площадь помещения.

Можно использовать квадратные бассейны с закругленными краями, что позволяет обеспечить круговой ток воды, и при этом в меньшей степени происходит потеря производственной площади. Форма бассейна во многом определяется видом рыб, который предполагается культивировать: для осетровых важна площадь поверхности дна, а для лососевых – большой объем воды. Необходим определенный уклон дна бассейна для беспрепятственного отвода отходов жизнедеятельности рыб.

В практике рыбоводства нашли широкое применение силосы – рыбоводные бассейны, диаметр которых меньше их высоты, что обеспечивает выращивание большего объема рыбопродукции на ограниченной площади. Такие рыбоводные емкости изготавливают из поливинилхлоридной пленки, различных пластмасс, металла (при больших размерах). Силосные емкости имеют коническое основание, где оседают отходы, сброс которых осуществляется через донный трубопровод, как и отлов рыбы в большинстве бассейновых рыбоводных хозяйств.

Бассейновые хозяйства подразделяют на тепловодные и холодноводные. Тепловодные хозяйства обычно (особенно в условиях Сибири) размещают при предприятиях, которые используют большой объем воды для охлаждения в своем технологическом цикле, а поэтому в избытке производят воду с температурой существенно выше, чем в природных источниках (например, ТЭС, ГРЭС, металлургические предприятия). Холодноводные хозяйства обычно размещают вблизи естественных источников чистой холодной воды. В таких хозяйствах чаще всего выращивают форель.

По сравнению с садковым способом выращивания, в бассейнах значительно больше возможности регулировать параметры среды (температуру, газовый режим) за счет интенсивности водообмена.

Возможна организация очистки поступающей воды, высокой степени механизации, непрерывного производства товарной рыбы.

В бассейновых рыбоводных хозяйствах используются высокие плотности посадки рыбы, обязательным условием является кормление полнорационными кормами, а продукты жизнедеятельности рыб удаляются путем интенсивного водообмена. Организация бассейнового хозяйства более затратна, чем садковое выращивание рыбы, но при этом значительно снижаются риски, связанные с воздействием неконтролируемых природных факторов (например, погоды), и увеличивается объем товарной рыбопродукции с единицы площади.

Рыбоводно-технологические нормативы при выращивании рыб в бассейнах

В России в тепловодных бассейновых рыбоводных хозяйствах чаще всего культивируют сомов, тилапию, карпа, растительноядные и осетровые виды рыб, а в холодноводных – форель. В силосах успешно выращивают форель, карпа, растительноядные и осетровые виды рыб.

Некоторые показатели выращивания рыбы в бассейнах приведены в табл. 10.

Таблица 10

Некоторые показатели при бассейновом выращивании рыб

Показатели	Виды рыб		
	Карп	Форель	Осетровые
Площадь бассейна, м ²	10–200	50	10–15
Глубина воды в бассейне, м	1	0,3–0,8	1
Температура воды, °С	18–25	14–18	20–24
Водообмен, мин.	15–20	10–15	20–30
Плотность посадки годовиков, шт./м ²	250–300	250	40–50
Выход, %	90	90	80
Конечная масса рыб, кг	1,0	0,5	0,7–2,5
Рыбопродукция, кг/м ³	110–140	50–100	25–50
Продолжительность выращивания, мес.	6	6	18–36

4.4. Рыбоводные хозяйства с замкнутой системой водоснабжения

Принципы организации рыбоводного хозяйства с замкнутой системой водоснабжения

В таких рыбоводных хозяйствах рыбу культивируют в установках замкнутого водоснабжения (УЗВ). Эта технология основана на выращивании водных организмов с многократным использованием воды для целей производства. За счет определенного набора оборудования, механизации и автоматизации производства, достигается полный контроль над технологическим процессом, создаются наиболее оптимальные условия для рыб, что позволяет достигать очень высоких темпов их роста.

В УЗВ используются высокие плотности посадки и полнорационные корма. В результате в условиях УЗВ с 1 м² полезной площади можно получить до 1 500 кг рыбы в год, что примерно в 1 000 раз больше по сравнению с прудами. Кроме того, существенно экономится чистая вода – для выращивания 1 кг форели в УЗВ потребуется всего 200 л, тогда как при проточном выращивании необходимо 30 000 л.

Автоматизация процессов позволяет существенно экономить людские ресурсы – для обслуживания УЗВ на 50 т рыбы в год достаточно одного рыбовода. Такое предприятие возможно построить в любом месте, что позволяет снизить логистические затраты и выращивать теплолюбивых рыб за полярным кругом.

В УЗВ происходит концентрация отходов жизнедеятельности рыб, что позволяет организовать их сбор и переработку. Наконец, в УЗВ практически полностью исключена возможность инфекционных и паразитарных заболеваний рыб.

Однако такое производство требует высоких затрат не только на строительство, но и эксплуатацию, а также высокую квалификацию персонала.

Оборудование УЗВ

В общем виде УЗВ состоит из рыбоводных бассейнов, системы автоматизации, оборудования водоподготовки, включающего различные фильтры, механизмы для обеззараживания, поддержания температуры и оксигенации воды, насосного и водопроводного оборудования (рис. 4).

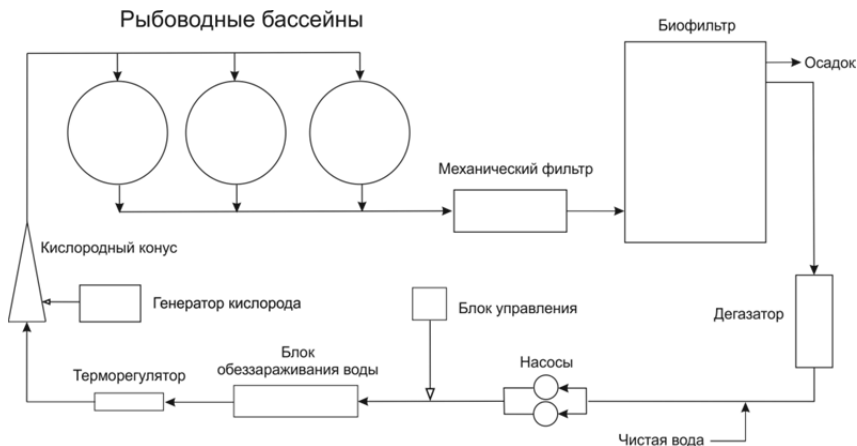


Рис. 4. Принципиальная схема УЗВ

Бассейны. Изготавливают преимущественно из различных искусственных материалов (стеклопластики, акрил, полиэтилен). Как и в бассейновом хозяйстве, они могут быть различных форм и размеров, однако в данном случае больше внимания следует уделять параметрам циркуляции воды с целью недопущения образования застойных зон и обеспечения минимального времени пребывания органических отходов в бассейне.

Механический фильтр. Механический фильтр – первый этап очистки воды. Обеспечивает удаление взвешенных частиц органических отходов. Как правило, используется фильтр барабанного типа, где движущей силой фильтрации является разница уровней воды внутри и вне барабана. Твердые частицы задерживаются на

сетках фильтра и поднимаются к зоне промывки вследствие вращения барабана.

Биофильтр. Является вторым этапом очистки воды. Обеспечивает преобразование токсичных для рыб продуктов белкового обмена в малотоксичные нитраты за счет окисления нитрифицирующими бактериями. Биофильтр представляет собой емкость, заполненную биозагрузкой, с различного рода закрепленными сетками или плавающими элементами, на поверхности которых развивается бактериальная пленка. В качестве таких элементов могут быть использованы стеклянные и керамические шарики, керамзит, гравий и др.

Однако в настоящее время в биофильтрах чаще всего в качестве биозагрузки применяют различные пластиковые элементы разнообразной сложной формы, обеспечивающие значительно большую площадь поверхности, на которой могут развиваться бактерии, что позволило уменьшить объемы биофильтров. Так, в случае использования в качестве биозагрузки керамзита соотношение рыбоводных емкостей и объема биофильтра для эффективной нейтрализации продуктов азотного обмена должно быть 1 : 7, а в случае применения современной пластиковой биозагрузки оно может составлять 1 : 0,8.

Эффективность работы биофильтра в первую очередь зависит от температуры и рН. Наиболее благоприятная температура для развития бактерий – 24–28°C, а рН – 7,2–7,8. Кроме того, бактерии-нитрификаторы требовательны к содержанию растворенного в воде кислорода, оно должно быть не ниже 6 мг/л. Повышение минерализации, тяжелые металлы, антибиотики и некоторые другие вещества угнетающим образом действуют на микрофлору.

Образующиеся в результате работы биофильтра нитраты мало токсичны, однако их накопление в воде УЗВ не может быть бесконечным. Для снижения их концентрации добавляют в систему около 10% свежей воды или включают в состав оборудования УЗВ денитрификаторы, в которых за счет бактерий-денитрификаторов в анаэробных условиях происходит перевод нитратов в свободный

азот. Считается, что денитрификаторы становятся необходимы при использовании менее 300 л. воды на 1 кг использованного корма.

Дегазатор. Необходим для удаления из воды различных скопившихся газов, в первую очередь углекислого, образующегося в результате дыхания рыб и бактерий, а также свободного азота – результата денитрификации. Чаще всего в дегазаторах используют аэрацию воды воздухом.

Обеззараживание воды. В большинстве случаев для обеззараживания воды в системе УЗВ используют УФ-дезинфекцию, основанную на облучении воды светом с длинной волны, разрушающей ДНК бактерий и одноклеточных организмов. Другим способом дезинфекции, основанным на способности интенсивно окислять органическое вещество, является применение озона. Однако этот способ имеет ряд ограничений, поскольку озон может быть токсичен как для обслуживающих УЗВ людей, так и для рыб.

Терморегуляция. Поддержание оптимальных температур для выращиваемого вида рыб – залог их высокого темпа роста. При слишком холодной воде осуществляют ее подогрев электрическими водонагревателями или в теплообменниках, а при слишком теплой – увеличивают потребление свежей холодной воды или охлаждают ее через рекуператоры.

Оксигенация. Растворенный в воде кислород необходим рыбам и бактериям биофильтра для дыхания. Насыщение им воды в УЗВ обычно осуществляют в кислородном конусе – специальном устройстве, где под давлением происходит смешение кислорода с водой.

Насосное оборудование. Насосы – важное звено УЗВ, обеспечивающее циркуляцию воды. Это энергоемкое оборудование, поэтому их мощность должна быть тщательно рассчитана, а сами насосы правильно установлены. Желательно, чтобы подъем воды происходил в системе только один раз за цикл, после чего она должна двигаться самотеком.

Системы автоматизации, контроля и сигнализации. Для поддержания оптимальных условий выращивания рыб на предприя-

тиях, эксплуатирующих УЗВ, предусматривается система мониторинга регулируемых параметров среды и контроля производственных процессов. Необходимо контролировать содержание кислорода и соединений азота, температуру, рН, уровень воды, а также работу каждой группы оборудования.

Желательно интегрировать в систему управления и автоматизацию кормления, тогда будет возможно, например, повышать уровень растворенного кислорода во время дачи корма, что повышает эффективность кормления. В случае отклонения каких-либо параметров системы от заданных показателей должна срабатывать сигнализация.

На современных мощных предприятиях организуют центральную систему управления, контроля и сигнализации.

Учитывая, что выращивание рыбы в условиях УЗВ является полностью зависимым от инженерных систем производственным процессом, важно предусматривать систему аварийной подачи кислорода в рыбоводные бассейны, а также резервный механизм энергоснабжения, поскольку прекращение циркуляции воды в системе более чем на час будет губительным.

Рыбоводно-технологические нормативы при выращивании рыб в УЗВ

Выращивание рыбы в УЗВ – сложный и дорогостоящий процесс, поэтому экономически оправдано культивировать в таких установках только виды с высокой рыночной стоимостью.

В большинстве стран в рыбоводных хозяйствах с УЗВ объектами выращивания являются форель, угорь, сибас, дорада, осетровые виды рыб. В России чаще всего выращивают осетровых и форель.

Некоторые показатели выращивания рыбы в УЗВ приведены в табл. 11.

Т а б л и ц а 11
Некоторые показатели при выращивании рыб в УЗВ

Показатели	Виды рыб	
	Форель	Осетр
Площадь бассейна, м ²	5–16	4–10
Глубина воды в бассейне, м	0,3–0,8	1,2
Температура воды, °С	14–18	20–24
Плотность посадки молоди, шт./м ²	250	80–100
Выход, %	75	85
Конечная масса рыб, кг	0,5	1,5–2,5
Рыбопродукция, кг/м ³	80–100	80–100
Продолжительность выращивания, мес.	4–5	9–12

Глава 5. КОРМЛЕНИЕ РЫБ

Питание – основа обмена веществ и, следовательно, жизни любого организма. Пищевые потребности рыб изменяются в зависимости от возраста, массы, состояния и условий среды. Чем полнее корма соответствуют потребностям выращиваемого организма, тем эффективнее они используются и быстрее происходит его рост. В индустриальном рыбоводстве 100% рыбопродукции производится за счет кормов. Таким образом, кормление является одним из основных факторов, определяющих эффективность всего рыбоводного хозяйства.

5.1. Пищевая ценность кормов

Необходимыми составляющими питания рыб являются белки, жиры, углеводы, витамины, минеральные вещества.

Протеины

Протеины (белки) – высокомолекулярные органические вещества, состоящие из аминокислот, соединенных в цепочку пептидной связью. Они обеспечивают рост, играют существенную роль в энергетическом обмене. У рыб потребность в азоте в 3–5 раз больше, чем у теплокровных животных. Большая потребность в высокобелковой пище у рыб обусловлена высоким отношением пластического обмена к энергозатратам по сравнению с теплокровными животными. Утилизация большого количества протеина у рыб обеспечивается возможностью выведения конечных продуктов азотистого обмена внепочечным путем – через жабры.

