Лекции

Лекции - форма учебного занятия, цель которого состоит в рассмотрении теоретических вопросов излагаемой дисциплины в логически выдержанной форме.

Для высшей школы представляется наиболее интересным опыт обучения в сотрудничестве как общедидактический концептуальный подход.

Основная цель этой технологии — создать условия для активной совместной учебной деятельности студентов в разных учебных ситуациях. Студенты имеют разную подготовку: одни быстро «схватывают» все объяснения преподавателя, легко овладевают лексическим материалом, коммуникативными умениями; другим требуется не только значительно больше времени на осмысление материала, но и дополнительные примеры, разъяснения.

Практически это обучение в процессе общения — общения преподавателя со студентами - студентов друг с другом, в результате которого и возникает столь необходимый контакт для улучшения усвоения нового материала. Это социальное общение, поскольку в процессе его студенты поочередно выполняют разные социальные роли: лидера, исполнителя, организатора, докладчика, эксперта, исследователя и т. д. При использовании обучения в сотрудничестве на лекциях самое трудное — добиться, чтобы студенты в малых группах общались с помощью технических терминов и понятий. Но практика показывает, что при достаточно настойчивом внимании со стороны преподавателя это требование выполняется сначала с трудом, а затем постепенно появляется привыкание к формулированию ответа с помощью технической терминологии.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧЕРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО**

**ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«Донской государственный технический университет»**

**(ДГТУ)**

Кафедра «Технические средства аквакультуры»

Конспект лекций по дисциплине

**«Биологические основы рыбоводства»**

Ростов-на-Дону

2016

**ВВЕДЕНИЕ**

Знание биологических основ рыбоводства формируется на базе совокупности биологических дисциплин, в особенности зоологии, гидробиологии, эмбриологии, физиологии и других, на протяжении всего курса Высшей школы по избранной специальности.

Дисциплина «Биологические основы рыбоводства» обобщает полученные знания по отношению к будущей профессии. Она является профилирующей по специальности «Водные биоресурсы и аквакультура», раскрывает научно-теоретическую базу биотехники искусственного рыборазведения, повышения рыбопродуктивности водоемов.

Особая роль в научно-практическом пособии по дисциплине «Биологические основы рыбоводства» отводится использованию природных адаптационных способностей рыб для обоснования биотехники работы с производителями различных видов рыб, получения от них зрелых половых клеток, осеменения, инкубации икры, выдерживания предличинок, подращивания личинок, выращивания молоди, товарной рыбы, интенсификации рыбоводных процессов, акклиматизации рыб и кормовых организмов.

**Тема №1. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ВОСПРОИЗВОДСТВА РЫБ. Значение рыбоводства в сохранении и увеличении рыбных запасов в условиях антропогенного воздействия на природу**

Предмет и задачи курса

**Дисциплина «Биологические основы рыбоводства» имеет большое значение для подготовки специалистов рыбного хозяйства.**

Основные задачи дисциплины – изучение биологических особенностей размножения и развития производителей, особенностей созревания половых продуктов, получения икры, выдерживания и подращивания личинок, выращивания молоди и взрослой рыбы.

В предмет изучения курса «Биологические основы рыбоводства» входят как сами объекты рыборазведения, так и их биологические особенности, а так же особенности акклиматизации рыб и кормовых организмов.

Рыбоводство и аквакультура являются перспективной и высокорентабельной отраслью рыбного хозяйства. Они позволяют создать сырьевую базу рыбной промышленности в условиях нарастающего антропогенного воздействия на природу.

Под аквакультурой понимают комплекс мероприятий, обеспечивающих сохранение, увеличение и качественное улучшение рыбных запасов водоема.

Аквакультура в настоящее время имеет несколько составляющих –воспроизводство гидробионтов, товарная аквакультура и пастбищная аквакультура.

Предмет «Биологические основы рыбоводства» создает теоретический фундамент для всех направлений аквакультуры.

**История развития искусственного рыборазведения**

*Рыбоводство за рубежом*.Рыборазведение было известно в глубокой древности. Задолго до нашей эры в странах востока, а затем и в Римской империи существовали простейшие способы рыборазведения, которые сводились к улучшению условий размножения рыб в водоемах. Позже выращивание рыбы стали проводить в ограниченных пресноводных или солоновато-водных водоемах – небольших озерах, искусственных водоемах (водохранилищах, прудах), различного рода лагунах. В 1420 г. во Франции аббат Реомского монастыря Пеншон искусственно разводил ценные виды рыб, в том числе форель в садках, прудах, речках. Он устраивал длинные узкие деревянные ящики, дно которых было покрыто слоем песка, боковые стороны сделаны из прутьев ивы или тростника. На дно ящика он помещал «предварительно оплодотворенную икру» и ставил ящики под проточную воду (ручьи, речки, канавы). Вода свободно протекала через боковые стенки, икра форели развивалась, получались личинки. Это был большой шаг вперед.

В перовой половине XVII века еще сомневались в том, что у рыб происходит наружное оплодотворение. Даже известный естествоиспытатель Карл Линней (1707-1778) считал, что самцы рыб выпускают сперму в воду, а самки вбирают ее в себя и внутри происходит оплодотворение.

Стефан Людвиг Якоби (1711-1784) в 1763 г., а затем в 1765 г. опубликовал статьи о своем *открытии искусственного оплодотворения икры форели*. Он наблюдал в природных условиях размножение (нерест) форели в ручьях и воспроизводил это в искусственных условиях. Для этой цели он отцеживал икру форели в сосуд с водой, затем в тот же сосуд отцеживал сперму в количестве, достаточном, чтобы сделать воду мутной. Такие же опыты он проделывал с другими рыбами. Во всех случаях икра оплодотворялась, и получались личинки. Якоби своим открытием доказал, что оплодотворение икры рыб происходит в воде. Способ, предложенный Якоби, в рыбоводной литературе получил название *мокрого способа оплодотворения*

Открытие Якоби было забыто, но вновь этот вопрос возник во Франции в 40-х годах XIX века.

В 1842 г. Реми и Жеен в ручьях Вогезских гор (Франция) повторили *искусственное оплодотворение* форели мокрым способом. Активное участие в разработке этого метода принял французский эмбриолог Жан Виктор Коста. Он усовершенствовал технологию инкубации икры, создав инкубационный аппарат.

В 1852 году в долине Рейна (Эльзас) был открыт первый в Европе Гюнингенский рыбоводный завод, который был оборудован инкубационными аппаратами, предложенными Коста. В дальнейшем в Западной Европе открывается ряд рыбоводных заводов. Начинается период развития рыбоводства для пополнения естественных запасов ценных промысловых рыб.

*Роль отечественных ученых в развитии рыбоводства.*В России рыбоводство возникло в XII-XIII веках. Сначала рыборазведением занимались в монастырях и только в XV в. возникли государственные пруды. Значительное развитие рыбоводство получило только в XVIII в.

Основоположником искусственного рыборазведения в России был Владимир Павлович Врасский (1829-1862). Он провел первые опыты по искусственному осеменению икры плотвы, но они были неудачны. Последующие опыты со многими рыбами, в том числе и с форелью, показали, что принятый мокрый способ не дает хороших результатов, так как оплодотворяется всего 10-20%.

В.П. Врасский создал новый способ искусственного осеменения икры – *сухой или русский способ.*

В 1855 г. В.П. Врасский основал Никольский рыбоводный завод, который был первым рыбоводным заводом в России.

Одновременно с В.П. Врасским над проблемой развития рыбоводства в России работал П.И. Малышев, изучая вопросы искусственного развития ценных промысловых рыб, с целью заселения ими рек и озер Урала.

В 1869 г. Ф.В. Овсянников успешно провел работу по осеменению и инкубации икры стерляди на р. Волга.

Крупнейшим ученым в области рыбоводства является Оскар Андреевич Гримм (1845-1921). Он в 1879 г. стал руководителем Никольского завода и организовал при нем ихтиологическую, гидробиологическую и гидрохимическую лаборатории, также ему принадлежит идея об использовании торфяных карьеров для рыбоводства.

В 1904-1906 гг. И.Н. Арнольд провел первые опыты по искусственному осеменению икры каспийских сельдей: черноспинки и пузанка. Им дано теоретическое обоснование применения фосфорных удобрений в рыбоводных водоемах.

В 1907 г. В.К. Солдатовым осуществлены первые эксперименты по разведению дальневосточных лососей.

В 1909 г. И.В. Кучин впервые искусственно осеменил и проинкубировал икру белорыбицы.

А.Н. Державин в 1914 г. разработал способ обесклеивания икры осетровых рыб с помощью ила. Им создан экологический метод стимулирования созревания половых продуктов у рыб, заложены основы осетроводства.

Крупнейшим теоретиком рыбоводства был Н.Л. Гербильский. В 30-е годы он провел гистологические исследования на леще, карпе, судаке, осетровых и обосновал механизм воздействия гипофизов, заготовленных от различных видов рыб, на созревание производителей.

Начавшееся в 20–30-х годах XX в. гидростроительство на реках поставило у нас и за рубежом вопрос о необходимости искусственного рыборазведения.

В этот период Н.И. Кожин совместно с Г.С. Карзинкиным разработал комбинированный метод выращивания молоди осетровых и создал прудовый метод разведения молоди сиговых рыб.

Б.И. Черфасом разработаны биологические основы рационального озерного хозяйства в водоемах СССР и намечены пути создания рыбоводного хозяйства на водохранилищах. Им обоснован биотехнический процесс выращивания молоди судака в НВХ. Им создан первый в России учебник по рыбоводству.

Большой вклад в рыбоводство внес А.Н. Елеонский, который создал ряд учебников и пособий по рыборазведению. В 1946 году вышла книга А.Н. Елеонского «Прудовое рыбоводство».

Разработкой многих теоретических вопросов по рыбоводству, связанных с биологическими особенностями рыб, занимались такие ученые, как В.В. Васнецов, С.П. Крыжановский, Г.А. Детлаф, А.С. Гинзбург, И.А. Баранникова.

Создателем и организатором сельскохозяйственного рыбоводства в нашей стране был Ф.Г. Мартышев. Н.И. Николюкиным обосновано использование в рыбоводстве гибридов различных видов рыб.

Большой вклад в развитие прудового рыбоводства был внесен Ф.М. Суховерховым и В.М. Ильиным. Они занимались разработкой вопросов по организации рыбоводства на рисовых чеках, в пойменных озерах, в колхозах и совхозах.

Работы ученых Б.В. Веригина, Д.С. Алиева, В.К. Виноградова способствовали расширению масштабов разведения растительноядных рыб.

Исследования по экологии размножения и физиологии рыб были проведены специалистами ГосНИОРХа. Ценные исследования по развитию рыбного хозяйства во внутренних водоемах провели П.В. Михеев, М.А. Летичевский.

И.А. Баранникова провела исследования по гистологии и гонадотропной функции гипофиза у осетровых различных внутривидовых биологических групп.

Важные исследования по биологии и биотехнике разведения проходных карповых рыб осуществлял Г.Б. Берлянд. Успешные исследования были проведены М.А. Летичевским, который разработал биотехнику разведения полупроходных рыб в дельте Волги и биотехнику разведения белорыбицы.

Исследования, проведенные Д. Жуковским, Н.В. Европейцевым, Н.И. Котовой, Х.А. Лейзарович, Л.М. Нусенбаумом, Т.И. Привольневым, А.В. Протасовым и др. учеными и рыбоводами-практиками, позволили разработать технологию разведения и биотехнику выращивания молоди различных видов ценных промысловых рыб. Ценные исследования были проведены А.И. Смирновым, А.Н. Канидьевым по рационализации биотехнического процесса разведения тихоокеанских лососей.

В настоящее время в нашей стране имеется широкая сеть рыбоводных заводов и НВХ. Эти предприятия расположены в бассейнах Баренцева, Белого, Балтийского, Азовского, Черного, Каспийского и дальневосточных морей.

До 90-х годов имелось 170 заводов и хозяйств по искусственному рыборазведению. Они выпускали в естественные водоемы 8-8,5 млрд. шт. молоди.

В связи с отделением Прибалтики, Украины, Белоруссии, республик Средней Азии количество заводов уменьшилось почти в 3 раза. В последние годы одновременно проводилась работа по улучшению условий естественного размножения и нагула рыб. А.И. Березовский и М.И. Тихий дали ценные рекомендации по рыбохозяйственной мелиорации водоемов. Большое влияние уделяется интродукции рыб и кормовых беспозвоночных. А.А. Зенкевич, Б.С.Ильин, Б.Г. Иоганзен, А.Ф. Карпевич, Т.С. Расс и др. разработали теоретические основы акклиматизации гидробионтов.

В настоящее время рыбоводство является мощным источником пополнения рыбных запасов на Азовском и Каспийском морях, а также морях Дальнего Востока и Северных морях России, ведет к увеличению запасов и уловов в озерах и водохранилищах.

*Основные задачи, стоящие перед рыбоводством в настоящее время:*

1. Совершенствование биотехники искусственного рыборазведения ценных промысловых видов рыб;

2. Обеспечение населения товарной продукцией таких рыб как карп, растительноядные, осетровые и др.;

3. Сохранение естественного размножения рыб и повышение эффективности процесса подращивания;

4. Обеспечение нормальных условий для нагула ценных рыб и поддержание генофонда популяций.

**ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ РЫБОВОДСТВА**

**Осетровые рыбы**

На предприятиях по воспроизводству ценных пород рыб и в товарных хозяйствах большое значение имеют следующие виды осетровых: белуга, осетр, севрюга, шип и стерлядь.

*Сибирский осетр* распространен на территории от Оби на западе, до Колымы на востоке, встречается в бассейнах рек Енисея, Лены, Индигирки, Хатанги и образует полупроходную, речную (туводную) и озерно-речную формы.

Полупроходной осетр большую часть жизни обитает в море, а на нерест поднимается в средние и верхние участки Оби и Енисея. Речная форма встречается в реках Лене, Яне, Индигирке, Колыме. Озерно-речная форма обитает в озерах Байкал и Зайсан. Байкальский осетр в период нагула живет в Байкале, а на нерест входит в реки. Плодовитость сибирского осетра составляет 50-420 тыс. шт.

*Веслонос* распространен в бассейне реки Миссисипи и ее протоках, озерах, связанных с р. Миссисипи, а также в других реках, впадающих в Мексиканский залив. Достигает длины более 2 м и массы 100 кг. Возраст половой зрелости самцов – 6 лет, самок – 9-10 лет. Нерест весной, на течении при температуре воды 15-200С. Икру откладывает на песчано-галечный грунт. Плодовитость зависит от размера рыбы. У самки массой 10 кг плодовитость составляет 60-100 тыс. икринок. Питается зоопланктоном.

**Лососевые рыбы**

Основными объектами лососеводства являются нерка, сима, кета, чавыча, кижуч, горбуша, микижа, атлантический лосось, каспийский лосось, радужная форель.

*Микижа* обитает в водах Камчатки. Имеет проходную и жилую формы. Проходная микижа достигает длины 78 см. Плодовитость – 9 тыс. икринок (жилая микижа – до 2,3 тыс. шт. икринок). Нерест при температуре воды 1-50С (жилая форма нерестится при температуре воды 4,5-15,50С).

*Каспийский лосось* обитает в водах Каспия. Проходная рыба. Образует несколько стад в зависимости от нереста. Достигает массы 51 кг. Половая зрелость наступает на 2-9-м году жизни. Плодовитость от 1,5 до 45 тыс. икринок. Нерест с октября по январь. Каспийский лосось нерестится в течение жизни 1-6 раз. Молодь питается личинками насекомых, взрослые особи – рыбой.

**Сиговые рыбы**

Основными объектами разведения из семейства сиговых рыб являются пелядь, байкальский омуль, ряпушка, сиг, белорыбица.

**Карповые рыбы**

Наиболее распространенными объектами рыборазведения являются сазан, карп, лещ, линь, карась, рыбец, шемая, белый амур, белый и пестрый толстолобики.

*Карп* – один из основных объектов рыбоводства. Различают несколько разновидностей карпа в зависимости от чешуйчатого покрова и высоты тела. На основе этих разновидностей выведен ряд его пород (украинский, ропшинский, нивчанский, парский и др.). Это теплолюбивая рыба. Карп всеяден, хорошо усваивает искусственные корма. Сеголетки карпа в прудах достигают массы 26-30 г, двухлетки – 400-800 г, трехлетки – 1,5 кг. Возраст половой зрелости самок 4-5 лет (средняя полоса), 3-4 года (юг). Самцы становятся половозрелыми на 1 год раньше. Средняя рабочая плодовитость 180 тыс. икринок на 1 кг массы рыбы. Икрометание при температуре воды 16-190С. Икру откладывает на подводную растительность.

*Линь –*  нетребовательная к условиям обитания рыба, особенно устойчивая к неблагоприятному гидрохимическому режиму: выдер­живает рН до 4,6 и снижение содержания растворенного в воде кислорода до 0,3 мг/л. Обитает в заросших участках водоемов с илистым дном. Самки линя становятся половозрелыми в 3-4 года, самцы созревают на год раньше. Нерест линя порционный, прохо­дит при температуре воды 18-22°С и может продолжаться с мая по июль. Икра клейкая, линь откладывает ее на мелкий субстрат. Молодь потребляет зоопланктон, а взрослые особи питаются планк­тонными и бентосными организмами.