Для достижения наибольшей скорости роста рыбы должны потреблять 35–45% протеина (молодь – 40–55%) от общего объема корма. Наряду с количеством белка в корме, важна его биологическая ценность, которая определяется аминокислотным составом и биодоступностью. Оптимальное соотношение аминокислот различно для разных видов рыб, изменяется с возрастом и этапом развития. Биодоступность (соотношение усвоенного азота к потребленному) определяется многими факторами. Например, у растительных белков биодоступность ниже из-за трудноразрушающихся пищеварительными ферментами рыб стенок растительных клеток (табл. 12). Кроме того, некоторые технологии производства кормов, основанные на сочетании высоких температур и давления (например, экструзия), снижают биодоступность протеинов вследствие взаимодействия аминокислот с некоторыми углеводами в ходе технологических процессов.

Жиры

Жиры – природные органические соединения, эфиры глицерина и насыщенных и ненасыщенных жирных кислот. В живых организмах они выполняют прежде всего структурную и энергетическую функции: являются основным компонентом клеточной мембраны и сохраняют энергетический запас в клетках. Жиры, являясь источником энергии, в кормах для рыб выполняют белоксберегающую функцию. Так, для покрытия потребностей энергетического обмена и интенсивного роста форели белка должно быть 50% – при содержании жира в корме 8%, а 35% белка допустимо при 25% жира. Кроме общего количества жиров, важно соотношение насыщенных и ненасыщенных жирных кислот в корме. Так, для карпа потребность в линоленовой кислоте составляет 1,5%, для форели – 0,8%, а для личинок сиговых видов рыб – 3%.

Максимальное содержание жиров в кормах видоспецифично и не должно быть очень большим. Например, для форели содержа-

ние жиров не более 25%, для карпа – 12%, для бестера – 8%. Избыток жиров в рационе ведет в первую очередь к заболеваниям печени рыб, а их недостаток – к замедлению роста, снижению плодовитости, ухудшению качества икры.

Источником жиров в комбикормах для рыб являются подсолнечниковый жмых (содержание жиров 9%), льняной жмых (13%), рыбная мука (12%), мясокостная мука (11%). Кроме того, часто вводят специальные добавки: технический жир, растительные жиры, жир печени тресковых рыб. В целом более предпочтительными являются растительные жиры, поскольку они богаче ненасыщенными жирными кислотами.

Важно помнить, что корма с высоким содержанием жиров имеют маленькие сроки хранения, поскольку липиды быстро окисляются и становятся токсичными для рыб.

Углеводы

Углеводы – природные органические соединения, содержащие карбонильную группу и несколько гидроксильных групп. В живых организмах выполняют, прежде всего, пластическую, осмотическую, энергетическую и запасающую функции. В питании рыб углеводы не играют большой роли, поскольку для энергетического обмена рыб в первую очередь необходимы жиры и белки. Углеводы плохо усваиваются организмом рыб, их избыток ведет к накоплению гликогена и жировой дистрофии печени. Уменьшение в комбикормах содержания клетчатки на 1% вызывает увеличение переваримости у рыб всего органического вещества рациона на 1,5–2%.

Витамины

Витамины – биологически активные соединения, обеспечивающие протекание биохимических и физиологических процессов.

Регулируют интенсивность обмена веществ. Большинство витаминов синтезируются в растениях и микроорганизмах и являются незаменимыми соединениями в питании рыб.

Т а б л и ц а 12
Содержание и биодоступность аминокислот разных источников протеина, %
(по: Щербина, Гамыгин, 2006)

Показатели	Аргинин	Лейцин	Метионин	Изолейцин	Гистидин
Подсолнечниковый шрот					
Содержание	9,4	5,6	1,4	4,5	3,8
Доступность	86	78	75	76	72
Рыбная мука из мойвы ПС–Т					
Содержание	6,5	9	2,8	4,9	2,3
Доступность	94	92	95	92	93

Витамин В1 (тиамин) входит в состав ферментов, осуществляющих процесс декарбоксилирования, таким образом участвуя в углеводном обмене. При дефиците тиамин у рыб происходит нарушение равновесия, потемнение кожи, водянка брюшной полости, анемия.

Витамин В2 (рибофлавин) входит в состав ферментов, регулирующих окислительно-восстановительные процессы в организме, способствует образованию гликогена в печени, анаболизму и катаболизму жирных кислот. При дефиците рибофлавина отмечают кровоизлияния на коже, в плавниках и роговице, нарушение координации.

Витамин В3 (пантотеновая кислота) входит в состав ферментов, участвующих в окислении жирных кислот. Пантотеновая кислота поддерживает жировой обмен на оптимальном уровне, предотвращает жировое перерождение печени. При дефиците у рыб наблюдают разрастание эпителия жабр, появление на коже слизи, замедленные движения, анемию, дерматит, подкожные кровоизлияния.

Витамин В4 (холин) участвует в жировом обмене, входя в состав фосфолипида лецитина. Недостаток этого витамина проявля-

ется у рыб в нарушении пищеварения, работы почек, печени и поджелудочной железы.

Витамин В5 (никотиновая кислота, РР) выполняет функцию катализатора окислительно-восстановительных процессов. Его дефицит проявляется у рыб в виде изменения окраски тела, кровоизлияния на коже, патологии жабр. У лососевых рыб ярко проявляются светобоязнь, отеки кишечника.

Витамин В9 (фолиевая кислота) способствует нормализации гемопоеза, стимулирует рост эритроцитов и синтез гемоглобина, катализирует синтез белков, участвует в обмене холина и нуклеиновых кислот. Недостаток фолиевой кислоты приводит к анемии, потемнению окраски тела, ломкости хвостового плавника. Источником витамина являются дрожжи, шроты и жмыхи.

Витамин С (аскорбиновая кислота) регулирует белковый и углеводный обмены. Обладает антиоксидантным свойством, совместно с витамином Е и селеном сдерживает окисление в тканях. Особо остро организм рыб нуждается в витамине С на раннем этапе онтогенеза. Дефицит этого витамина вызывает патологические явления в позвоночнике, печени, почках, кишечнике. У лососевых недостаток этого витамина внешне проявляется в нарушении экстерьера – у рыб искривляется позвоночник, на жаберных крышках появляются беловатые пятна.

Витамин А (ретинол) играет важную роль в обмене веществ, функционировании органов зрения, ускоряет окислительно-восстановительные процессы в организме. Синтезируется и откладывается в печени. Дефицит проявляется в снижении скорости роста рыб, патологии наружных органов и тканей, ухудшении зрения. Высокий уровень витамина А в рыбьем жире и живых кормах.

Витамин D (кальциферол) принимает участие в фосфорно-кальциевом обмене, оказывает стимулирующее действие на железы внутренней секреции, обладает антирахитическим свойством. Накапливается в печени. При недостатке происходит нарушение костеобразования, особенно жаберных крышек. У лососевых вы-

сокие дозы этого витамина вызывают расстройство пищеварения. Высокая концентрация витамина D характерна для рыбьего жира.

Витамин E (токоферолы) играет роль в формировании клеточных мембран, синтезе РНК, способствует усвоению витамина А. У карпа дефицит обуславливает атрофию мышц и обводнение тканей, нарушает координацию движений. У форели недостаток этого витамина проявляется в пучеглазии, водянке, малокровии. При избытке витамина E происходит нарушение функции размножения. Источником витамина являются травяная мука (Витазар), растительные масла.

Потребности в витаминах видоспецифичны, изменяются в зависимости от возраста и состояния рыб (табл. 13).

Т а б л и ц а 13

**Потребности в витаминах разных видов рыб
(для продукционных кормов)**

Витамины	Карп	Форель	Осетровые
<i>Водорастворимые</i>			
В1 (тиамин), мг	20	15	15
В2 (рибофлавин), мг	20	35	30
В3 (пантотеновая кислота), мг	50	100	50
В4 (холин), мг	550	300	500
В5 (никотиновая кислота, РР), мг	100	440	175
В9 (фолиевая кислота), мг	5	6	5
В12 (цианкобаламин), мг	0,02	0,05	0,02
С (аскорбиновая кислота), мг	100	300	150
<i>Жирорастворимые</i>			
А (ретинол, аксерофтол), тыс. МЕ	5,5	13	7,5
Д (кальциферол), тыс. МЕ	1	2,5	3
Е (токоферол), мг	50	60	20

Минеральные вещества

Минеральные вещества выполняют в организме структурную функцию, являясь составной частью тканей; участвуют в обмене

веществ, находясь в составе ферментов, витаминов, гормонов и др. Значительную часть минеральных веществ рыбы получают из воды через жабры, кожу, слизистые покровы ротовой полости. Однако часто этого бывает недостаточно, особенно при индустриальном способе выращивания рыбы, и тогда их вводят дополнительно в корма (табл. 14).

Т а б л и ц а 14

Потребности рыб в некоторых макро- и микроэлементах

Элемент	Потребность, мг/сут. на 1 кг массы рыбы
Фосфор	20–600
Кальций	До 700
Магний	15–30
Железо	До 8
Цинк	До 5
Медь	До 0,3
Марганец	До 0,1
Кобальт	До 0,01
Йод	До 0,03
Селен	До 0,02

5.2. Типы кормов

Корма для рыб могут быть живыми, неживыми, моно- и многокомпонентными, неполно- и полнорационными, в зависимости от потребностей и возможностей рыбоводного хозяйства (рис. 5).

Неживые корма по физическим свойствам, определяемым в первую очередь способом их производства, могут быть гранулированными, экструдированными, рассыпными и пастообразными.

Комбикорма, в зависимости от возрастных особенностей пищевых потребностей объектов выращивания и их состояния, подразделяют на стартовые (для молоди), производственные (используемые для быстрого набора товарной массы рыб) и репродукционные

(используемые для получения качественных половых продуктов, в период подготовки рыб к нересту). Эффективный состав комбикормов видоспецифичен (табл. 15).



Рис. 5. Типы кормов для рыб

Таблица 15

Рекомендуемый состав кормов для некоторых объектов аквакультуры

Показатели	Стартовые		Производственные	
	Осетровые	Карповые	Осетровые	Карповые
Массовая доля сырого протеина, % не менее	50	45	38	32
Массовая доля сырого жира, % не менее	8	8	8	8
Массовая доля клетчатки, % не более	3	3	8	10
Массовая доля общей золы, % не более	12	12	15	15

5.3. Компоненты для производства комбикормов

Для производства кормов для рыб используют животные, растительные, микробные компоненты, минеральные вещества и специфические добавки.

Компоненты животного происхождения

Компоненты животного происхождения для производства кормов для рыб имеют наибольшую пищевую ценность, но при этом и относительно высокую стоимость.

Рыбная мука. Получают путем сушки и перемалывания целой рыбы или ее частей. Содержит до 65% протеина с полноценным аминокислотным составом. В жирах преобладают ненасыщенные жирные кислоты. Срок хранения от 2 до 6 мес. Вводят в корма 20–50%.

Мясокостная мука. Получают из отходов мясной промышленности. Содержит до 50% протеина, богатого аргинином и гистидином. В жирах преобладают насыщенные жирные кислоты. Срок хранения до 2 мес. Вводят в корма до 8%.

Кровяная мука. Получают из отходов мясной промышленности. Наиболее богата протеином (до 82%), но его биологическая ценность не высока, так как отличается низким содержанием глицина, метионина, изолейцина и аргинина. Вводят в корма до 15%. При использовании кровяной муки в корма необходимо добавлять кальций и фосфор.

Сухой обрат. Получают из отходов молочной промышленности. Содержит до 35% протеина, качество которого зависит от способа изготовления. Высокое качество протеина с низким уровнем цистина получают при распылительном методе сушки обрат. Корм долго хранится. Чаще используют при производстве стартовых комбикормов (до 3–10%).

Компоненты растительного происхождения

Компоненты растительного происхождения (зерна различных культур, шроты, жмыхи) как источник белков и жиров для производства кормов для рыб имеют меньшую пищевую ценность, чем компоненты животного происхождения, но при этом и относительно низкую стоимость. Растительную муку применяют и в качестве источника витаминов и микроэлементов.

Зерна злаковых культур. Это дешевый источник энергии, особенно для всеядных рыб. Содержат до 14% протеина с низким содержанием лизина и метионина. Жиров от 2 до 5%. Большое содержание клетчатки. Много фосфора (до 0,4%), витамина Е и тиамина, но мало кальция (0,1%), витаминов D, А и рибофлавина. В комбикорма для карпа включают до 60%, для форели – до 20%.

Зерна бобовых культур (сои, гороха, фасоли, чечевицы и др.). Богаты протеином (20–40%), но его биологическая ценность невысока. Содержание жиров до 12%. Витамин А имеется в зеленых бобах и горохе; в зрелом зерне его очень мало. Витамины группы В и Е встречаются в разных количествах, С и D – почти отсутствуют. Кроме того, бобовые содержат алкалоиды, негативное действие которых можно снизить пропариванием зерен. Бобовые культуры вводят в комбикорм, используемый для различных видов рыб, в количестве 3–15%.

Соевый шрот и жмых. Жмыхи образуются после отжима масла из семян масличных культур в процессе прессования, а шроты после экстракционного извлечения масла из семян. Шрот содержит до 43% протеина и около 1% жира. В жмыхе значительно больше жира (до 16%) и до 40% протеина. Содержат незаменимые аминокислоты, но имеют низкий уровень метионина. Кроме того, соевый шрот содержит ряд токсических веществ, в частности, ингибитор трипсина, который ухудшает переваривание пептидов, снижая ценность протеина. Шрот является плохим источником витаминов группы В, хорошим – кальция (до 5 г/кг) и фосфора (до 7 г/кг).

При производстве кормов для карпа соевый шрот или жмых вводят до 40% и более, для форели и сомов – до 30%.