*Кутум –* стайная проходная рыба, распространенная преиму­щественно в Южном Каспии. Нерестится кутум в пойменных участках рек и в озерах с февраля по май. Икра клейкая, самка откладывает ее в зарослях камыша. Плодовитость колеблется от 90 до 150 тыс. икринок. В зависимости от температуры воды раз­витие икры продолжается от 8 до 20 суток. Половая зрелость наступа­ет на 3-4 году жизни. Питается кутум преимущественно мол­люсками.

*Тарань –* полупроходная рыба, обитающая в Азовском море и опресненной части Черного моря. Половой зрелости достигает на 4-5-м году жизни. Плодовитость составляет в среднем 75-80 тыс. икринок. Нерестовый ход начинается сразу после вскрытия рек. Не­рест проходит с конца марта до середины мая при температуре воды 8-16°С. Питается тарань бентосными организмами, в частности мол­люсками и ракообразными.

*Растительноядные рыбы –* белый амур, белый и пестрый тол­столобики – важные и очень перспективные объекты рыбоводства.

*Белый амур*распространен в среднем и нижнем течении реки Амур и в водоемах Китая. На Дальнем Востоке и в средней полосе белый амур становит­ся половозрелым в 9-10 лет. Половозрелым становится на 4-м году жизни. Рабочая плодови­тость белого амура в среднем составляет 500 тыс. икринок. Питаться он начинает весной при температуре воды 10°С, а осенью при охлаждении воды до этих же показателей перестает брать корм. Взрослые особи питаются макрофитами.

*Белый толстолобик* достигает массы 16 кг. Созревает в возрасте 5-6 лет. Икрометание единовременное, в мае-июне, икра пелагическая. Питается микроскопическими водорослями, активно отцеживая их жаберным аппаратом. В составе пищи от­мечены все группы водорослей, но основу в естественных условиях составляют диатомовые (23-100% содержимого кишечника) и зеленые водоросли. При недостаточном количестве водорослей ры­ба потребляет детрит. За сутки белый толстолобик фильтрует до 31,2 л воды.

*Пестрый толстолобик* достигает максимальных размеров 1 м и 10 кг. Становится половозрелым в возрасте 4 года. Нерестится с середины апреля по июль. Плодовитость пестрого толстолобика достигает до 1 млн. шт. икринок. Питается водорослями и зоопланктоном. У двухлетков основными объектами питания являются ветвистоусые рачки, такие, как босмины, дафнии и др.

# Добавочные объекты

В качестве добавочных рыб используют судака, щуку, сома, буффало и др.

*Судак* имеет две формы: пресноводную и полупроходную. Не­рестится в апреле-мае при температуре воды 6-12°С. Икру откладывает на глубине 0,5-1 м на прикорневые части растений. Самец готовит место для кладки икры и охраняет его. У рыб дли­ной 40-60 см плодовитость составляет 200-500 тыс. икринок, у очень крупных особей – более 1 млн. Икринки клейкие, с большой жировой каплей. Развитие в зависимости от температуры воды длится от 3 до 10 дней.

Молодь судака питается планктоном, личинками хирономид, а при наличии доступной по размерам молоди рыб рано переходит на хищное питание Взрослый судак – хищник. Питается он бычками, килькой, молодью рыб, а также мизидами, гаммаридами, кревет­ками. Наибольшая интенсивность питания наблюдается с мая по октябрь.

Судака разводят в целях воспроизводства рыбы в естественных водоемах и как объект товарного рыбоводства. В прудах при оби­лии пищи сеголетки его достигают массы 120-150 г, двухлетки – 450-500 г.

*Щука* обитает в пресных водах. Половой зрелости в естествен­ных условиях достигает на 3-4-м году жизни. Плодовитость щуки зависит от возраста и колеблется от 17,5 тыс. до 1 млн. икринок. Нерестится щука весной при температуре 3-4°С. Ценность щуки как объекта выращивания в прудах заключается в том, что она является своего рода мелиоратором. Щука хорошо растет. Ее мясо отличается высокими вкусовыми качествами. Сеголетки щуки до­стигают массы 350-500 г и более. Щука хорошо переносит дефи­цит кислорода. В нагульных прудах рыбопродуктивность щуки мо­жет составлять 40-50 кг/га.

*Сом –* хищник, питается сорной рыбой, лягушками и головас­тиками, водными насекомыми. Выращивают его в рыбоводных прудах совместно с карпом в качестве добавочной рыбы. В прудах сом уничтожает сорную рыбу, которая является конкурентом в питании карпов. В зимнее время не питается. Половой зрелости достигает на 3-4-м году жизни. Плодовитость сома 11-480 тыс. икринок. Нерестится эта рыба при температуре 18-22,5°С. Самцы охраняют икру.

*Буффало –* представители североамериканской ихтиофауны. В нашей стране успешно акклиматизированы большеротый, малоротый и черный буффало. Взрослые особи большеротого буффало питаются крупными формами зоопланктона, черного и малоротого – бентосными организмами. Половая зрелость наступает у самок в возрасте 4-5 лет, у самцов на год раньше.

**Тема № 2. АНТРОПОГЕННОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДОЕМОВ. Влияние хозяйственной деятельности человека на воспроизводство рыбных запасов**

1. Большое влияние на процесс рыборазведения оказывает *гидростроительство* на реках, зарегулирование стока рек. Резерв воды создается за счет паводковых вод, задерживаемых плотинами, перегораживающими русло рек.

2. Отрицательное влияние оказывает *водный транспорт*, в результате использования которого происходит загрязнение водоемов нефтепродуктами, фекально-бытовыми сбросами. Судоходство ведет к механическому разрушению прибрежных биоценозов, а при движении крупнотоннажных судов – к разрушению донных биоценозов реки и нерестилищ. Крупнотоннажные суда при глубинах до 8 м переворачивают всю водную массу, разрушают полностью речную биоту, выбрасывают молодь на берег, вызывают уход рыб из района трасс судоходства.

3. *Водопотребление.* Количество воды для обеспечения потребностей развивающегося хозяйства и растущего населения на Земле непрерывно растет. Уже сейчас оно составляет 10% от полного речного стока Земного шара. Крупномасштабное водопотребление ведет как к непосредственному, так и к косвенному уничтожению рыбных ресурсов.

4. *Турбины ГЭС*. Повреждения рыб при скате через турбины делятся на: 1) *механические* - рваные, рубленые раны тела, ссадины, обрывы плавников и других частей тела, нарушение чешуйного покрова – результат непосредственного контакта рыб с твердыми предметами или воздействий сильной турбулентности воды; 2) *барические* (баротравмы) – разрыв плавательного пузыря или его увеличение, кровоизлияния в тканях и органах, выпучивание глаз, выворачивание желудка через ротовую полость, пузырьки газа в тканях – результат воздействия резкого перепада гидравлического давления; 3) *поведенческие* – изменение ориентации и распределения рыб в пространстве, изменение их двигательной активности, реакций на различные раздражители – результат воздействия разнообразных факторов на рыб при скате из водохранилищ.

5. *Тепловое загрязнение*. Основными источниками теплового загрязнения являются тепловые и атомные электростанции. В результате теплового загрязнения в пресноводных водоемах элиминируются стенотермные холодолюбивые виды, мезотермные виды вытесняются за пределы районов наибольшего прогрева, а эвритермные виды оказываются в наиболее благоприятных условиях. Поэтому из водоемов первыми исчезают лососевые, сиговые и корюшковые рыбы, а предпочтение получают карповые рыбы. Наличие в водоеме постоянного градиента температур и особенно обитание рыб в условиях, превышающих их температурный оптимум, часто приводят к нарушению гаметогенеза, к аномальным и дегенеративным процессам в гонадах рыб.

6. *Уничтожение малых рек.* Малые реки играют важную роль, как в формировании стока, так и в сохранении ихтиофауны регионов. В них расположены нерестилища многих видов рыб, происходит нагул молоди. Они служат естественными резерватами речной ихтиофауны при зарегулировании стока крупных рек. К малым рекам обычно относят реки короче 200 км. Таких рек у нас насчитывается около 99% от общего числа, а их протяженность превышает 9 млн. км. Использование малых рек чаще всего носит неорганизованный, нерегламентированный характер.

7*.Сейсморазведка.* Сейсмические методы разведки с использованием взрывной волны применяются при геофизических работах.

8. *Дноуглубительные* работы оказывают отрицательное влияние на развитие кормовых организмов, нарушают их естественный ареал обитания. Поэтому эти работы проводятся с большой осторожностью и только при изучении влияния на обитателей водоема. Зачастую эти работы планируются на весенний период, когда происходит нерест многих видов рыб.

9. *Дампинг* – вывоз и сброс грунта в море – ведет к разрушению обширных площадей донных биоценозов, повышению содержания взвешенных веществ в 10 – 100 раз, повышению на больших площадях мутности воды и к дополнительному загрязнению морских прибрежных экосистем, в том числе за счет перевода во взвесь веществ, накопленных в донных отложениях, например, в портах и в устьях рек.