Подсолнечниковый шрот и жмых. Шрот содержит до 38% протеина и около 4% жира. В жмыхе значительно больше жира (до 8%) и до 40% протеина. Недостатком является высокое содержание клетчатки (до 20%), приводящее к рыхлости, непрочности гранул и снижению переваримости и усвоения питательных веществ. Подсолнечниковые жмых и шрот более доступны и дешевы, чем соевые. При производстве кормов для карпа их вводят до 40%.

Арахисовый шрот. Богат легкоусвояемым протеином (до 45%) и жиром (до 10%), однако протеин дефицитен по содержанию лизина. Арахисовый шрот отличается высокими вкусовыми качествами, его вводят в корма до 20%.

Витазар. Жмых из зародыша пшеницы. Богат не только легкоусвояемым протеином (до 35%), но и жирами (до 12%), отличающимися высоким содержанием ненасыщенных жирных кислот. Высокий уровень кальция. Витазар имеет хорошие вкусовые качества, его вводят в корма до 50%.

Травяная мука. Содержит много витаминов, а также клетчатки. Плохо усваивается рыбой. В корма вводят до 5%.

Хвойная мука. Много витаминов и микроэлементов. В корма вводят до 5%.

Водорослевая мука. Много микроэлементов и витаминов, обладает хорошим связующим эффектом. В корма вводят до 3%.

Компоненты микробного происхождения

Компоненты микробного происхождения являются культурами различных бактерий и при производстве кормов для рыб служат хорошим источником протеина и витаминов, но бедны жирами.

Дрожжи кормовые. Выращивают на гидролизатах древесины и отходах сельхозпроизводства. Содержат до 45% протеина и до 3% жира. Богаты витаминами группы В, Е и Н, а также ферментами и

гормонами. Протеин дрожжей по биологической ценности не уступает кормам животного происхождения, а при кормлении молоди рыб на ранних стадиях онтогенеза превосходят их. Дрожжи вводят в производственные корма до 15–20%, в стартовые – до 35%.

Меприн. Candida spp. Выращивают на среде, содержащей метанол. Содержат до 61% протеина и до 3% жира.

Паприн. Candida spp. Выращивают на очищенных жидких парафинах. Содержат до 56% протеина и до 5% жира.

Эприн. Candida utilis. Выращивают на среде, содержащей этанол. Содержат до 61% протеина и до 3% жира.

Гаприн. Культуры метаноокисляющих бактерий. Выращивают на среде, содержащей природный газ. Содержат до 82% протеина и до 7% жира.

Специфические добавки для повышения скорости роста

При производстве кормов для рыб, особенно ориентированных на индустриальную аквакультуру, используют множество различных добавок, способствующих увеличению темпов роста объектов выращивания и препятствующих развитию заболеваний.

Ферментные препараты. Способствуют более полному усвоению питательных веществ: ротосубтилин усиливает протеолитическую активность кишечника; амилосубтилин – амилазную. При использовании ферментных препаратов затраты корма на единицу прироста рыб возможно уменьшить на 10–25%.

Гормональные препараты. Стероидные гормоны на 15–20% повышают скорость роста рыб. Особенно это актуально при использовании низкобелковых кормов.

Антибиотики. В малых дозах антибиотики (пенициллин, биомицин, фуразолидон) стимулируют рост и выживаемость рыб, компенсируют витаминную недостаточность, способствует улучшению минерального и белкового обменов. Большие дозы задерживают рост.

Аттрактанты

Рыбы требовательны к цвету, вкусу и запаху корма. Привлекательные корма быстрее поедаются и эффективнее используются. Пищевые предпочтения разных видов рыб отличаются. Так, для карпа важны форма и вкус, для форели – цвет, форма, для осетровых – запах, вкус и жесткость. Для усиления вкусовой привлекательности в корма добавляют различные вещества – аттрактанты, например инозин, глицин, бетаин.

Премиксы

Премиксы – смесь биологически активных веществ, витаминов, минералов, антиоксидантов, антибиотиков, вкусовых и красящих веществ и др. Разработано множество рецептур премиксов, ориентированных на выращивание разных видов рыб (табл. 16). Часто рецептуры премиксов являются ноу-хау компаний и защищены патентами.

Таблица 16
Рецептуры премиксов для кормов осетровых видов рыб,
разработанные ВНИИПРХ

Элементы	Ед. измерения	ПО-1	ВМП ПО-3
Витамины			
А	млн МЕ	0,75	1,7
Д	млн МЕ	0,35	0,35
Е	г/кг	10,00	1,0
С	г/кг	50,0	200
В1	г/кг	1,5	3,0
В2	г/кг	3,0	3,0
В3	г/кг	5,0	–
В4	г/кг	50,0	50,0
В5	г/кг	20,0	20,0
В6	г/кг	1,7	1,7
В12	г/кг	0,007	0,007
Фолиевая кислота	г/кг	0,5	0,5
Н	г/кг	0,3	0,3

Элементы	Ед. измерения	ПО-1	ВМП ПО-3
Минеральные вещества			
Медь	мг/кг	–	6,0
Марганец	мг/кг	–	20,0
Йод	мг/кг	–	1,0
Молибден	мг/кг	–	0,5
Селен	мг/кг	–	0,1
Кобальт	мг/кг	–	0,1
Прочие компоненты			
Сантохин	мг/кг	10	10
Пшеничная мука	г	до 1 000	до 1 000

5.4. Живые корма

Живые корма – отличный источник всех необходимых для нормального роста и развития веществ, однако их производство трудоемко, а потому дорого. Кроме того, затруднительно длительное хранение живых кормов, а потому их сложно использовать в промышленных условиях. Однако в некоторых случаях, особенно при необходимости кормления мелких личинок рыб, использование их оправданно.

Простейшие. Могут служить первичным кормом для самых мелких личинок рыб. Наиболее широко используют парамецию (*Paramecium caudatum*). Парамеция питается бактериями, микроводорослями и растворенным органическим веществом, поэтому ее выращивают в различных бактериальных, водорослевых и дрожжевых средах. Ее можно культивировать в различных емкостях, в том числе аппаратах Вейса. Продукция составляет 15–25 г/м³ в сутки.

Коловратки. Чаще используют 2 вида коловраток: *Brachionus calyciflorus* и *Bg. rubens*. Они питаются водорослями, их кормят хлопровой и дрожжами. Культивируют в бетонных бассейнах, садках из полиэтиленовой пленки и небольших прудах. Коловратки требовательны к свету, кроме того, при их выращивании необходимо обеспечить проточность (6–10 объемов в сутки), рН около 7,0, температура 27°C. Продукция коловраток составляет 20 г/м³ в сутки.

Ветвистоусые ракообразные. Наиболее часто используют *Dafnia*, *Moina*, *Ceriodafnia*, *Chydorus* и *Bosmina*. Питаются водорослями. Культивируют в бассейнах, сетчатых садках и небольших прудах. Продукция составляет 200–300 г/м³ в сутки.

Жаброногие ракообразные. Наиболее часто используют *Artemia salina*. Яйца заготавливают в соленых озерах. Инкубацию яиц осуществляют в аппаратах Вейса, используя соляной раствор концентрацией до 35 г/л, при температуре 25–30°C и освещенности люминесцентными лампами 1 000–2 000 лк. На 1 л рассола загружают 4–8 г сухих яиц. Выклюнувшихся науплиусов используют для кормления самой ранней молоди рыб. При хранении науплиусов в течение 1–2 суток артемия быстро растет и может быть недоступна для молоди рыб. Рачки достигают длины 18 мм и массы 6–8 мг.

Олигохеты. Чаще в качестве корма для рыб используют белого энхитрея (*Enchytraeus albidus*), который в природных условиях обитает в почве прибрежных участков пресных и солоноватых водоемов. Питается разлагающимся органическим веществом растительного или животного происхождения. В качестве корма используют отруби, картофель, кормовые дрожжи, овощи. Выращивают в специальных помещениях – олигохетниках, в деревянных ящиках, заполненных мягкой почвой, при температуре 16–18°C и влажности почвы 20–25%. С 1 м² грунта еженедельно можно получать до 400 г червей.

Хирономиды. Для кормления рыб используют личинок хирономид. Маточный рой хирономид содержат при температуре 20–22°C. Они откладывают яйца в кюветы, на 2–3 см заполненные водой. Кладки переносят в кюветы, заполненные слоем ила до 1,5 см, из расчета 100–150 кладок на 1 м². Для кормления хирономид используют дрожжи. Возможно получать до 35 г личинок хирономид с 1 м² в сутки.

5.5. Требования к качеству кормов

Качество кормов и методы их оценки регламентированы большим количеством различных нормативных документов, например:

ГОСТ Р 52346-2005. Комбикорма для рыб. Номенклатура показателей.

ГОСТ 13496.0-80. Комбикорма, сырье. Методы отбора проб.

ГОСТ 13496.2-91. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения сырой клетчатки.

ГОСТ 13496.3-92 (ИСО 6496-83). Комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения влаги.

ГОСТ 13496.4-93. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания азота и сырого протеина.

ГОСТ 13496.6-71. Комбикорм. Метод выделения микроскопических грибов.

ГОСТ 13496.15-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания сырого жира.

ГОСТ 26657-85. Корма, комбикорма. Методы определения фосфора.

ГОСТ 13496.21-87. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения лизина и триптофана.

ГОСТ 13496.22-90. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения цистина и метионина.

ГОСТ 26573.1-93. Премиксы. Методы определения витамина А.

ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора.

ГОСТ 28497-90. Комбикорма, сырье гранулированные. Методы определения крошимости.

ГОСТ 28758-97. Комбикорма гранулированные для рыб. Методы определения водостойкости.

ГОСТ Р 50817-95. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания сырого протеина, сырой клетчат-

ки, сырого жира и влаги применением спектроскопии в ближней инфракрасной области.

ГОСТ Р 51417-99 (ИСО 5983-97). Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Определение массовой доли азота и вычисление массовой доли сырого протеина.

ГОСТ Р 51848-2001. Продукция комбикормовая. Термины и определения.

ГОСТ Р 51850-2001. Продукция комбикормовая. Правила приемки. Упаковка, транспортирование и хранение.

ГОСТ Р 51899-2001. Комбикорма гранулированные. Общие технические условия.

Правила бактериологического исследования кормов, утв. ГУВ МСХ СССР 10.06.75.

Кроме того, для практического рыбоводства важны и интегральные оценки ценности кормов.

Кормовой коэффициент

Кормовой коэффициент – количество весовых единиц корма, которое должно быть съедено рыбой, чтобы получить ее прирост в тех же единицах. Например, кормовой коэффициент продукционного корма для форели Эфико Альфа (производство компании «BioMag») – 1,3, а Эфико Энвиرو (той же компании) – 1,02. Это означает, что для получения привеса форели в 100 кг ей нужно скормить или 130 кг Эфико Альфа, или 102 кг Эфико Энвиرو. Таким образом, количество необходимого Эфико Энвиرو меньше, но цена его существенно выше. Однако часто, особенно при индустриальном рыбоводстве, важна не столько цена корма, сколько стоимость полученного на нем привеса и время, за которое он получен. На более дорогом корме (с меньшим кормовым коэффициентом) рыба вырастет больше и будет расти быстрее, в итоге привес будет иметь меньшую стоимость, что повысит рентабельность хозяйства в целом.

Глава 6. РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МЕЛИОРАЦИЯ

6.1. Понятие рыбохозяйственной мелиорации

Мелиорация (лат. *melioratio* – улучшение) – комплекс организационно-хозяйственных и технических мероприятий по улучшению условий среды с целью повышения эффективности использования природных ресурсов для получения высокого и устойчивого выхода продукции. Задачами рыбохозяйственной мелиорации являются не только мероприятия, направленные на улучшение условий размножения и нагула промысловых видов рыб в водоемах, но и улучшение условий лова рыбы.

Согласно Федерального закона № 166 от 20.12.2004 г. «О рыболовстве и сохранении водных биологических ресурсов», рыбохозяйственной мелиорацией являются мероприятия по улучшению показателей гидрологического, гидрогеохимического, экологического состояния водных объектов в целях создания условий для сохранения и рационального использования водных биоресурсов, а также обеспечения производства продукции аквакультуры.

Рыбохозяйственная мелиорация широко применяется в прудовом и пастбищном рыбоводстве.

6.2. Типы рыбохозяйственной мелиорации

Мероприятия по рыбохозяйственной мелиорации по характеру воздействия подразделяют на коренные – приводящие к глубоким изменениям режима водоема, воздействие которых рассчитано на

длительный срок, и текущие – требующие систематического повторения. По способу воздействия выделяют техническую, химическую и биологическую мелиорации. Например, к техническим коренным мероприятиям можно отнести строительство гидротехнических сооружений и дноуглубление, а к техническим текущим – рыхлаение ложа водоема, удаление излишней водной растительности, аэрацию, расчистку тоневого участка. К коренным химическим мероприятиям по рыбохозяйственной мелиорации водоемов стоит отнести внесение ихтиоцидов, а к текущим – удобрение, известкование, обработку гербицидами. К коренным биологическим мероприятиям относится акклиматизация чужеродных гидробионтов, к текущим – посадка молоди рыб. Принципиальным является подразделение мероприятий в области рыбохозяйственной мелиорации по поставленным задачам:

- для улучшения воспроизводства гидробионтов;
- для улучшения нагула рыб;
- для обеспечения производства качественной рыбной продукции.

Рыбохозяйственная мелиорация для улучшения воспроизводства гидробионтов

Для успешного воспроизводства гидробионтов необходима среда, пригодная для нереста и раннего онтогенеза, а также обеспеченность молоди кормом. Соответственно, в зависимости от особенностей конкретного водоема, мероприятия по рыбохозяйственной мелиорации должны быть направлены на улучшение этих показателей:

Улучшение условий нереста: коренными мероприятиями могут быть планирование ложа водоема, которое обеспечивает достаточные площади мелководий, заблаговременный посев многолетних трав в местах будущих нерестилищ; текущими – установка искусственных нерестилищ.

Улучшение кормовой базы: коренным мероприятием может быть вселение кормовых организмов; текущими – рыхление ложа водоема, удобрение.

Рыбохозяйственная мелиорация для улучшения условий нагула рыб

Основными условиями успешного нагула рыб являются соответствующие физиологическим потребностям выращиваемых видов характеристики воды (газовый режим, гидрохимические показатели) и достаточная обеспеченность кормом. Соответственно, в зависимости от особенностей конкретного водоема, мероприятия по рыбохозяйственной мелиорации должны быть направлены на улучшение этих показателей.

Улучшение газового режима: коренными мероприятиями могут быть углубление водоема (за счет строительства гидротехнических сооружений и / или углубления водоема), усиление проточности, расчистка дна от иловых отложений; текущие мероприятия – удаление излишней водной растительности и иловых отложений, аэрация.

Улучшение гидрохимических показателей: коренными мероприятиями могут быть осушение водосборной территории, укрепление береговой линии; текущие мероприятия – известкование, удаление излишней водной растительности, аэрация.

Улучшение кормовой базы: коренным мероприятием может быть вселение кормовых организмов; текущими – рыхление ложа водоема, удобрение.

Рыбохозяйственная мелиорация для обеспечения производства качественной рыбопродукции

Эти мероприятия направлены на улучшение условий лова рыбы и борьбу с их заболеваниями.

Улучшение условий лова: коренными мероприятиями могут быть расчистка тоневых участков, зарегулирование стока; текущими – удаление излишней водной растительности на тоневых участках.

Борьба с заболеваниями рыб: коренными мероприятиями могут быть предотвращение попадания сорной рыбы (за счет устройства верховин), обработка ихтиоцидами; текущими – известкование, снижение численности животных, вовлеченных в жизненный цикл паразитов рыб.

6.3. Некоторые виды рыбохозяйственной мелиорации

Гидротехнические сооружения

Основной задачей гидротехнических сооружений в рыбоводном хозяйстве является регуляция уровенного режима водоемов и в большинстве случаев его повышение. Повышение уровня воды позволяет улучшить гидрологический режим водоема, снизить риск возникновения заморных явлений, увеличивает кормность водоема, ведет к увеличению выхода рыбопродукции, а возможность регулирования уровенного режима облегчает рыбохозяйственную эксплуатацию водоема. Например, естественная рыбопродуктивность озер Тюменской области до 65 кг/га, а в одамбированных прудах она может достигать 250 кг/га (Мухачев, 2004).

Оптимальные средние глубины для озер Западной Сибири и Зауралья для выращивания рыбы – 2,7–3,5 м (Мухачев, 2004). В Томской области практически половина озер не имеют достаточных глубин (Ростовцев и др., 2014).

Дноуглубительные работы

Дноуглубительные работы, как и строительство гидротехнических сооружений, служат для повышения уровня воды с целью

улучшения гидрологического режима водоема, снижения риска возникновения заморных явлений. Углубление части (10–15%) ложа мелководного водоема до 5–6 м существенно улучшает условия обитания рыб и позволяет повысить рентабельность рыботороварного хозяйства (Мухачев, 2004). Вместе с тем излишнее углубление, сопряженное с неровным выбором грунта со дна, без нивелировки ложа, приводит к ухудшению газового режима, дистрофии придонного слоя, обеднению бентофауны и снижению продукционных возможностей водоема. Величина оптимального углубления эвтрофных озер равна $5S$, где S – величина слоя прозрачности, определяемого по диску Секки в середине вегетационного сезона, в период массового развития фитопланктона (Насыров, Мухачев, 1988). Ниже этих глубин в водоеме формируется термоклин и нарушается газовый режим. Величина слоя прозрачности для большинства озер на территории юга Западной Сибири составляет 1 м, следовательно, дноуглубление рыбохозяйственных водоемов больше 5–6 м нецелесообразно.

Борьба с излишними иловыми отложениями

За год в водоемах, в которых выращивают рыбу, оседает слой ила толщиной 3,0–5,5 см. Источником ила являются органические вещества, которые попадают в водоем с водосборной площади, образуются за счет отмирающих растений, зоопланктонных и бентосных организмов, а также продукты жизнедеятельности рыб и остатки корма. Ил является важной составляющей водной экосистемы, однако его накопление свыше 30 см ведет к ухудшению газового режима, возрастанию кислотности воды и, соответственно, уменьшению продуктивности водоема. Для профилактики излишнего илонакопления необходимо принимать меры к уменьшению поступления грунта с водосборной территории (опахивать и засеивать склоны, одамбировать пруды). Во время летования (при использовании технологии рыбосевооборота) происходит минера-

лизация илов, что положительным образом сказывается на продуктивности водоемов. Однако иногда приходится прибегать к механической очистке ложа водоема от излишних иловых отложений с использованием специализированной техники.

Борьба с излишней зарастаемостью водоемов высшей водной растительностью

Водные растения – важная составляющая экосистемы водоема. Они служат местом развития кормовой базы рыб, субстратом для икротетания, убежищем для молоди рыб, источником кислорода, могут быть непосредственно кормом для рыб, являются способом укрепления берегов. Однако сильное зарастание водоемов (более 20% площади) ухудшает термальный и газовый режим, а также затрудняет отлов рыбы. Для профилактики излишнего зарастания рыбохозяйственных водоемов высшей водной растительностью повышают уровень воды, проводят зарыбление растительоядными видами рыб, в первую очередь белым амуром. Часто используют механическую очистку водоема путем скашивания жесткой растительности косилками различных модификаций и удаления мягкой растительности с помощью буксируемых граблей, скребков и тросов. Иногда растительность из водоема приходится удалять несколько раз в течение вегетационного сезона.

Аэрация водоемов

Уровень содержания растворенного в воде кислорода должен быть достаточен для нормального протекания физиологических процессов в организме рыб. Его недостаток вызывает гипоксию – состояние кислородного голодания как всего организма в целом, так и отдельных органов и тканей. Разные виды гидробионтов характеризуются разными потребностями в кислороде, устойчивость рыб к его низкому содержанию видоспецифична, а границы толе-

рантности зависят от возраста организма и изменяются по мере его роста и развития. При снижении уровня растворенного в воде кислорода ниже допустимых границ для гидробионтов, возникает замор – массовая гибель водных организмов вследствие возникшего дефицита растворенного в воде кислорода. Замор может быть как в зимний, так и летний период. Зимой снижение концентрации кислорода в воде начинается сразу после ледостава. В декабре–январе среднесуточная скорость падения содержания кислорода в воде повышается с 0,05 до 0,15–0,17 мг/л. В летний период снижение содержания кислорода происходит ночью, когда прекращается фотосинтетическая активность водорослей. Для профилактики падения уровня растворенного кислорода в водоеме ниже критических значений применяют аэраторы – устройства для обогащения воды кислородом за счет контакта воды с воздухом. В критической ситуации для экстренного повышения концентрации кислорода в воде иногда используют химические реагенты:



Рыхление донных отложений

Рыхление донных отложений для поддержания рыбопродуктивности водоемов применяют с XIX в. За счет рыхления повышается концентрация в воде биогенных элементов – азота и фосфора – из-за поступления их из взмученных илов. Показано, что после рыхления концентрация аммонийного азота и органического фосфора возрастает в 3–4 раза (Мухачев, 2004), что ведет к увеличению биомассы кормовых организмов и, соответственно, повышению продуктивности водоемов. Рыхление производят в дневное время, с использо-

ванием подводных агрегатов различных конструкций, тросов, желательна на глубину до 20 см. Данный вид мелиоративных работ может быть рекомендован для многих водоемов Томской области.

Борьба с нежелательными животными компонентами биоценоза

В водоемах, используемых для выращивания определенных видов рыб, нежелательно присутствие иных видов, поскольку это может привести к снижению продуктивности водоема за счет пищевой конкуренции. Наличие в водоеме хищников (не только рыб, но и различных крупных насекомых) ведет к снижению численности молоди культивируемых видов рыб. Для борьбы с нежелательными компонентами биоценоза чаще всего устанавливают заградительные решетки (рыбоуловители) на водоподающей системе, препятствующие попаданию хищной и сорной рыбы в рыбоводный водоем; проводят тотальный облов и используют летование.

6.4. Удобрение водоемов

Удобрение водоемов является одним из наиболее действенных средств и широко используемых способов повышения рыбопродуктивности за счет стимуляции развития первичных звеньев пищевой цепи, в результате чего обеспечивается рост естественной кормовой базы выращиваемых рыб.

Виды удобрений рыбохозяйственных водоемов

Для интенсивного фотосинтеза растениям необходимы различные питательные вещества, но особую роль играют азот, фосфор, а также калий, в связи с чем наиболее распространенные удобрения призваны компенсировать недостаток именно этих элементов. В рыбоводстве используют минеральные и органические удобрения.

Минеральные удобрения содержат известное количество биогенных элементов, поэтому их дозировка и влияние могут быть рассчитаны достаточно точно.

Фосфор входит в состав клеточной стенки фито- и бактериопланктона, в состав сложных белков, участвующих в процессе деления клеточного ядра. Считается, что внесение 1 кг P_2O_5 обеспечивает 1 кг добавочного прироста карпа. Наиболее распространены фосфорные удобрения:

– Суперфосфат – смесь $Ca(H_2PO_4)_2 \times H_2O$ и $CaSO_4$. Получают из фосфоритов (осадочная горная порода). Содержит гипс и другие примеси, в том числе фтор (1,5–3%) и кадмий (2–3%). Простой суперфосфат содержит 14–19,5% усваиваемого P_2O_5 . Двойной суперфосфат содержит 35–48% усваиваемого P_2O_5 .

– Томашлак – $Ca_3(PO_4)_2 \times CaO$ – продукт взаимодействия оксида фосфора P_2O_5 с известью CaO . Является отходом металлургического производства. Образуется при переработке чугуна с большим содержанием фосфора в техническое железо. Применяют в виде тонко размолотого порошка в водоемах с кислой реакцией среды, где он нейтрализует избыток кислот и одновременно обогащает воду фосфором. Содержит около 14% усваиваемого растениями P_2O_5 .

– Преципитат – $CaHPO_4 \times 2H_2O$. Получают нейтрализацией фосфорной кислоты раствором гидроксида кальция. Характеризуется высокой концентрацией P_2O_5 , уменьшает кислотность воды. Есть два сорта преципитата: 1-й содержит не менее 31% P_2O_5 , 2-й – 27% P_2O_5 .

Азот является составной частью растительных протеинов, ДНК, хлорофилла, энзимов и др. Азотные удобрения получают главным образом из синтетического аммиака. Различают аммиачные (содержат азот в аммиачной (аммонийной) форме NH_4^+ . Хорошо растворимы в воде, их азот быстро усваивается растениями); амидные (содержат азот в амидной форме NH_2^-) и нитратные (содержат азот в нитратной форме NO_3^-). Сдвигают реакцию почвы от

кислой к нейтральной. Хорошо растворимы в воде) азотные удобрения. Считается, что внесение 1 кг чистого азота обеспечивает 0,8 кг добавочного прироста карпа. Наиболее распространенные азотные удобрения:

– Сульфат аммония (*аммоний сернокислый*), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – аммонийная соль серной кислоты. Бесцветные прозрачные кристаллы или белый порошок без запаха. Является аммиачным удобрением. Получают действием серной кислоты на раствор аммиака и обменными реакциями с другими солями. Токсичность сульфата аммония очень низкая. Содержит 21% азота и 24% серы. Подкисляет воду.

– Нитрат аммония (аммонийная (аммиачная) селитра), (NH_4NO_3) – соль азотной кислоты. Белый кристаллический порошок. Является аммиачным удобрением. Получают синтезом безводного аммиака и концентрированной азотной кислоты. Это высокоэффективное удобрение, содержит около 34–35% азота. Повышает кислотность воды.

– Мочевина (*карбамид*), $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ – диамид угольной кислоты. Белые кристаллы, растворимые в полярных растворителях воде, этаноле. Является амидным удобрением. Получают синтезом аммиака и углекислого газа. Самое концентрированное азотное удобрение – содержание азота 46%. Карбамид не имеет балластных элементов, поэтому безопасен для окружающей среды. При растворении переходит в аммиачную форму, хорошо усваиваемую фитопланктоном. По производству и применению занимает 2-е место среди азотных удобрений, после аммиачной селитры.

– Нитрат натрия (*азотнокислый натрий, натриевая селитра, чилийская селитра*), NaNO_3 – натриевая соль азотной кислоты. Бесцветные прозрачные кристаллы без запаха. Вкус – резкий солёный. Является нитратным удобрением. Получают из природных залежей выщелачиванием горячей водой и кристаллизацией; абсорбцией раствором соды окислов азота. Содержит 16% азота.

Калий участвует в обменных процессах, влияет на интенсивность фотосинтеза, окислительных процессов и образование органических

кислот в растениях, участвует в углеводном и азотном обмене. Сырьём для калийных удобрений служат калийные руды: силвинит, лангбейнит, шенит. Наиболее распространенные калийные удобрения:

– Калий сернокислый (*сульфат калия*), K_2SO_4 . Бесцветный кристаллический порошок, с горько-соленым вкусом. Содержит до 50% калия. Дает эффект при внесении в пруды с супесчаными и суглинистыми почвами и низким развитием макрофитов.

– Калий хлористый (*хлорид калия*), KCl . Белое кристаллическое вещество, легко растворяется в воде. Содержит до 55% калия. Содержание большого количества хлора делает его малопривлекательным для использования в рыбоводстве.

В рыбоводстве, как правило, используют различные сочетания удобрений. Пропорция азота и фосфора должны быть от 4 : 1 до 8 : 1, что зависит от условий конкретного водоема (табл. 17).