10. *Траловый флот.* Механическому разрушению донных биоценозов и сокращению численности донных и придонных видов рыб способствует траловый флот при донных тралениях. В связи с этим поднимается вопрос о запрете или ограничении такого промысла, как это уже сделано на Черном море.

11. *Мосты*. Сужение русла небольших рек, заключение их в бетонные трубы при строительстве автомобильных и железных дорог часто приводят к созданию участков водотоков со скоростями течения, непреодолимыми для рыб. Особенно это проявляется в период паводка, когда происходят анадромные нерестовые миграции рыб. Этого влияния легко избежать, зная критические скорости плавания и обеспечивая необходимые для прохода рыб скорости течения.

12*. Электромагнитные поля*. К относительно новым факторам воздействия относятся электромагнитные поля, связанные с применением электротока. Методом телеметрии на мигрирующих осетровых установлено, что они задерживаются под воздушной высоковольтной линией, пересекающей Волгу. Очевидно, что и для других электрочувствительных рыб подобные поля, возникающие в районе переходов рек воздушными линиями электропередачи или нефте- и газотрубопроводами (на них подается слабое напряжение), могут оказывать негативное влияние, задерживая их миграцию и в конечном итоге приводя к сокращению численности популяций.

13. *Добыча строительных материалов и полезных ископаемых.* К непосредственному разрушению участков местообитания рыб, а также к гибели участков, расположенных ниже по течению за счет заиления и загрязнения, ведет добыча строительных материалов и полезных ископаемых. Главным компонентом при этом являются взвешенные вещества, образующие зону повышенной мутности.

14. Значительный ущерб наносит *лесная промышленность*. Вырубка леса ускоряет таяние снега, и быстрый сток воды вымывает почву. Происходит заиление рек и ухудшение гидрологического и гидрохимического режима. Сплав леса по рекам загрязняет их и препятствует продвижению рыб к местам нереста.

15. Огромное влияние оказывает *токсикологическое* *загрязненнее,* которое является одним из основных факторов антропогенного воздействия. *Применение в сельском хозяйстве ядохимикатов и удобрений* наносит большой ущерб рыбоводству. Смыв их в реку и фильтрация через почву ведет к загрязнению и ухудшению гидрохимического режима. Огромное влияние оказывают *стоки промышленных предприятий и жилищно-коммунальных хозяйств*.

16. *Радионуклиды*. Уже после испытания первой американской водородной бомбы в 1953 г. на атолле Эниветок рыбы в районе выпадения радиоактивных осадков вблизи атолла были сильно заражены, а тунцы, отловленные за тысячи километров от атолла, непригодны к употреблению в пищу. Другим источником загрязнения радионуклидами является атомная промышленность, в частности атомная энергетика. Водоемы являются основным резервуаром, куда поступают радионуклиды.

17. *Эвтрофикация*. Начиная с 50-х годов XX столетия происходит резкое увеличение поступления биогенных элементов в водоемы. Это связано, прежде всего, с ростом применения минеральных удобрений и новых моющих средств (на фосфорной основе). С поверхностным стоком эти вещества попадают в водоемы. Дополнительным источником поступления эвтрофирующих веществ в водоемы является атмосферный перенос выбросов промышленности.

18. *Закисление природных вод.* Концентрация водородных ионов (рН) воды – один из важнейших абиотических факторов среды. С повышением кислотности уменьшается видовое разнообразие водных животных, происходит смена доминантных видов, снижается интенсивность продукционных процессов. Во многих естественных водоемах токсическое воздействие низких рН усиливается из-за сопутствующего ему повышения концентрации алюминия в воде. При низких рН затруднена способность гемоглобина использовать растворенные в воде кислород, снижается подвижность сперматозоидов и возможность оплодотворения икры, увеличивается число уродливых эмбрионов.

19. Большой ущерб воспроизводству рыбных запасов может нанести *чрезмерный вылов рыбы*. В биологическом смысле перелов означает, что из-за чрезмерного вылова количество оставшихся производителей не обеспечивает воспроизводства стада; в экономическом – промысел становится нерентабельным. В случае нерентабельности промысел прекращается, и это спасает большинство видов от полного уничтожения.

20. *Акклиматизация.* Акклиматизационные работы могут оказывать как положительное, так и отрицательное воздействие на водоемы. Так, вселение севрюги в Аральское море привело к заражению водоема жаберным сосальщиком, вследствие чего произошла массовая гибель аральского шипа.

21. *Искусственное воспроизводство.* В результате искусственного воспроизводства происходит снижение генетического разнообразия из-за использования ограниченного числа особей для получения половых продуктов. При искусственном воспроизводстве исчезающих таксонов встречаются генетические ошибки. Таким примером служит азовская белуга, численность которой находилась в катастрофическом положении и которую фактически потеряли из-за неоднократных перевозок в Азовский бассейн молоди другой внутривидовой формы – каспийской белуги. Пастбищное рыбоводство способствует сокращению численности или исчезновению ряда местных видов. Это связано не только с их уничтожением при подготовке водоема к зарыблению, но и с созданием в естественных водоемах высокой плотности популяций разводимых рыб. Так, например, разводимый во многих странах Европы угорь подавляет численность, а в некоторых реках уничтожает хариуса, гольца, подкаменщика.

**Тема № 3. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РЫБ В СВЯЗИ С ИХ ВОСПРОИЗВОДСТВОМ.**

**Теория экологических групп рыб и ее значение для рыбоводства**

Для целей рыбоводства особенно важно знать экологические группы по отношению к местам обитания и месту нереста.

По месту обитания рыб подразделяют:

*Морские рыбы* – постоянно живут и размножаются в море (камбала, тунец, скумбрия).

*Проходные рыбы* – живут в море, а размножаются в реках, по которым большинство из них проходит сотни километров, преодолевая течение, пороги, водопады. К ним относятся белуга, осетр, севрюга, шип, лососи, ряд сельдей и др. Также к проходным относятся угорь и речная камбала, живущие в пресных водах, а размножающиеся в море.

*Полупроходные рыбы* – обитают в основном в опресненных участках моря, а для размножения входят в реки, не поднимаясь по ним столь высоко, как проходные. В группу полупроходных входят сазан, лещ, судак, вобла, тарань и др.

*Пресноводные рыбы* – живут в реках и пресных озерах. К ним относятся карась, язь, щука, плотва и жилые (туводные) формы полупроходных рыб – сазан, лещ, судак.

Место нереста является приспособлением рыб к наиболее благоприятным условиям для эмбрионального и постэмбрионального развития. Поэтому С.Г. Крыжановский разделил рыб на 5 экологических групп: *литофилы, фитофилы, псаммофилы, пелагофилы, остракофилы.*

**Теория внутривидовых групп рыб**

Время нереста различных рыб разнообразно и приурочено к определенным сезонам года. В связи с этим промысловых рыб делят на две группы:

*Весеннее-летненерестующие* – щука, сом, судак, вобла, сазан, рыбец, лещ, осетр, белуга, севрюга.

*Осенне-зимненерестующие* – лососи, сиги, белорыбица, налим.

Первая группа рыб нерестится в марте-августе, вторая в сентябре-январе. Неодинаковые сроки икрометания свойственны рыбам одного вида и одной популяции. Л.С. Берг, изучая лососей, выявил у кеты две группы, различающиеся между собой по ряду признаков. Эти группы он назвал летней и осенней расами. *Летняя раса была* *названа яровой, а осенняя – озимой*.

Яровые рыбы мигрируют из моря в реки, где они мечут икру в том же году. Озимые идут из моря в реки, где они нерестятся только на следующий год.

Например: ход летней кеты в реку начинается в начале июля и заканчивается в середине августа. Осенняя кета заходит в реку в конце июля – середине августа, а массовый ход в конце августа – начале сентября. Нерест с сентября по октябрь.

Н.А. Гербильский, Б.Н. Казанский и И.А. Баранникова изучали особенности размножения куринского и волжского осетра и установили наличие биологических групп внутри их популяций: ранний яровой осетр (заходит весной, нерест – середина мая-июнь), поздний яровой осетр (заходит весной-летом, нерест в августе), озимый осетр летнего хода (заходит в мае, нерест весной следующего года) и озимый осетр осеннего хода (заходит в августе, нерест в апреле).

*По Н.А Гербильскому, внутривидовой биологической группой является совокупность особей, отличающихся от других рыб своего вида особенностями развития и размножения.*

**Теория этапности развития рыб**

Основой рационального проведения любых рыбоводных работ является правильное понимание биологических особенностей объектов разведения в различные моменты их жизни. Это относится ко всем без исключения звеньям биотехнического процесса: стимуляции созревания производителей, получению половых продуктов, оплодотворению икры и ее инкубации, выдерживанию свободных эмбрионов, выращиванию жизнестойкой молоди и т.д. Требуется глубокое знание закономерностей развития объектов рыбоводства, которое может быть достигнуто лишь на правильной методологической основе.