Т а б л и ц а 17

Нормы внесения минеральных удобрений в озера, кг/га (по: Мухачев, 2004)

Тип водоема	Фосфорные		Азотные	
	Суперфосфат		Аммиачная селитра	Сульфат аммония
	Простой	Двойной		
Олиготрофный	30	15	50	85
Мезотрофный	20	10	25	42
Эвтрофный	15	7	20	30

Комплексные удобрения, широко применяемые в растениеводстве, в рыбоводстве применяют реже, поскольку в них соотношение азота и фосфора не всегда оптимально для рыбоводного водоема. Наиболее часто используют:

– Аммофос (*Фосфорнокислый аммоний*) – состоит из моноаммонийфосфата $NH_4H_2PO_4$ и диаммонийфосфата $(NH_4)_2HPO_4$. Содержит около 9–12% N и до 52% P_2O_5 . Это высококонцентрированное удобрение, содержащее азот и фосфор в хорошо усвояемой водорастворимой форме. 1 ц аммофоса заменяет не менее 2,5 ц простого суперфосфата и 0,35 ц аммиачной селитры.

– Гидрофосфат аммония (*диаммонийфосфат, диаммофос*) – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$. Содержит около 21–22% N и до 50% P_2O_5 . Водорастворимые гранулы серого и белого цвета. Диаммофос негигроскопичен, не пылит и не слеживается.

– Нитроаммофоска – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{KCl}$. Содержит азот, фосфор и калий. В зависимости от марки их соотношение меняется (N : P : K): 16 : 16 : 16; 10 : 26 : 26; 17 : 1 : 28; 19 : 4 : 19; 20 : 4 : 20; 20 : 10 : 10; 22 : 5 : 12; 25 : 5 : 5; 27 : 6 : 6 и др. Выпускается в форме гранул серого цвета.

Органические удобрения многокомпонентны, их химический состав зависит от множества факторов, поэтому их дозировка и влияние не могут быть определены достаточно точно. Кроме того, нежелательно использовать органические удобрения в водоемах, неблагополучных по эпизоотиям или имеющих мощный иловый слой. Наиболее часто используются органические удобрения:

– Навоз. Используют преимущественно перепревший свиной и птичий навоз. Применяют при низкой зарастаемости водоемов макрофитами. Вносят до 5 000 кг/га.

– Компост. Применяют предварительно измельченный и разведенный водой компост 3 000–3 500 л/га.

– Зеленые удобрения. Применяют в виде засева во время летования, а также скошенные водные и наземные растения. Лучше луговые травы, в первую очередь бобовые. В заиленные пруды с низким содержанием O_2 вносят не более 2 т/га. В проточные пруды с песчаным дном – до 4 т/га.

Удобрительный коэффициент

Количество внесенного в водоем удобрения, которое способствует развитию кормовой базы, а затем при ее потреблении получению 1 кг рыбы, называется удобрительным коэффициентом. Удобрительные коэффициенты: зеленой растительности – 50, навоза – 40, птичьего помета – 25, азотно-фосфорных удобрений – 3–5.

Основные правила удобрения водоемов

Минеральные удобрения вносят в водоем в растворенном виде.

Удобрения вносят при прогреве воды выше 14°C.

Удобрения следует вносить в солнечную погоду, в первой половине дня.

Рассчитанное количество удобрения вносят в 2–3 приема за сезон.

Первый раз удобрения вносят за 7–10 дней до зарыбления.

Рекомендуется одновременное внесение азотных и фосфорных удобрений.

Эффективность удобрения выше в нейтральной и слабощелочной среде.

Глава 7. РАЗВЕДЕНИЕ РЫБ

Для осуществления товарного выращивания рыб необходимо решить вопрос о получении ее молоди. Некоторые хозяйства (полносистемные) производят ее сами, от содержащегося в хозяйстве племенного стада, другие (неполносистемные) – закупают в рыбопитомниках (хозяйствах, специализирующихся на получении молоди).

Молодь рыб, вселяемую в водоем (или помещаемую в садки, бассейны) с целью выращивания, называют *рыбопосадочным* (рыбоводным посадочным) материалом. В практическом рыбоводстве используют молодь разного возраста, в зависимости от вида объекта выращивания и поставленных задач. Так, при зарыблении водоемов, например пелядью, чаще всего используют личинок, что обусловлено, с одной стороны, сложностью подращивания молоди в условиях рыбопитомников, с другой стороны, возможностью набора товарной массы данным видом в озерах за один сезон. Для зарыбления водоемов Сибири растительными видами рыб (белый амур, толстолобик) чаще всего используют годовиков (а лучше двухгодовиков), что обусловлено невозможностью набора товарного веса за первый вегетационный сезон и проблематичностью зимовки в естественных водоемах.

Рыбопосадочный материал возможно получать путем естественного нереста рыб или в искусственных условиях (заводским способом). Технология естественного нереста проще и менее затратна, поскольку не предполагает использования специфического оборудования, однако при заводском способе получения молоди существенно выше ее выход и, соответственно, меньше потребность в производителях, можно регулировать сроки получения рыбопосадочного материала и больше возможностей для селекционной работы.

7.1. Производители

В рыбоводстве *производителями* называют половозрелых особей одного вида рыб обоего пола, от которых планируют получить потомство. Производители могут быть дикими (отловленными в дикой природе) и племенными (содержащимися в хозяйстве). Так, если хотят получить молодь щуки, то производителей чаще отлавливают в естественных водоемах. Племенных производителей используют при разведении карпа, форели, толстолобиков и белого амура. Для получения молоди осетровых и сиговых (муксун, пелядь, нельма) видов рыб используют как диких производителей, так и племенных.

Дикие производители

Заготовку диких производителей осуществляют в местах и в сроки воспроизводства и (или) нерестового хода рыб, планируемых к разведению. Так, в бассейне Средней Оби заготовку производителей щуки осуществляют в апреле, стерляди – в мае, нельмы – в августе–сентябре, пеляди и муксуна – в сентябре–октябре. Важно помнить, что обычное рыболовство в местах и в сроки естественного воспроизводства рыб запрещено Правилами рыболовства, поэтому для осуществления лова производителей необходимо оформлять соответствующие разрешительные документы на рыболовство в целях аквакультуры на основании программы выполнения работ при осуществлении рыболовства в целях рыбоводства и воспроизводства водных биологических ресурсов.

Для получения молоди от диких производителей рыб отлавливают, какое-то время выдерживают в садках или бассейнах, после чего получают половые продукты, оплодотворяют икру и инкубируют ее в местах отлова или транспортируют оплодотворенную икру в инкубационные цеха.

Племенные производители

В соответствии с Федеральным законом № 123 от 03.08.1995 г. «О племенном животноводстве», *племенным* является животное (в том числе рыбы), имеющее документально подтвержденное происхождение, используемое для воспроизводства определенной породы и зарегистрированное в установленном порядке. *Ремонтно-маточным стадом*, в соответствии с Федеральным законом № 148 от 02.07.2013 г. «Об аквакультуре», называют разновозрастные группы объектов аквакультуры, используемые для селекционных целей, целей воспроизводства объектов аквакультуры с высокими племенными и продуктивными качествами. Ремонтно-маточные стада рыб подлежат регистрации.

Рыбы как объект селекции

Рыбы являются очень удобным объектом для селекции, чему способствует их высокая плодовитость, наружное оплодотворение и быстрое наступление половой зрелости. Основными направлениями селекции рыб являются задачи по увеличению скорости роста, повышению устойчивости к неблагоприятным факторам среды и заболеваниям, а также по улучшению качества мяса рыб.

Важным мероприятием в селекционной работе является *бонитировка* – обследование рыб с целью определения их племенных качеств. При бонитировке производителей осматривают, оценивают экстерьерные признаки, в том числе выраженность вторичных половых признаков, определяют *коэффициент упитанности* (вес рыбы, приведенный к ее длине). При бонитировке обязательно учитывают продуктивность каждого производителя и качество полученного от него потомства. В результате каждый производитель получает определенный балл, позволяющий отнести его к какому-либо классу. В дальнейшем подбор производителей для получения потомства обычно производят по принципу «лучший к лучшему».

7.2. Получение рыбопосадочного материала путем естественного нереста

Путем естественного нереста традиционно получают молодь карпа. Для этого используют нерестовые пруды. Это небольшие по площади водоемы, с площадью до 1 га и глубиной до 1 м. Непременным условием успешного нереста карпа является обширная площадь мелководий (с глубинами не более 0,5 м) – не менее 50% площади пруда. Нерестовые пруды размещают на незаболоченных, хорошо прогреваемых солнцем участках, покрытых луговой растительностью. Эффективным является устройство искусственных нерестилищ в нерестовых прудах. Перед заполнением нерестовые пруды тщательно готовят – ложе пруда очищают от мусора, в том числе от отмершей растительности, что важно, поскольку гниющие растительные остатки могут существенно ухудшить газовый режим; ложе пруда дезинфицируют, для чего, чаще всего, проводят обработку негашеной известью; удобряют; боронуют; засевают мягкими луговыми растениями; расчищают осушительные каналы, проводят ревизию рыбоуловителей; устанавливают в прудах искусственные нерестилища.

За 1–2 дня до посадки производителей на нерест пруды заполняют водой. Нерест начинается при температуре воды 17–18°C. Производителей на нерест помещают «гнездами» (1 самка и 2 самца), из расчета 2 гнезда на 0,1 га нерестового пруда. Нерест обычно происходит в утренние часы, на мелководьях, и хорошо заметен по повышенной активности рыб. Отложенная самкой икра оплодотворяется молоками самцов и прилипает к водным растениям, на которых впоследствии и развивается. Оценку качества отложенной икры проводят через 3–5 часов после нереста, путем просматривания под биноклем. Обычно процент развивающейся икры составляет около 80%.

Нерест продолжается 1–2 дня. После нереста производителей отлавливают ловушками, чтобы не повредить икру. Инкубация продолжается 3–10 суток, в зависимости от температуры воды.

Путем естественного нереста также получают молодь щуки.

7.3. Получение рыбопосадочного материала заводским способом

Методы стимулирования полового созревания рыб

Экологический. Заключается в создании условий (течение, температура, длительность светового дня и др.), близких к естественным. Позволяет получать половые продукты на 2–3 месяца раньше, чем в естественных условиях. Используют для осетровых, сиговых, лососевых и реофильных карповых.

Физиологический. Заключается в стимуляции созревания путем введения гонадотропных препаратов. В современной рыбодводной практике используют суспензию гипофиза рыб, а также синтетические препараты сурфагон, нерестин. На необходимую дозу и сроки созревания после инъекций влияют начальная стадия зрелости производителей и температура воды. Разработаны различные схемы стимулирования производителей разных видов рыб. Данный метод стимулирования производителей позволяет получать половые продукты практически в любое время года. Используют для большинства видов рыб.

Получение икры

Получение половых продуктов лучше проводить в помещении, чтобы избежать попадания на икру атмосферных осадков и прямых солнечных лучей. Температура воздуха в помещении должна быть не более чем на 2–3°C выше температуры воды, в которой содержались производители. Посуда, в которую будет помещена икра или сперма, должна быть химически неактивной (чаще всего используют эмалированные тазы), целой (без сколов) и абсолютно сухой. Для избежания попадания воды на половые продукты производителей обязательно тщательно обтирают. Качественно собранные половые продукты однотонные, однородные, без примеси слизи, крови, икра одноразмерная, с мягкой оболочкой.

Половые продукты возможно получать отцеживанием, вскрытием и надрезанием.

Метод сцеживания. Используют для получения икры карпа, сиговых, лососевых. У созревших производителей основной объем половых продуктов легко вытекает без сдавливания, при небольшом изгибании тела. При необходимости, возможно легкое массажирование брюшка рыбы от головы к половому отверстию. Рыбу следует держать у края посуды, чтобы икра «стекала» на дно, а не падала, во избежание ее травмирования.

Метод вскрытия. Использовали преимущественно для получения икры осетровых видов рыб, поскольку из-за особенностей строения яйцевода икру невозможно получить простым сцеживанием. Предварительно умерщвленную рыбу обескровливали, обмывали, обтирали, после чего через большой разрез извлекали икру. В настоящее время данный метод используют крайне редко в связи со сложностью поимки диких производителей, длительным периодом полового созревания и, самое главное, разработкой способа прижизненного получения половых продуктов путем надрезания.

Метод надрезания. Хорошо отработаны и используются преимущественно два способа прижизненного получения икры осетровых видов рыб: метод И.А. Бурцева (предусматривающий небольшой разрез на брюшной стенке рыбы для извлечения икры, с последующим зашиванием этого отверстия) и метод С.Б. Подушки (предусматривающий выполнение небольшого, под определенным углом, надреза яйцевода с последующим сцеживанием икры). Оба метода позволяют сохранить производителей, способных через 1–3 года снова дать половые продукты, однако требуют высокой квалификации персонала рыбоводного предприятия.

Получение спермы

Одновременно с получением икры производят получение спермы. Как правило, ее сцеживают в небольшие емкости (пробирки,

стаканчики), которые, как и емкости под икру, должны быть абсолютно сухими. Концентрация спермиев в единице объема спермы различна у разных видов рыб. Продолжительность активности спермиев после попадания в воду также видоспецифична: у пеляди составляет до 65 секунд, а у щуки – до 4 минут (Мухачев, 2004). Без воды спермии сохраняют неподвижность, что дает возможность рыбоведам подготовиться к оплодотворению икры.

Осеменение икры

Осеменение осуществляют путем смешивания икры и спермы. Важно проводить осеменение при температуре, близкой к той, при которой содержались производители. Обычно стараются икру от двух-трех самок осеменять предварительно смешанной спермой трех-пяти самцов. Важно не помещать в одну емкость слишком большой объем икры, поскольку это может существенно снизить качество оплодотворения. Лучшие результаты дает осеменение зрелой икры сразу после ее получения. Используют несколько способов осеменения икры.

«Мокрый» способ. Заключается в одновременном добавлении в емкость с водой икры и спермы. Эта первая изобретенная технология искусственного оплодотворения икры рыб была предложена в середине XVIII в. немецким рыбоводом Стефаном Якоби. В настоящее время используют для осеменения икры некоторых карповых видов рыб.

Сухой (русский) способ. Заключается в предварительном смешивании икры и спермы, с последующим добавлением воды. Метод разработан русским рыбоводом В.П. Врасским в середине XIX в. Используют для осеменения икры сиговых, карповых и лососевых видов рыб.

Полусухой способ. Предварительно разведенную водой сперму смешивают с икрой. Используют для осеменения икры осетровых видов рыб.

Обесклеивание икры

После оплодотворения и попадания в воду в икре начинаются различные биохимические процессы, в природе обеспечивающие ее нормальное развитие. Например, икра многих видов рыб приобретает клейкость, в естественных условиях необходимую для прикрепления икринок к различному субстрату для обеспечения ее покоя во время развития. Однако при искусственной инкубации клейкость икры является нежелательным свойством, поскольку вызывает образование комков (икринки прилипают друг к другу), что существенно ухудшает газовый режим инкубации и ведет к значительному отходу. Поэтому в практике получения рыбопосадочного материала заводским способом применяют обесклеивание икры. Его проводят путем добавления в осемененную икру различных веществ, обеспечивающих устранение клейкости, с последующим (продолжительным) перемешиванием. Обесклеивание возможно проводить или вручную, перемешивая икру пером птиц, или в инкубационных аппаратах, например в аппарате Вейса. Разработаны различные схемы обесклеивания икры разных видов рыб. Основные используемые вещества и особенности обесклеивания приведены в табл. 18.

Т а б л и ц а 18

Методы обесклеивания икры

Объекты разведения	Используемые вещества	Особенности технологии
Осетровые	Мел, тальк, голубая глина, речной ил	Вручную или в аппаратах. 40–60 мин.
Лососевые	Вода	Вручную. 20–30 мин.
Сиговые	Мел, тальк, молоко	Вручную. 20–30 мин.
Карповые	Мел, тальк, ил, растительное масло	В аппаратах. 30–40 мин.

После обесклеивания икру необходимо тщательно промыть водой.

Учет икры

После оплодотворения необходимо произвести учет полученной икры. В рыбоводном хозяйстве обычно используют объемный или весовой метод. Важно помнить, что для повышения точности учета полученной икры необходимо производить не менее трех повторностей просчета.

Объемный метод. Для учета икры объемным методом используют мерные емкости с сетчатым дном. Просчитывают количество икры в одной определенной емкости, после чего производят пересчет на весь объем полученной икры.

Весовой метод. Для учета икры весовым методом взвешивают весь объем полученной икры и берут навеску (мелкая икра – навеска 0,2–0,4 г, средняя – 1–3 г, крупная – 10–20 г). Количество икринок в навеске пересчитывают, после чего производят пересчет на всю массу полученной икры.

Методы инкубации икры

Известны заводской и внезаводской методы инкубации икры.

Внезаводской метод. Впервые был применен в начале XV в. аббатом Реомского монастыря Пеншоном для инкубации икры форели. Заключается в инкубации икры в специальных устройствах (аппаратах), установленных в естественных водоемах. Наиболее известными являются аппараты Чаликова, Жуковского, Сес-Грина. Конструкции этих устройств, как и способы их установки, различны, но в общем виде они представляют собой сетчатые ящики, в которых обеспечена хорошая аэрация икры при инкубации и сохраняется молодь после выклева. В настоящее время внезаводской метод инкубации икры используют редко.

Заводской метод. На рыбоводных предприятиях используют инкубационные аппараты различного типа, обеспечивающие разное положение икры во время эмбрионального развития (рис. 7).

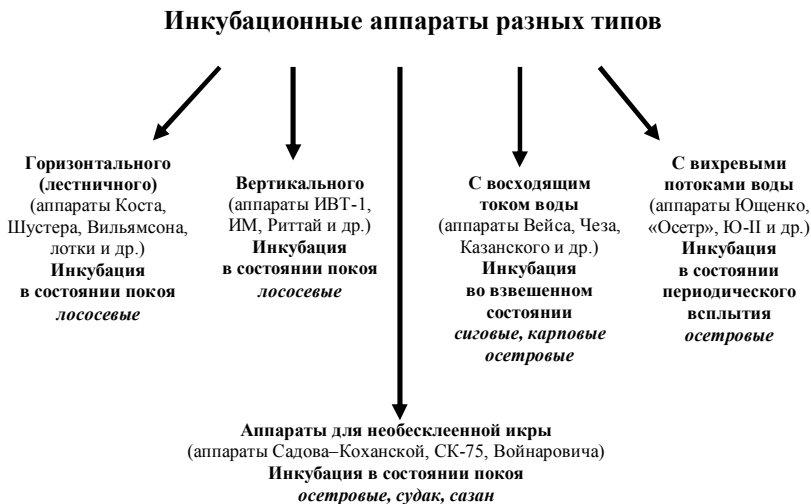


Рис. 7. Типы аппаратов для инкубации икры рыб

Разнообразие аппаратов обусловлено продолжающимся поиском рыбоведами и инженерами технологий и конструкций, которые могли бы обеспечить оптимальные условия инкубации икры разных видов рыб, при этом были бы просты в обращении и долговечны. В настоящее время наиболее распространенными являются аппараты Вейса, представляющие собой стеклянные (или пластиковые) цилиндры, зауженные книзу. Объем аппарата обычно 8 л, хотя в настоящее время их выпускают как большего, так и меньшего объема. Через нижнее отверстие под небольшим напором подается вода, обеспечивающая взвешенное состояние и постоянное перемешивание икры. Слив воды происходит через верх аппарата. Обычно колбы монтируют на стойках по несколько штук, что облегчает их обслуживание.

Необходимо тщательно продезинфицировать инкубационные аппараты перед закладкой в них икры. Для этого используют раствор формалина и малахитового зеленого. После обработки аппараты обязательно промывают чистой водой. Перед закладкой икры

ее также целесообразно продезинфицировать. Для этого используют перекись водорода (500 мг/л, в течение 15 мин.) или 0,2–0,5-процентный раствор формалина (в течение 1 мин.).

Уход за икрой во время инкубации

Для инкубации икры следует использовать чистую воду надлежащего качества. При этом необходимо обеспечить температурный, кислородный и световой режим, близкий к оптимальному для икры инкубируемого вида рыб. Уход за икрой заключается в контроле заданных режимов, а также в отборе погибшей икры. Следует помнить, что во время инкубации икры есть так называемые критические периоды – стадии эмбрионального развития, во время прохождения которых икра наиболее чувствительна к неблагоприятным условиям среды (табл. 19).

Т а б л и ц а 19

Критические периоды развития икры (по: Мухачев, 2004)

Икра	Критические стадии эмбрионального развития
Осетровых	От начала дробления до ранней гастрюляции, в начале роста хвостового отдела, перед выклевом
Карповых	От начала дробления до ранней гастрюляции, перед выклевом
Щуки	Гастрюляция
Сиговых	Конец дробления и закладка осевых органов

В эти периоды весьма нежелательно осуществлять транспортировку икры.

При массовом развитии сапролегниоза икру можно обработать малахитовым зеленым в разведении 1 : 200 000 в течение 50 мин. с интервалом 3 дня.

Особенности инкубации икры разных видов рыб

Особенности инкубации икры разных видов рыб связаны с особенностями их естественного воспроизводства. Например, икра

сиговых видов рыб (муксун, нельма, пелядь), являющихся осенне-нерестующими, инкубируется продолжительный срок при низких температурах, а икра толстолобиков развивается 1–1,5 суток, при этом требует большего расхода воды в начале инкубации. Существует зависимость скорости развития икры от температуры: чем выше температура, тем быстрее происходит развитие. Однако следует учитывать, что есть видоспецифичные границы нормальных температур, за пределами которых икра либо не развивается, либо у выклюнувшихся личинок наблюдается большое количество отклонений в развитии.

Для анализа продолжительности развития икры используют понятие «градусо-дни» – произведение среднесуточной температуры воды на число дней развития икры. По сути, это сумма тепла, необходимого для развития молоди до выклева. Однако эта характеристика также непостоянна. Так, у карпа развитие может длиться от 54 до 126 градусо-дней, хотя более характерным является от 60 до 80. Особенности инкубации икры некоторых видов рыб приведены в табл. 20.

Т а б л и ц а 20

Особенности инкубации икры некоторых видов рыб

Виды рыб	Температура инкубации, °С	Продолжительность эмбриогенеза, сут.	Градусо-дни	Содержание кислорода, мг/л	Расход воды, л/мин.
Щука	8–9	7–14	80–110	Не менее 8	В начале 1, после набухания 1,5–2
Осетр сибирский	14–18	5–9	110–145	Не менее 7–9	В начале 2,3–2,5, в конце до 5,5–6,0
Стерлядь	13–15	5–7	85–110		
Пелядь	0,2–0,8	180–195	145–185	Не менее 7–8	В начале 2,2–2,4, в конце до 3,1

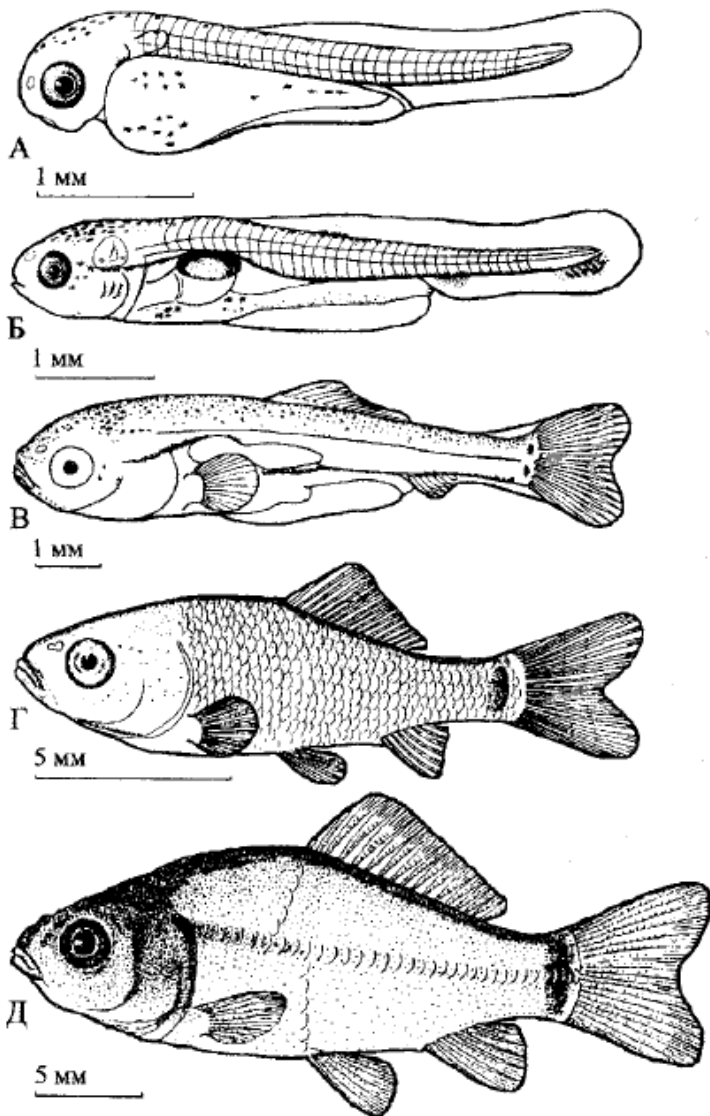


Рис. 8. Молодь золотого карася *Carassius carassius* (по: Дмитриева, 1957):
А – предличинка; Б – ранняя личинка; В – поздняя личинка;
Г – малек; Д – сеголеток

После выклева молодь рыб проходит несколько стадий развития. *Предличинка* – свободный эмбрион, выклюнувшийся из икринки, но продолжающий нести черты эмбрионального строения. Тело окружено непарной плавниковой каймой. Для предличинок характерно эндогенное питание. *Личинка* – молодь рыб с момента перехода на внешнее питание. Внешне мало похожи на взрослых рыб, имеют зачатки плавников. *Малек* – молодь рыб, внешне похожая на взрослых рыб, но отличающаяся пропорциями. Характеризуется формированием чешуйного покрова. *Сеголеток* – молодь рыб в конце первого вегетационного сезона (рис. 8).

Продолжительность этапов развития, особенности строения и поведения молоди на разных стадиях различны у разных видов рыб.

Выращивание молоди рыб

Особенности выращивания молоди разных видов рыб связаны с особенностями их естественного воспроизводства. От этого зависят как оптимальные температуры, так и предпочтительные корма. Особенности выращивания личинок некоторых видов рыб приведены в табл. 21.

Таблица 21

Особенности выращивания личинок некоторых видов рыб

Параметр	Осетровые (стерлядь)	Сиговые (песядь)	Щука	Карповые (каarp)
Размеры предличинок	7–11 мм, 11–28 мг	8–9 мм, 2,0–2,5 мг	7–8 мм, 2,5–3,5 мг	4–8 мм, 2,0–6,0 мг
Размеры бассейнов	S до 4 м ² , глубина 15–25 см	S до 6 м ² , глубина до 50 см	S до 10 м ² , глубина до 20 см	S до 3 м ² , глубина до 40 см
Плотность посадки, шт./л	25	500	300	1 300
Температура, °С	19–22	5–9	12–15	18–22
Корма	Живые: клардоцеры, артемии, дафнии, олигохеты. С 14 сут. – сухие	Живые: клардоцеры, артемии. С 5 сут. – сухие	Живые: артемии, дафнии, личинки карповых	Живые: клардоцеры, артемии. С 4 сут. – сухие

Учет молоди рыб

После вылупления молоди, в рыбоводном хозяйстве необходимо произвести ее учет. Обычно используют эталонный или весовой метод. Важно помнить, что для повышения точности учета полученной молоди необходимо производить не менее трех повторностей просчета.

Счетный секторный метод. При равномерном распределении молоди в бассейне сеткой отделяют 10% его площади и просчитывают в нем молодь. Ошибка 5–7%.