Основоположником теории этапности развития рыб является В.В. Васнецов (1946, 1948, 1953). Он показал, что все развитие рыбы представляет последовательный ряд этапов, каждый из которых отличается особенностями строения, физиологии и экологии рыбы.

*Этап* – это промежуток времени в развитии рыбы, в течение которого происходят медленные постепенные изменения количественных показателей, но не совершается принципиальных преобразований ни в строении, ни в физиологии, ни в поведении рыбы, изменяющих ее отношение к среде.

На каждом этапе строение и образ жизни находятся в неразрывном единстве. Особое внимание В.В. Васнецов уделял переходу от этапа к этапу, скачкообразности этих переходов, а то, что происходит в течение этапа, он называл интервалом, в течение которого идут медленные, постепенные, почти незаметные изменения. Позже С.Т. Крыжановский показал, что в каждый момент развития происходят и количественные и качественные изменения, и тем самым все предпосылки для перехода на новый этап развития создаются на предшествующем этапе развития.

Длительность этапов неодинакова – от нескольких дней до трех и более лет, в зависимости от условий среды, в которых находится организм (to, газовый режим, химические показатели, наличие пищи и другие факторы).

Этапы объединяются в периоды. Все развитие рыбы подразделяется на ряд основных периодов:

– эмбриональный;

– постэмбриональный;

– период неполовозрелого организма;

– половой зрелости и старости.

В развитии теории этапности положительную роль сыграла *теория экологических групп* рыб Крыжановского. В частности она позволила осознать приспособительный характер различных этапов у разных рыб. Число этапов развития, составляющих периоды развития, оказалось различным у представителей разных экологических групп: у щуки три личиночных этапа развития, у литофилов – четыре. У литофильных лососевых рыб личиночный период развития по существу может рассматриваться как затянувшийся этап смешанного питания – собственным желтком и внешней пищей. У фитофильных карповых этот этап очень короток – в течение почти всего личиночного периода молодь питается внешней пищей. У лососевых выявлен нерестовый этап развития у нескольких видов рыб, представителей разных экологических групп.

В течение периода размножения чередуются этапы нереста и нагула.

*Значение теории*. Теория этапности в развитии организмов, созданная В.В.Васнецовым (1946, 1953), все чаще применяется в исследованиях развития рыб и других животных. С позиции этой теории изучены многие виды разных систематических групп: карповых, окуневых, лососевых, осетровых.

Анализируя огромный материал по развитию рыб, С.Г. Крыжановский (1950) пришел к выводу о теснейшей взаимосвязи этапов: «Все этапы взаимно обусловлены, поэтому, чтобы вполне понимать любой из них, необходимо знать все этапы развития». Отсюда понятна важность изучения этапов всего онтогенеза.

Теория этапности развития позволяет понять приспособительную сущность организма в каждый момент его индивидуальной жизни и жизни вида, выявить потребности организма на каждом этапе развития, и тем самым дает ключи к управлению этим развитием. Последнее особенно важно для рыбоводства.

**Понятие эмбрионального и постэмбрионального периодов в развитии рыб. Критические стадии в развитии. Влияние температуры на эмбриогенез**

Эмбриональный период многих видов рыб имеет некоторые общие черты.

*1 этап эмбрионального периода – оплодотворение*. Уже с момента проникновения сперматозоида в яйцеклетку начинается развитие. На этом этапе происходит набухание икринки. А у карповых, осетровых появляется клейкость. Оболочка икринки становится прочной.

*2 этап – дробление*. Начинается с момента появления первой борозды дробления. Сначала появляются два бластомера, затем четыре и так далее. В конце этого этапа образуется многоклеточная бластула (с 4 по 12 стадию).

*3 этап – гаструляция,* или процесс обрастания, в результате которого клетки анимального полюса начинают разрастаться и заходят на вегетативный. На этом этапе образуется двухслойный зародыш. Образуется нейрула, закладывается нервная трубка (с 13 по 18 стадию).

*4 этап – органогенез*. Изменение формы тела, обособление хвостового отдела, формирование отделов головного мозга. У осетровых, например, этот этап называется «от конца гаструляции до начала пульсации сердца» (с 19 по 28 стадию).

*5 этап – появление функционирующего сердца и кровообращения*. Появляется движение. У осетровых рыб называется «от начала пульсации сердца до вылупления». На этом этапе начинается выделение фермента железой вылупления, который растворяет оболочку и заканчивается эмбриональный период выходом наружу.

**Постэмбриональный период развития**

Эмбриональный период заканчивается выходом эмбриона из яйца, после чего начинается постэмбриональный период. Он делится на несколько периодов:

1. Предличиночный;
2. Личиночный;
3. Мальковый.

*Предличиночный период* включает этап эндогенного питания (личинка с желточным мешком). Момент выхода эмбриона из яйца производит впечатление кратковременного скачка. На самом деле вылупление эмбриона – очень длительный процесс, сопровождающийся накоплением морфофизиологических изменений. Этот процесс складывается из подготовки эмбриона к вылуплению, самого момента вылупления и изменений, обеспечивающих главнейшие процессы жизнедеятельности организма, оказавшегося вне яйцевой оболочки. Со времени появления свободного эмбриона из оболочки идет отсчет предличиночного периода. Вылупившаяся предличинка некоторое время ведет пассивный образ жизни. Она питается за счет своих внутренних резервов желтка. Постепенно желточный мешок уменьшается (происходит его резорбция). Переход личинки к внешнему питанию – это начало личиночного периода. У осетровых рыб весь этот период длится от 37 до 45 стадии.

В это время идет формирование предличинки. Если на 37-й стадии предличинка имеет длину 10,5-11,5 мм, то на 45 стадии она достигает размера 17-18 мм.

За весь период у предличинок формируется ротовое отверстие, появляются жаберные щели и грудные плавники. Идет разделение пищеварительной системы на два отдела: желудочный и кишечный. Появляются зачатки брюшных плавников, и начинает двигаться нижняя челюсть. 45-я стадия называется стадией перехода личинок на активное (экзогенное) питание. После этой стадии предличинок называют уже личинками, и начинается личиночный период. У осетровых рыб этот переход осуществляется при резорбции желточного мешка на 2/3 части.

*Личиночный период* длится от начала внешнего питания до исчезновения личиночных признаков.

В этот период заканчивается резорбция желточного мешка, и личинка полностью переходит на экзогенное питание. Например, у осетровых рыб личиночный период делится на два этапа. На первом личиночном этапе личинки питаются смешанно. Этот этап длится 3 дня. На втором этапе желточный мешок исчезает полностью. Длительность этапа – 10 суток. У некоторых видов рыб в период личиночного развития могут появляться дополнительные органы. Например, у осетровых рыб на 1-ом личиночном этапе появляются зубы, а на 2-ом исчезают. Необходимость в них при переходе к мальковому периоду развития отпадает.

*Мальковый период* начинается с момента появления чешуйчатого покрова и заканчивается оформлением признаков сходства с взрослыми особями данного вида. Например, у осетровых в этот период формируются ряды спинных, боковых и брюшных жучек. Их количество такое же, как и у взрослых рыб. Жаберные крышки начинают полностью прикрывать жабры. Мальки полностью переходят к питанию бентосом.

У многих видов конец малькового периода связан со скатом в море. Например, у лососевых рыб в это время изменяется окраска, и они из пестрых превращаются в серебряных (серебрянки).

**Теория критических этапов в развитии рыб**

Эколого-физиологическими методами исследований установлено, что интенсивность газообмена, скорость роста и другие показатели жизнедеятельности организма периодически изменяются в процессе развития рыб. Периоды высокой чувствительности к внешним воздействиям, замедленного роста и высокой интенсивности дыхания были названы *критическими*, а сама теория получила название «*Теории критических периодов*». В 40-50-х годах прошлого века доказывалось существование весьма продолжительных по времени периодов высокой чувствительности к внешней среде. В последующих исследованиях отмечается, что критические периоды развития находятся на гранях, отделяющих друг от друга морфологически различные стадии развития. Они не могут быть продолжительными по времени и характеризуют состояние организма во время перехода от одного этапа развития к другому. Вместе с критическими периодами развития установлена ступенчатость, периодичность онтогенеза, последовательная смена форм обмена веществ, периодическая перестройка интеграционных механизмов, наступающая как во всем зародыше, так и в отдельных его частях и органах.

Как отмечает З.С. Кауфман (1990), кроме снижения резистентности, критические периоды развития рыб характеризуются и рядом физиологических особенностей: снижается темп роста, ослабляется нуклеиновый обмен, уменьшается регенеративная способность, уменьшается количество реактивных групп белка, интенсивность физиологических процессов ослабевает. Однако в период преодоления критических стадий развития дыхание усиливается. Периоды повышенной чувствительности совпадают с важнейшими этапами развития всего организма и его отдельных зачатков, а перестройка в клетках ведет к видимым процессам дифференциации.