Весовой метод. Взвешивают емкость с водой, помещают туда личинок без счета и снова взвешивают. Количество личинок определяют, разделив разницу в весе емкости с личинками и без на вес одной личинки. Ошибка 7–10%.

Эталонный метод. Отсчитывают определенное количество молоди и помещают в емкость. В аналогичные емкости помещают молодь без счета, на глаз, примерно в той же концентрации. Ошибка 10–15%.

Фотоэлектрический метод. Личинок с водой пропускают через тонкую трубку с фотоэлементом. Ошибка менее 5%. Данный метод является наиболее точным, но требующим наличия специализированного оборудования.

Глава 8. ОСОБЕННОСТИ ВЫРАЩИВАНИЯ И РАЗВЕДЕНИЯ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РЫБ

8.1. Карп (сазан)

Карп (сазан) (*Cyprinus carpio*) один из старейших и наиболее массовых объектов культивирования в рыбоводных хозяйствах всего мира. Широко используется в аквакультуре Восточной Европы, Азии и России. Технологии разведения и выращивания детально проработаны. Известно много пород. Выращивают преимущественно в прудовых хозяйствах. Может достигать 1 м и массы 30 кг.

В прудовых хозяйствах Центральной России сеголетки достигают массы 25–30 г, двухлетки 400–500, трехлетки 1 000–1 200 г. В Сибири двухлетки редко достигают массы более 400 г. Как правило, в России практикуют двухлетний цикл выращивания.

Карп относительно неприхотлив к условиям выращивания. Хорошо растет при температуре воды 20–25°C. При температуре воды выше 30°C и ниже 14°C интенсивность питания снижается. Оптимальное содержание кислорода в воде более 4 мг/л.

Карп неприхотлив к кормам. Практикуют и его выращивание исключительно на естественных кормах.

Половая зрелость у карпа наступает в разном возрасте и зависит от температурного режима водоема, а также условий кормления. В северных и центральных районах России самки карпа достигают половой зрелости на 4–5-м году жизни, в южных – на 2–3-м году. Плодовитость – 120–160 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Обычно рыбопосадочный материал получают путем естественного нереста. Икра мелкая, откладывается на растительность в мелководных участках водоема, развитие продолжается 3–6 суток, при температуре воды

17–20°C. Возможен также заводской способ получения рыбопосадочного материала. Как правило, при этом используют гонадотропные препараты. Инкубацию чаще проводят в аппаратах Вейса.

8.2. Белый амур

Белый амур (*Stenopharyngodon idella*) популярный объект рыбоводства, выращивают в прудах и озерах, используют в поликультуре в качестве биологического мелиоратора водоемов. Может достигать 1,2 м и массы 32 кг.

В прудовых хозяйствах Центральной России сеголетки достигают массы 80 г, двухлетки 500–1 300, трехлетки 1 500–3 000 г. В Сибири двухлетки редко превышают 400 г. В России практикуют двухлетний и трехлетний циклы выращивания.

Белый амур требователен к температуре воды. Хорошо растет при 25–30°C и переносит более высокую температуру, но при ее снижении ниже оптимального значения интенсивность питания падает. Оптимальное содержание кислорода в воде более 6 мг/л.

Белый амур растительнояден. На питание растительностью переходит на первом году жизни. Наиболее охотно поедает мягкую водную и молодую растительность, но крупные особи могут использовать в пищу рогоз и тростник. Считается, что при 50-процентной зарастаемости водоема один двухлеток белого амура способен полностью очистить площадь водного зеркала в 10 м². Может питаться также скошенной луговой травой, которую бросают в водоем, а также карповыми кормами. Принято считать, что для получения 1 кг прироста амуру требуется потребить 20–40 кг растений.

Половая зрелость у самок белого амура наступает в возрасте 4–5 лет. Плодовитость – 60–95 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Рыбопосадочный материал получают заводским способом, используют гипофизарные инъекции. Оптимальная температура инкубации икры 21–25°C, при этом развитие продолжается 23–33 часа. Инкубацию чаще проводят в аппаратах Вейса.

8.3. Белый и пестрый толстолобики

Белый (*Hypophthalmichthys molitrix*) и пестрый (*Aristichthys nobilis*) толстолобики – популярные объекты рыбоводства, обычно их выращивают в прудах и естественных водоемах, часто используют в поликультуре. Это крупные быстрорастущие рыбы, могут достигать массы более 50 кг.

В прудовых хозяйствах Центральной России сеголетки достигают массы 40 г, двухлетки – 500–800 г, трехлетки – 1 200–2 500 г. При оптимальной температуре и хорошей кормовой базе темпы роста этих видов рыб могут быть существенно выше. Например, в водоемах-охладителях на юге Украины за летний сезон прирост белого толстолобика достигает 2 кг, а пестрого – 3,5 кг (Привезенцев, Власов, 2004). В Сибири двухлетки редко превышают 300 г. В России практикуют двухлетний и трехлетний цикл выращивания.

Толстолобики теплолюбивые виды. Хорошо растут при 20–27°C. Оптимальное содержание кислорода в воде более 5 мг/л.

Белый толстолобик питается фитопланктоном и детритом, а пестрый – зоопланктоном. Таким образом, для их успешного выращивания необходимо позаботиться о естественной продуктивности водоема.

Половая зрелость у толстолобиков наступает в разном возрасте и зависит от температурного режима водоема: в Средней Азии самки белого толстолобика созревают в возрасте трех, а пестрого – четырех лет, тогда как в Центральной России первый нерест возможен обычно не ранее 8-летнего возраста. Плодовитость – 80–150 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Рыбопосадочный материал получают заводским способом, используют гипофизарные инъекции. Оптимальная температура инкубации икры составляет 23–25°C, при этом развитие продолжается 23–30 часа. Инкубацию чаще проводят в аппаратах Вейса или в аппаратах конструкции ВНИПРХ.

8.4. Большеротый буффало

Большеротый буффало (*Ictiobus cyprinellus*) североамериканский вид рыб. Это один из перспективных, но до настоящего времени не очень распространенных объектов рыбоводства. Выращивают в прудах и озерах, часто – в садковых хозяйствах в водоемах-охладителях. Используют в поликультуре. Особое достоинство данного вида – невосприимчивость ко многим распространенным заболеваниям прудовых рыб. Это крупные быстрорастущие рыбы, достигают массы 45 кг.

В прудовых хозяйствах в южных регионах России сеголетки достигают массы 500 г, двухлетки 1 000–1 500, трехлетки 3 000–3 500 г. В Сибири устойчивой практики выращивания данного вида нет, при этом известно, что двухлетки способны достигать в этом регионе 500 г.

Большеротый буффало теплолюбив, хорошо растет при 25–30°C, но может выращиваться и при более низких температурах – 22–24°C. Хорошо переносит более высокую температуру. Нетребователен к содержанию растворенного кислорода: оптимальное его содержание в воде не менее 3 мг/л.

Большеротый буффало питается зоопланктоном, бентосом, детритом, хорошо поедает карповые комбикорма.

Половая зрелость самок наступает в возрасте от трех лет. Плодовитость – 85–150 тыс. икринок на 1 кг массы тела.

Размножение буффало возможно как в обычных карповых нерестовых прудах (при соответствующих климатических условиях), так и заводским способом. Применяют гипофизарные инъекции. Оптимальная температура инкубации икры 21–23°C, при этом развитие продолжается 80–87 часов. Инкубацию чаще проводят в аппаратах конструкции ВНИПРХ, а выдерживание личинок – в аппаратах ИВЛ-2.

8.5. Пелядь

Пелядь (*Coregonus peled*) один из наиболее распространенных рыболовных объектов в Сибири. Используют для однолетнего (редко – двухлетнего) выращивания пастбищным способом в разнотипных озерах, реже – в прудах. Может достигать массы 2,7 кг.

В озерах Западной Сибири при благоприятных условиях сеголетки пеляди могут достигать 120–150 г, двухлетки 400–600 г.

Наиболее благоприятной температурой для выращивания пеляди является 14–18°C. При температуре выше 20°C интенсивность питания падает, при температуре выше 25°C прекращается. Однако взрослая пелядь переносит кратковременное повышение температуры до 28–30°C. Содержание растворенного в воде кислорода желательно более 5 мг/л, однако пелядь способна выдерживать снижение его концентрации до 2,5 мг/л. Отмечено, что на темпы роста ранней молоди пеляди негативное влияние может оказывать высокая минерализация воды.

Пелядь является преимущественно зоопланктофагом, однако при недостатке зоопланктонных организмов способна питаться организмами зообентоса, а также хищничать. Таким образом, для успешного выращивания пеляди желательно подбирать водоемы с высокой биомассой зоопланктона.

Половая зрелость пеляди наступает преимущественно на 5-м году жизни. Плодовитость около 50–80 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Нерест данного вида происходит осенью, в условиях Средней Оби – в сентябре–октябре, а инкубация продолжается всю зиму. Рыболовственный материал получают путем инкубации икры, полученной от диких производителей, отловленных в местах миграции в осенний период. Инкубируют икру в аппаратах Вейса, при температуре 0,2–0,8°C, при этом развитие продолжается 180–195 суток.

8.6. Радужная форель

Радужная форель (*Parasalmo mykiss*) – один из наиболее распространенных рыбоводных объектов в мире. Известны зарегистрированные породы. Форель выращивают в садках, бассейнах, УЗВ и естественных водоемах. Может достигать массы 8 кг.

Растет форель быстро: в естественных водоемах сеголетки достигают массы 10–20 г, двухлетки – 150–200, трехлетки – 300–900 г. При выращивании в садках и бассейнах используют преимущественно двухлетний цикл, до товарной массы около 500 г. В установках закрытого водоснабжения форель может набрать товарную массу (более 0,5 кг) за 5 месяцев.

Оптимальная температура выращивания 14–18°C. При температуре воды выше 20°C интенсивность питания падает. Может выдерживать кратковременное повышение температуры до 30°C. Зимой питается при температуре воды 1–3°C. Форель чувствительна к содержанию кислорода. Оптимальное содержание кислорода в воде не менее 8–10 мг/л. Угнетенное состояние начинается при концентрации кислорода около 5 мг/л. Активность питания падает при сильном освещении или его отсутствии.

Взрослая форель – хищник. Корма для форели должны быть богаты протеином, преимущественно животного происхождения.

Половая зрелость наступает на 2–4-м году жизни. Плодовитость 1 600–2 500 икринок на 1 кг массы тела. Рыбопосадочный материал получают, как правило, заводским способом. Икра крупная, развитие продолжается 45–70 суток при температуре воды 7–9°C. Инкубацию проводят преимущественно в аппаратах вертикального типа.

8.7. Стерлядь

Стерлядь (*Acipenser ruthenus*) – наиболее мелкий вид осетровых рыб. Это один из набирающих популярность рыбоводных объек-

тов в силу высоких вкусовых качеств. Выращивают в бассейнах, УЗВ, иногда в озерах. Может достигать массы 3,5 кг. Стерлядь используют для получения высокопродуктивных гибридов с относительно высокими темпами роста: бестер, остер, стербел и др.

В условиях установки закрытого вида и при оптимальных условиях стерлядь может достичь товарной массы 400 г за 6 месяцев.

Оптимальная температура выращивания 18–23°C. При температуре воды выше 26°C или ниже 12°C интенсивность питания существенно падает. Стерлядь чувствительна к содержанию кислорода в воде, оптимальное его количество для этого вида осетровых – 8–12 мг/л. Угнетенное состояние начинается при концентрации кислорода ниже 5 мг/л.

Стерлядь бентофаг. При искусственном выращивании применяют специализированные полнорационные корма, богатые протеином и жирами.

Половая зрелость наступает на 5–7-м году жизни. Самцы созревают раньше самок. Плодовитость около 15–70 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Рыбопосадочный материал получают, как правило, заводским способом, от диких или племенных производителей. Для стимуляции созревания используют гонадотропные препараты. Для получения икры целесообразно использовать надрезание, позволяющее сохранять производителей. Для осеменения используют полусухой способ. Икра крупная, развитие продолжается 5–7 суток при температуре воды 13–15°C. Инкубацию проводят преимущественно в аппаратах Вейса или в аппаратах типа «Осетр».

8.8. Сибирский осетр

Сибирский осетр (*Acipenser berii*) наиболее популярный аквакультурный объект из осетровых видов рыб в мире в силу относительной простоты его содержания. Его выращивают преимущественно в бассейнах и УЗВ. Может достигать массы более 200 кг.

В установках закрытого вида и при оптимальных условиях осетр может достичь товарной массы 2,5 кг за 10 месяцев. В условиях бассейнов такой массы он достигает в 3 года.

Оптимальная температура выращивания сибирского осетра 20–23°C. При температуре воды выше 26°C или ниже 12°C интенсивность питания существенно падает. Осетр чувствителен к содержанию кислорода в воде. Оптимальное его содержание для этого вида осетровых – 8–12 мг/л. Угнетенное состояние начинается при концентрации кислорода ниже 5 мг/л.

Сибирский осетр преимущественно бентофаг, но может хищничать. При искусственном выращивании применяют специализированные полнорационные корма, богатые протеином и жирами.

Половая зрелость наступает поздно, в 8–12 лет. Самцы созревают раньше самок. В условиях УЗВ возможно сокращение сроков созревания. Плодовитость около 11–18 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Рыбопосадочный материал получают, как правило, заводским способом, от диких или племенных производителей. Для стимуляции созревания используют гонадотропные препараты. Для получения икры целесообразно использовать надрезание, позволяющее сохранять производителей. Для осеменения используют полусухой способ. Икра крупная, развитие продолжается 5–6 суток, при температуре воды 13–15°C. Инкубацию проводят преимущественно в аппаратах Вейса или в аппаратах типа «Осетр».