Экспериментально доказано, что воздействие разных факторов (повышенная или пониженная температура, химические и механические агенты и др.) на развивающуюся яйцеклетку далеко не всегда приводит к ее повреждению. Имеются стадии, когда эти факторы не оказывают на зародыш заметного влияния, однако воздействием этих же факторов, и в тех же дозах, но на других стадиях, можно вызвать значительный процент уродств или гибели развивающихся яиц. Для объяснения механизмов критических периодов было предложено несколько гипотез, среди которых наибольший интерес представляет гипотеза П.Г. Светлова (1960). Он показывает, что критические периоды одновременно являются и периодами детерминации. Зародыш все свои возможности сосредоточивает на осуществлении важнейшего узлового момента развития, и ему, по выражению автора, «не хватает сил на парирование действий повреждающих факторов». Высокая реактивность в критические периоды объясняется пониженной регулятивной активностью. В критические периоды организм более чувствителен не к факторам среды, а к определенным воздействиям. Для развивающегося организма наличие периодов повышенной чувствительности имеет большое значение. При нормальных условиях развития эти периоды делают возможным восприятие воздействий небольшой силы, какими являются действия индукторов или гормонов. Раздражения, по своей силе превышающие нормальные, могут являться источником фено- и генотипической изменчивости, но более сильные раздражения приводят к патологическим изменениям.

Однако имеются и иные точки зрения, отождествляющие критические периоды с моментами реализации морфофизиологических дефектов, полученных по наследству от родителей, или возникших в результате влияния неблагоприятных факторов на развивающийся организм. Видимым эффектом этих периодов является повышенная гибель зародышей и личинок.

Другие исследователи, например, Ю.Н. Городилов (1969, 1970), не признают теорию критических периодов. Исследуя влияние разных температур на стадии развития зародышей невского лосося, он получил данные, свидетельствующие о том, что зародыши поражаются не сразу. Между временем воздействия и временем проявления этого воздействия проходит известный латентный период (на существование такого латентного периода ранее указывал П.Г. Светлов (1960)). Его продолжительность зависит от возраста зародыша. На самых ранних стадиях развития реализация повреждения наступает более медленно, но, начиная со стадии средней бластулы, зародыши гибнут сразу после воздействия при минимальном латентном периоде.

Т.А. Детлаф и А.С. Гинзбург (1954) своими опытами подтвердили наличие чувствительных периодов у зародышей осетровых рыб; однако они не были согласны, что эти периоды отличились повышенной дифференцировкой и что можно говорить о чередовании периодов роста и дифференцировки. Критические периоды у личинок описали многие авторы. Они их рассматривали как периодические возрастные изменения газообмена, которые совпадали с критическими стадиями.

У осетровых рыб период повышенной чувствительности начинается сразу после оплодотворения, в конце периода дробления чувствительность снижается и повышается перед началом гаструляции. Гаструляция идет при повышенной чувствительности.

18-я стадия – закрытие бластопора – самая чувствительная.

Подготовка эмбриона к вылуплению является одним из критических периодов эмбрионального развития, когда зародыш наиболее чувствителен к внешним воздействиям. Повышенная чувствительность объясняется достижением определенного для данного вида уровня развития комплекса органов, интенсификацией эмбриональной моторики, усилением тормозящего влияния яйцевой оболочки на газообмен эмбриона, накоплением в железах вылупления фермента, растворяющего яйцевую оболочку. У лососевых чувствительность эмбрионов повышается во время перехода с одного этапа развития на другой. Особенную осторожность нужно проявлять в начале дробления бластодиска, в начале гаструляции и при переходе к пятому этапу эмбриогенеза.

Значение критических периодов в развитии рыб очень важно для рыбоводства, так как в эти периоды необходимо соблюдение определенных требований к объектам рыборазведения.

**Понятие плодовитости. Абсолютная и рабочая плодовитость**

*Плодовитость* рыб, как и других животных, это приспособление, обеспечивающее сохранение вида в тех условиях, в которых он возник и существует. Большая плодовитость вырабатывается при условии более высокой смертности, в частности, при более интенсивном выедании хищниками.

Количество икры находящееся в яичниках рыбы, называется *индивидуальной, абсолютной или общей плодовитостью*.

Абсолютную плодовитость обычно определяют весовым методом учета икры. Для этого у измеренной и взвешенной рыбы вынимают ястыки (яичники), взвешивают и от них берут навеску от 1,5 до 10 г. Просчитывают число икринок в навеске и делают пересчет на всю массу ястыка.

*Рабочая плодовитость –* это количество зрелых икринок, полученное от одной самки для искусственного осеменения.

Рабочая плодовитость зависит от особенностей созревания. При единовременном созревании икры ее получают больше, чем при порционном. Величина рабочей плодовитости зависит и от способа взятия икры: при вскрытии самок она больше, чем при отцеживании.

Размер икринок у разных видов рыб сильно варьирует. Наиболее плодовитые рыбы имеют более мелкую икру и наоборот. Например: диаметр икры сазана 1,5-2 мм, щуки – 2,5 мм, осетра – 2,8-3,8 мм, лосося – 5-7 мм.

**Размножение, половая зрелость и созревание рыб**

Для успешного осуществления рыбоводных и мелиоративных мероприятий необходимы глубокие знания жизненного цикла ценных видов рыб и наиболее важного звена – *размножения.*

Понятие *размножение рыб* включает: развитие половых желез, нерест, оплодотворение, эмбриональное и постэмбриональное развитие. Размножение возможно только при наступлении половой зрелости рыб, т.е. созревании их половых продуктов (у самок яйцеклеток, у самцов сперматозоидов).

Половая зрелость у отдельных видов рыб наступает в различном возрасте. Большинство карповых, окуневых лососевых рыб достигают половой зрелости в 6-12 лет. У некоторых видов рыб период развития половых клеток затягивается на более длительное время. Так, осетровые половой зрелости достигают в 6-12 лет (белуга – 10-16 лет). Половозрелость у самцов наступает на 1-2 года раньше, чем у самок.

Большое влияние на процесс созревания половых продуктов рыб оказывают факторы внешней среды (прежде всего температура и условия питания). Низкие температуры, а также недостаточное питание могут приостановить процесс созревания половых желез. Нормальное созревание половых клеток – оогенез у самок и сперматогенез у самцов – происходит только при благоприятных условиях обитания. Каждая половая клетка, прежде чем она окончательно созреет, должна пройти в своем развитии ряд стадий. При этом различают два процесса: 1 – *период достижения половой зрелости, начиная от возникновения первичных половых клеток и кончая образованием зрелых половых продуктов*; 2 – *периодическое созревание определенной части половых продуктов в течении межнерестового периода (после достижения половой зрелости)*. Первый период более длительный, второй у разных видов рыб занимает разное время. Так, сазан, лещ размножаются ежегодно, а осетровые рыбы через 3-5 лет, тихоокеанские лососи после нереста погибают.

Стадию зрелости половых желез можно определить при помощи шкал зрелости. Для карповых и окуневых рыб существуют шкалы С.И. Кулаева и В.А. Мейена, для осетровых – шкалы А.Я. Недошивина, А.В. Лукина и И.Н. Молчановой. О.Ф. Сакун и Н.А. Буцкая разработали две универсальные шкалы для всех промысловых групп рыб. На основании этих двух шкал разработана единая универсальная шкала зрелости половых желез самок и самцов.

*Развитие женских половых клеток (оогенез)* состоит из следующих стадий:

*I стадия – неполовозрелые молодые особи.* Половые железы имеют вид толстых прозрачных тяжей, прилегающих к стенкам полости тела. Половые клетки у самок представлены *оогониями,* или молодыми ооцитами периода протоплазматического роста.

*II стадия – созревающие особи, или особи с развивающимися половыми продуктами после нереста.* Яичники полупрозрачные. Вдоль них проходит крупный кровеносный сосуд. При рассмотрении через лупу в яичниках хорошо видны *ооциты* периода протоплазматического роста. Отдельные ооциты уже закончили рост, их можно различить невооруженным глазом. Вокруг ооцитов закладывается слой фолликулярных клеток, образующихся из зародышевого эпителия яичников.

*III стадия – половые железы далеки от зрелости, но уже сравнительно хорошо развиты.* Яичники занимают от трети до половины объема брюшной полости и содержат мелкие непрозрачные ооциты, видимые невооруженным взглядом, обычно разного оттенка желтого цвета. При разрыве яичника образуются комки по несколько штук. На этой стадии происходит рост ооцитов не только за счет протоплазмы, но и в результате накопления в плазме питательных веществ, представленных гранулами желтка и каплями жира. Этот период называется *периодом трофического роста* (большого роста)*.*

В зависимости от пигмента, специфичного для разных видов рыб, яичники приобретают различный оттенок. В цитоплазме ооцитов появляются вакуоли, содержащие вещества углеводной природы. Формируется оболочка ооцитов. Сначала образуются микроворсинки на поверхности ооцита. У основания микроворсинок образуется тонкий слой гомогенного бесструктурного материала. При накоплении желточных включений в ооците формируется еще один слой, состоящий из пучков трубчатых структурных элементов. Затем внутренний слой переходит в гомогенный наружный, и оба слоя образуют единую оболочку. В зависимости от биологии вида и от экологии нереста, приспособляемости в процессе филогенеза и других условий оболочка у различных видов рыб имеет различное строение. Так, у осетровых она состоит из нескольких слоев (сложная оболочка), у некоторых видов – один слой.

При рассмотрении оболочки ооцита под микроскопом видна радиальная исчерченность, отсюда название – zona radiata.

Ооцит со сформировавшейся zona radiata окружен фолликулярными клетками, которые образуют фолликулярную оболочку, или фолликул. У некоторых видов рыб над zona radiata образуется еще одна оболочка (студенистая), например, у плотвы. У некоторых видов рыб имеется ворсинчатая оболочка.

*IV стадия – половые железы достигли или почти достигли полного развития.* Ооциты крупные и легко отделяются друг от друга. Цвет яичников у различных видов рыб неодинаков. Обычно он желтый, оранжевый, у осетровых – серый или черный. Половые клетки представлены ооцитами, завершившими трофоплазматический рост и имеющими сформированные оболочки и микропиле. На 4 стадии, также как и на 2 и 3 стадиях зрелости у полициклических рыб в яичниках присутствуют оогонии и ооциты периода протоплазматического роста, составляющие резерв для будущих нерестов.

В оболочке икринки имеется микропиле для проникновения спермия в яйцо. У осетровых их несколько (это видовое приспособление). Ядро ооцита смещается к микропиле. Ядро и желток располагаются полярно. Ядро на анимальном полюсе, желток на вегетативном полюсе. Идет слияние желтка с жиром.

*V стадия – текучие особи.* Икра свободно вытекает из полового отверстия. При переходе в V стадию икринки приобретают прозрачность. При разрыве фолликула в дальнейшем икринка попадает в яйцевод или брюшную полость в зависимости от строения яичника. После овуляции идет быстрый процесс созревания – мейоз.

У осетровых ядрышки ядра растворяются, ядро уменьшается в размерах. Оболочка ядра растворяется и начинаются деления. После этого ооциты рыб освобождаются от фолликулярной оболочки.

*VI стадия – отнерестившиеся особи.* Половые продукты выметаны. Яичники небольшого размера, дряблые. Оставшиеся фолликулы, а также невыметанные икринки подвергаются резорбции. После рассасывания пустых фолликул яичники переходят во II, а у некоторых в III стадию зрелости.

Рассмотренная шкала стадий зрелости половых желез может быть использована при анализе рыб с единовременным нерестом, при котором самки мечут икру только по одному разу в год. Однако, у некоторых видов рыб икрометание порционное (многие карповые, сельдевые и окуневые). Самки таких рыб мечут икру несколько раз в течение года, у них ооциты созревают неодновременно.

Процесс *развития мужских половых клеток (сперматогенез*) включает несколько стадий:

*I стадия.* Половые клетки самцов представлены *сперматогониями*. Сперматогонии – это первичные половые клетки, которые образуются у самцов рыб из перетониального эпителия.

*II стадия.* Семенники имеют вид плоских тяжей сероватого или бело-розового цвета. Половые клетки представлены сперматогониями в состоянии размножения. Они несколько раз делятся, увеличиваясь в числе, из каждой исходной образуется пять (такие группы носят название цист).

*III стадия.* Семенники на этой стадии значительно увеличиваются в объеме, они плотные и упругие. Сперматогонии вступают в период роста и превращаются в *сперматоциты* I порядка. Затем они начинают делиться и из каждого сперматоцита первого порядка получаются два второго порядка, а затем 4 *сперматиды* меньшего размера. Образовавшиеся сперматиды вступают в период формирования и постепенно превращаются в зрелые сперматозоиды.

*IV стадия.* Семенники на этой стадии имеют наибольшую величину и молочно-белый цвет. На этой стадии завершается сперматогенез, и семенные канальцы содержат спермии.

*V стадия.* Образуется семенная жидкость, приводящая к разжижению массы спермиев, вызывающему их вытекание.

*VI стадия.* Отнерестившиеся особи. Семенники малы и дряблы. Оставшиеся сперматозоиды подвергаются *фагоцитозу.*

**Тема № 4. Влияние различных факторов среды на рыб**

Все объекты рыборазведения находятся в тесной взаимосвязи с факторами внешней среды – абиотическими факторами. Внешняя среда влияет на все жизненные процессы, происходящие в организме рыб: дыхание, питание, кроветворение, нервную деятельность, размножение, рост и развитие.

К наиболее важным факторам относятся температура воды, освещенность, уровень и течение воды, гидрохимический режим, кормовая база.

**Влияние температуры воды на жизненные циклы рыб**

Температура воды является важным фактором, оказывающим влияние на рост и развитие организма рыб, на интенсивность ферментативных процессов, на активность потребления пищи, характер обмена веществ.

Температура определяет физиологическую готовность организма к началу миграций, нересту и зимовке.

По отношению к температуре рыбы делятся на *эври- и стенотермных*. *Эвритермные* – это виды рыб, живущие в водоемах, температура воды в которых изменяется в течение года в широких пределах. К ним относятся щука, лещ, сазан, осетровые, лососевые рыбы и т.д. *Стенотермные* – это в основном тропические рыбы, которые выдерживают колебание температуры в 5-70С.

*Температурные условия, при которых жизненные циклы проходят нормально, называются оптимальными.* Температурный диапазон закрепляется наследственно. С повышением температуры увеличиваются окислительные процессы. При этом рыбе требуется больше кислорода. Повышение температуры воды способствует распаду оксигемоглобина на гемоглобин и кислород, а также интенсивной отдаче кислорода тканям. В связи с чем гемоглобин не связывается с кислородом в органах дыхания, что приводит к усилению процесса дыхания у рыб. Таким образом, при выращивании рыб в условиях повышенных температур воды необходимо улучшать условия газообмена.

Все виды рыб условно подразделяют на *теплолюбивых* (осетровые, карповые, окуневые) и *холоднолюбивых* (лососевые, сиговые). Теплолюбивые могут жить в водоемах с колебанием температуры воды от 0 до 300С и даже выше. Нерест у таких видов рыб весенне-летний, при температуре воды от 8 до 200С или при 17-250С. Например: белуга откладывает икру при температуре воды 8-150С, стерлядь нерестится при температуре 8-100С. Холоднолюбивые рыбы нерестятся осенью при температуре 10-140С. Развитие икры происходит при температуре воды 0-140С.

Нижней летальной температурой для лососевых рыб является 00С, верхняя граница зависит от видовой принадлежности. Верхняя граница для горбуши равна 240С, для гольца – 25,30С, для кумжи – 26,50С, для атлантического лосося – 32-340С.

При постепенном повышении или понижении температуры по отношению к оптимальной нормальное течение жизненных процессов у рыб нарушается.

Например: для сазана оптимальной температурой воды является 20-250С. При температуре ниже 12-150С сазан не размножается и неохотно потребляет корм. При 100С интенсивность питания снижается еще больше, а при 2-40С сазан прекращает питаться и расти, замедляется его дыхание. Повышение температуры воды до 27-300С также ведет к снижению активности рыбы, замедлению роста.

Температура является сигнальным фактором для нерестовых миграций. Например, яровые осетровые с февраля по май идут в реку при температуре от 0 до 150С. Летом, когда температура воды повышается до 18-240С, идут озимые формы, а осенью, когда температура падает до 4-60С, ход прекращается.

Оптимальная температура воды для питания и роста молоди всегда выше, чем в период эмбрионально-личиночного развития. Между той и другой существует промежуточная температура, оптимальная для жизнедеятельности свободных эмбрионов и личинок.

Например, для личинок пресноводного лосося она равна 9-120С. Оптимальная температура для роста молоди является оптимальной и для общего обмена, связанного с рациональным использованием искусственного корма. Рыба питается и при температуре вне оптимальных пределов. Но потенциальные возможности роста полностью не реализуются. По мере повышения температуры ускоряется переваривание пищи. При температуре выше оптимальной повышается общее и относительное потребление корма на единицу прироста рыбы. При температуре ниже оптимальной активность потребления корма и, следовательно, суточный рацион снижается, но вместе с тем возрастает эффективность его использования на пластический обмен, поскольку основной обмен в этих условиях не значителен.

**Влияние освещенности, уровня и течения воды на выживаемость рыб**

Важным условием выращивания полноценной молоди рыб является уровень воды, который в основном составляет 0,3-0,5 м.