8.9. Канальный сом

Канальный сом (*Ictalurus punctatus*) – наиболее освоенный вид сомов в аквакультуре России. Выращивают в прудах, в том числе в прудах-охладителях, в садках, используют в поликультуре. Очень популярен в США. Может достигать массы 34 кг.

При выращивании в прудах двухлетки достигают массы 600 г, трехлетки 1,2 кг, четырехлетки – 2 кг.

Оптимальная температура выращивания 25–30°C. Переносит зимовку подо льдом. Можно содержать в водоемах с высокой минерализацией (до 11‰). Но при этом канальный сом чувствителен к содержанию растворенного в воде кислорода: оно должно быть не менее 5 мг/л.

Содержание белка в кормах для канального сома должно быть высоким (более 30%). Можно использовать форелевые корма.

Половая зрелость наступает в 3–4 года. Самцы крупнее и темнее самок. Плодовитость около 2,5–10 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Рыбопосадочный материал получают путем естественного нереста в прудах или в аквариумах. Для естественного нереста в прудах используют небольшие, относительно глубокие (средняя глубина 1,5–1,8 м) водоемы. Рекомендуется посадка до 100 пар производителей на 1 га. В прудах устанавливают искусственные гнезда (бочки, бидоны, канистры и т.п.), в которых производители откладывают икру. Развитие икры продолжается 5–10 суток при температуре воды 21–30°C. После выклева эмбрионы забирают из гнезда и помещают в проточные бассейны небольшой глубины и площади, где содержат до перехода на активное питание, что происходит обычно на третьи-четвертые сутки. При аквариумном способе получения рыбопосадочного материала нерест проводят в отдельных емкостях, куда помещают по одной паре производителей. В данном случае возможно использование гормональной стимуляции.

8.10. Клариевый сом

Клариевый сом (*Clarias macrocephalum*) – менее распространенный вид сомов в аквакультуре, однако популярность его растет. Это связано с высокими темпами роста данного вида и неприхотливостью. Клариевого сома выращивают в прудах, в том числе в прудах-охладителях, в садках, различных емкостях в условиях индустриального рыбоводства. Может достигать массы 15 кг.

При выращивании в прудах товарной массы в 200 г достигает за 4–6 месяцев.

Оптимальная температура выращивания 25–30°C. Устойчив к низкому содержанию растворенного в воде кислорода, может выращиваться при очень высоких плотностях посадки.

Неприхотлив к кормам. Может питаться любыми комбикормами, отходами рыбопереработки, измельченными овощами и жмыхами.

Половая зрелость наступает в 1–2 года. При заводском способе воспроизводства клариевый сом способен давать потомство круглый год. Плодовитость около 1–5 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Рыбопосадочный материал получают путем естественного нереста в прудах или заводским способом. Развитие икры продолжается около 20 часов при температуре воды 25–32°C.

8.11. Угорь европейский (речной)

Угорь европейский (*Anguilla anguilla*) – ценный объект аквакультуры из-за высоких вкусовых и диетических качеств мяса. Выращивают в естественных водоемах, прудах, бассейнах и УЗВ. Может достигать 1 кг.

Темпы роста в естественных водоемах низкие – товарного веса 500–700 г угорь достигает на 5-м году жизни. При выращивании в контролируемых условиях (в бассейнах или УЗВ), благоприятных для данного вида, при интенсивном кормлении за 20 месяцев угорь европейский может набрать вес 500 г.

Оптимальная температура выращивания 22–23°C.

Угорь – хищник, поэтому корма для него должны быть с высоким содержанием животного белка.

Технологии искусственного разведения не отработаны.

8.12. Тиляпия

Тиляпии (*Tilapia* sp.) – обширная группа африканских и ближневосточных рыб (всего более 70 видов). Наиболее распространена в аквакультуре мозамбикская тиляпия. Всеядны, имеют высокий темп роста, неприхотливы, что делает их популярным объектом аквакультуры. Могут достигать массы 5 кг.

Товарной массы в 500 г мозамбикская тиляпия достигает за 8 месяцев.

Оптимальная температура выращивания большинства видов 25–35°C. Устойчивы к низкому содержанию растворенного в воде кислорода, к высокой минерализации воды и кислой реакции среды. Могут выдерживать органическое загрязнение водоема.

Большинство видов всеядны, однако есть фитопланктофаги и растительноядные виды. В условиях аквакультуры способны потреблять различные искусственные корма.

Половая зрелость у некоторых видов может наступать в 3–6 месяцев. При благоприятных условиях способны размножаться каждые 3–6 недель. Плодовитость у разных видов различна: 0,2–5,0 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Рыбопосадочный материал получают путем естественного нереста в прудах или заводским способом. Развитие икры продолжается около пяти суток при температуре воды 26–28°C. У мозамбикской тиляпии в естественных условиях инкубация икры происходит во рту самок.

8.13. Линь

Линь (*Tinca tinca*) в последние годы набирает популярность как объект аквакультуры в Восточной Европе. Выращивают преимущественно в прудах, часто в поликультуре с карпом, реже – в бассейнах. Может достигать 7,5 кг.

В Западной Сибири темп роста невысокий, трехлетки обычно достигают 100 г.

Оптимальная температура выращивания 21–24°C. Устойчив к низкому содержанию растворенного в воде кислорода.

Неприхотлив к кормам, однако при разведении производителям необходимо давать высокобелковые корма.

Половая зрелость наступает в 4–5 лет. Плодовитость до 350 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Рыбопосадочный материал получают заводским способом. Для стимуляции созревания используют гонадотропные препараты. Развитие икры продолжается около 2,5–3-х суток при температуре воды 22–24°C.

8.14. Щука

Щука (*Esox lucius*) популярна прежде всего как объект рекреационного рыбоводства. В водоемах Сибири может достигать 16 кг и более (Гундризер и др., 1984).

В Западной Сибири темп роста щуки сильно зависит от состояния кормовой базы: двухлетки могут достигать от 100 до 350 г. При выращивании в прудах средний вес сеголетков 300 г.

Оптимальная температура выращивания 18–24°C.

Щука – хищник, ей необходимы живые корма.

Половая зрелость наступает в трех-, четырехлетнем возрасте. Плодовитость до 33 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Рыбопосадочный материал получают путем естественного нереста или заводским способом. При естественном нересте производителей помещают в нерестовые пруды из расчета одно гнездо (1 самка 2 самца) на 0,03 га. Глубина прудов должна быть не более 1 м, с хорошо развитой прошлогодней растительностью. При заводском способе получения рыбопосадочного материала проводят стимуляцию созревания производителей, для чего используют гипофизарные инъекции. Инкубацию проводят в аппаратах Вейса, при температуре воды 5–8°C. Выклюнувшиеся предличинки приклеиваются к поверхностям, поэтому в конце периода эмбрионального

развития, на восьмые-десятые сутки, при пигментации глаз, эмбрионов помещают в мальковый желоб, где происходит выклев.

8.15. Таймень

Таймень (*Hucho taimen*) используется для компенсации ущерба, наносимого предприятиями водным биологическим ресурсам. В водоемах Сибири может достигать 30 кг (Попов, 2007).

Молодь получают от диких производителей. Половая зрелость наступает в шести-, семилетнем возрасте. Плодовитость до 1,5 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Инкубацию проводят в аппаратах Вейса. Эмбриональное развитие 28–31 суток при температуре воды около 6°C.

8.16. Хариус

Хариус (*Thymallus* sp.) используется для компенсации ущерба, наносимого предприятиями водным биологическим ресурсам. В водоемах Сибири может достигать 1,2 кг (Попов, 2007).

Молодь получают от диких производителей. Половая зрелость наступает в четырех-, пятилетнем возрасте. Плодовитость до 12 тыс. икринок на 1 кг массы тела. Инкубацию проводят в аппаратах Вейса. Эмбриональное развитие 10–12 суток при температуре воды около 9–11°C.

ЛИТЕРАТУРА

- Брайнбалле Я.* Руководство по аквакультуре в установках замкнутого водоснабжения. Копенгаген, 2010. 70 с.
- Власов В.А.* Рыбоводство. СПб. : Лань, 2012. 352 с.
- Гундризер А.Н., Иоганзен Б.Г., Тюльпанов М.А.* Внедрение сельскохозяйственного рыбоводства в Томскую область // Вторая межвузовская научно-отчетная конференция «Университеты – сельскому хозяйству». Л., 1963. С. 6–17.
- Гундризер А.Н., Иоганзен Б.Г., Кривошеков Г.М.* Рыбы Западной Сибири. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1984. 121 с.
- Диетология* / под ред. А.Ф. Барановского. СПб. : Питер, 2008. 894 с.
- Дмитриева Е.Н.* Морфоэкологический анализ двух видов карася // Труды ИМЖ АН СССР. 1957. Вып. 16. С. 77–101.
- Желтов Ю.А.* Рецепты комбикормов для выращивания рыб разных видов и возрастов в промышленном рыбоводстве. Киев : ИНКОС, 2006. 154 с.
- Интересова Е.А., Сиротин В.В., Хакимов Р.М.* Опыт выращивания пеляди в материковом озере южно-таежной зоны Западной Сибири // Рыбное хозяйство. 2014. № 1. С. 77–78.
- Катасонов В.Я., Черфас Н.Б.* Селекция и племенное дело в рыбоводстве. М. : Агропромиздат, 1986. 182 с.
- Козлов В.И., Абрамович Л.С.* Товарное осетроводство. М. : Россельхозиздат, 1986. 117 с.
- Мартышев Ф.Г.* Прудовое рыбоводство. М. : Высшая школа, 1973. 428 с.
- Матишов Г.Г., Матишов Д.Г., Пономарева Е.Н., Сорокина М.Н., Казарникова А.В., Коваленко М.В.* Основы осетроводства в условиях замкнутого водообеспечения для фермерских хозяйств. Ростов н/Д : Изд-во ЮНЦ РАН, 2008. 112 с.
- Мухачев И.С.* Биотехника ускоренного выращивания товарной пеляди. Тюмень : ФГУ ИПП «Тюмень», 2003. 176 с.

- Мухачев И.С.* Биологические основы рыбоводства : учеб. пособие. Тюмень : Изд-во Тюмен. гос. ун-та, 2004. 300 с.
- Мухачев И.С.* Озерное рыбоводство : учебник. Тюмень, 2006. 304 с.
- Орудия облова прудов рыбоводных хозяйств* : справочник / под общ. ред. А.И. Литвиненко. Тюмень : Госрыбцентр, 2010. 194 с.
- Пономарев С.В., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А.* Индустриальное рыбоводство : учебник для вузов. СПб. : Лань, 2013. 416 с.
- Попов П.А.* Рыбы Сибири: распространение, экология, вылов. Новосибирск : Изд-во Новосиб. гос. ун-та, 2007. 526 с.
- Привезенцев Ю.А.* Выращивание рыб в малых водоемах. М. : Колос, 2000. 128 с.
- Привезенцев Ю.А., Власов В.А.* Рыбоводство. М. : Мир, 2004. 456 с.
- Проскуренко И.В.* Замкнутые рыбоводные установки. М. : Изд-во ВНИРО, 2003. 152 с.
- Рекомендации по рациональным нормам потребления пищевых продуктов, отвечающих современным требованиям здорового питания.* Утверждены приказом № 614 Министерства здравоохранения Российской Федерации от 19 августа 2016 г.
- Ростовцев А.А.* Выращивание товарной рыбы в Западной Сибири. Новосибирск : СО ВАСХНИЛ, 1986. 56 с.
- Ростовцев А.А., Егоров Е.В., Зайцев Е.В., Интересова Е.А.* Методические рекомендации по выращиванию товарной рыбы в водоемах Томской области. Томск, 2014. 57 с.
- Ростовцев А.А., Егоров Е.В., Интересова Е.А., Блохин А.Н., Суляев В.В., Хакимов Р.М., Байльдинов С.Е., Сукнев Д.Л., Наумкина Д.И., Ефанова У.В., Кабиев Т.А.* Перспективы развития пастбищного рыбоводства на территории Томской области // Рыбное хозяйство. 2014. № 3. С. 90–92.
- Рыжов Л.П., Кучко Т.Ю., Дзюбук И.М.* Основы рыбоводства : учебник для вузов. СПб. : Лань, 2013. 415 с.
- Савичев О.Г.* Водные ресурсы Томской области. Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2010. 248 с.
- Скляр В.Я.* Корма и кормление рыб в аквакультуре. М. : Изд-во ВНИРО, 2008. 150 с.
- ФАО.* Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2016. Вклад в обеспечение всеобщей продовольственной безопасности и питания. Рим, 2016. 216 с.

ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2018. Достижение целей устойчивого развития. Рим, 2018. Лицензия CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 209 с.

ФАО. Состояние мирового рыболовства и аквакультуры 2020. Достижение целей устойчивого развития. Рим, 2020. Лицензия CC BY-NC-SA 3.0 IGO. 205 с.

Щербина М.А., Гамыгин Е.А. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М. : Изд-во ВНИРО, 2006. 360 с.

Учебное издание

Елена Александровна ИНТЕРЕСОВА

ПРЕСНОВОДНАЯ АКВАКУЛЬТУРА

Учебное пособие

Редактор А.А. Цыганкова
Оригинал-макет А.И. Лелююр
Дизайн обложки Л.Д. Кривцовой

Подписано к печати 28.04.2021 г. Формат 60×84¹/₁₆.

Бумага для офисной техники. Гарнитура Times.

Печ. л. 8. Усл. печ. л. 7,4.

Тираж 150 экз. Заказ № 4642

Отпечатано на оборудовании
Издательства Томского государственного университета

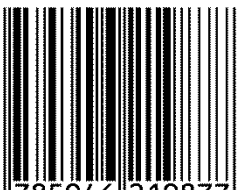
634050, г. Томск, пр. Ленина, 36

Тел. 8+(382-2)–52-98-49

Сайт: <http://publish.tsu.ru>

E-mail: rio.tsu@mail.ru

ISBN 978-5-94621-987-7



9 785946 219877