Большое значение для жизни рыб имеет освещенность. Этот фактор влияет на развитие рыб. Так, у многих видов в эмбриональный период развитие нарушается, если происходит в несвойственных для них условиях освещенности. Примером этого может быть развитие зародышей и предличинок лососей на свету, что ведет к увеличению уродств. В естественных же условиях лососи откладывают икру в нерестовые бугры, без доступа прямого света. Поэтому икру лососей инкубируют в аппаратах, плотно закрытых от света в темном цехе.

Освещенность совместно с уровнем воды оказывает влияние на нерестовые миграции. Полупроходные рыбы начинают миграции весной, когда увеличивается продолжительность светового дня, повышается температура воды и ее уровень (половодье).

Течение воды является стимулирующим фактором для созревания половых продуктов и при нересте.

***Влияние гидрохимического режима на рыб (солевой состав, газовый состав, активная реакция среды рН)***

Гидрохимический состав зависит от химических свойств воды, ее способности растворять жидкие, твердые и газообразные вещества.

## Солевой состав воды. Минеральные соли растворены в воде. Морская вода резко отличается от пресной воды по своему солевому составу.

В морской воде растворены хлористые соли, а в пресной преобладают углекислые и сернокислые соли, от этого зависит жесткость воды. Солевой состав воды изменяется в течение года.

Солевой состав влияет на всех обитателей водоемов, в том числе и на рыб. От состава и количества растворенных в воде минеральных солей зависит развитие одноклеточных водорослей – пищи для беспозвоночных животных и рыб. Рыбы непосредственно из воды могут получать фосфор, кальций, магний, калий, серу, железо, медь и другие элементы, необходимые для нормального роста и развития организма. Однако, значительное содержание в воде нитратов и нитритов смертельно для рыб.

Растворенные в воде минеральные соли поддерживают у рыб постоянное осмотическое давление, обеспечивающее работу всех внутренних органов: всасывание в кровь через стенки кишечника, выделение продуктов обмена.

Для определенного вида существует свой постоянный солевой состав, к которому он приспособился в процессе эволюции. Одни рыбы способны жить только в морской воде, другие только в пресной, и промежуточная группа приспособилась жить и в пресной и морской воде.

Рыб, которые выдерживают колебания солености, называют *эвригалинными*, а тех, которые не переносят большие колебания солености, называют *стеногалинными*.

Большинство рыб, которых разводят в искусственных условиях, являются эвригалинными.

Физиологически подготовленная к миграциям молодь лососей сравнительно легко переходит от жизни в пресной воде к жизни в типично морской. Личинки и молодь осетровых рыб обладают также эвригалинностью. Они способны выдерживать соленость воды 50/00 без адаптации. Молодь осетровых в возрасте 50-60 суток при резком переводе ее из пресной воды в соленую выживает при солености 8-100/00, а при постепенной адаптации молодь выживает в воде с соленостью 13-160/00. Взрослые осетровые могут жить в воде с соленостью выше 160/00.  Полупроходные карповые (лещ, сазан, судак) на стадии эмбрионального и раннего постэмбрионального развития способны переносить соленость воды в 50/00. Молодь этих рыб выдерживает соленость до 12-140/00.

*Газовый состав.* Содержание в воде растворимого кислорода изменяется в зависимости от температуры воды (с ее понижением повышается растворимость кислорода в воде).

Растворимый в воде кислород необходим рыбам для дыхания. Они ассимилируют его из воды, и через жаберные капилляры он поступает в кровь, а уже во всех органах и тканях происходят окислительно-восстановительные реакции.

По отношению к содержанию кислорода все рыбы делятся на 4 группы:

1. Рыбы, живущие в воде с высоким содержанием кислорода (лососевые – 6-7 мг/л);
2. Рыбы, живущие при 6-7 мг/л, но способные жить и при содержании кислорода 5-6 мг/л (осетровые);
3. Рыбы, способные жить при небольшом количестве кислорода – 4-5 мг/л (карповые);
4. Рыбы, живущие в воде с незначительным содержанием кислорода – 0,5 мг/л (золотой карась).

С повышением температуры воды рыбы потребляют больше кислорода. Однако существует температурный порог. При дальнейшем повышении температуры воды потребление кислорода падает. У лососевых рыб это происходит при температуре воды 20-230С.

Отмечено влияние концентрации кислорода на белковый и углеводный обмен.

В нерестовых лососевых реках насыщение воды кислородом обычно в пределах нормального режима, или близкого к нему. Следовательно, если температурный оптимум для питания и роста молоди лососей находится в пределах 7-180С, то оптимальная концентрация кислорода при нормальном насыщении составляет 9,4-12,1 мг/л. Несмотря на относительно высокую оксифильность, лососи устойчивы к дефициту кислорода, причем пороговая концентрация кислорода с возрастом понижается. Свободные эмбрионы стальноголового лосося и радужной форели погибали при содержании кислорода 2,2-2,7 мг/л, годовики – 2-2,4 мг/л, а двухлетки – 1,5-2,1 мг/л. Интервал концентрации кислорода в воде, при котором потребление его почти не меняется, В.И. Привольнев назвал *кислородной зоной адаптации*. Очевидно, при выращивании молоди лососей концентрация кислорода в рыбоводных емкостях не должна снижаться далее определенного уровня, за которым наступает снижение обмена.

*Активная реакция среды* (водородный показатель). Этот показатель зависит от растворенных в воде различных химических веществ и определяется концентрацией в ней водородных ионов. Колебания рН в водоемах бывают суточные сезонные, годовые. Большое воздействие на рН оказывает кислород. Дыхание животных и процессы гниения уменьшают количество кислорода, что способствует снижению активной реакции среды. При массовом развитии в водоеме растительных организмов рН снижается.

Наиболее благоприятна для жизни рыб, являющихся объектами массового искусственного разведения, нейтральная или слабощелочная реакция среды (рН – 7,0-7,5). При рН ниже 6,0 и выше 8,5-9,0 рыбы могут погибнуть.

В воде нерестовых лососевых рек, как хорошо аэрируемых водоемов, низкой концентрации СО2 сопутствует нейтральная или близкая к ней реакция среды. Повышение или понижение уровня СО2 сопряжено с изменениями рН в прямой зависимости. Уменьшение величины рН или ее увеличение относительно нейтральной выше предельного уровня затрудняет использование рыбой кислорода. Значение рН в пределах 6-8 при выращивании лососей не вызывает отрицательных явлений, хотя оптимальный уровень обычно ограничивают величиной 6,5-7,5. В более кислой или щелочной среде рыба хуже использует кислород.

### Влияние кормовой базы на рыб

Если предыдущие факторы были абиотическими, то кормовая база является биотическим фактором среды.

*Кормовые ресурсы водоема* – это вся совокупность животных и растительных организмов в водоеме и их продукты распада, которые имеются в водоеме, независимо от того, используются они в настоящее время рыбой или нет.

*Кормовая база* – это часть кормовых ресурсов, которая используется данными объектами рыбоводства.

Все виды рыб по типу питания делятся на 2 группы: животноядные и растительноядные рыбы.

Те рыбы, которые питаются различными беспозвоночными животными, называются мирными, а те, которые питаются другими рыбами – хищниками.

Растительноядные рыбы питаются водорослями, а также высшей мягкой и жесткой растительностью.

При хорошем питании рыба быстро растет и достигает высокой упитанности. При скудном питании у рыб низкий темп роста, плохой экстерьер, у таких рыб потомство малочисленное и менее жизнестойкое. Значительную роль играет доступность для рыбы корма, а также его питательная ценность. Чем доступнее корм, тем лучше будет расти рыба, так как она будет тратить меньше энергии на отыскание своей жертвы. Чем выше питательная ценность кормовых организмов, тем выше кормность водоема и, следовательно, тем лучше условия для жизни рыбы.

Тема № 5. ПРОЕКТИРОВАНИЕ РЫБОВОДНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ. Основы проектирования рыбоводных заводов и нерестово-выростных хозяйств

Составление проектной документации для рыбоводных хозяйств и заводов

Строительство рыбоводных хозяйств и заводов должно вестись по утвержденным проектам и сметам. Основанием для разработки проектов рыбоводных заводов и хозяйств является задание на проектирование, составленное организацией-заказчиком, являющейся распорядителем средств, выделенных на строительство предприятия. В составлении задания на проектирование принимает участие проектная организация, разрабатывающая проект.

Заказчик заключает договор с проектной организацией на выполнение изысканий и составление проекта, а также выдает основные сходные данные для проектирования и принимает от проектной организации техническую документацию. Задание на проектирование рыбоводных объектов должно содержать основные данные для проектирования:

1) основание для проектирования;

2) мощность хозяйства по выпуску рыбы или посадочного материала;

3) основные источники снабжения хозяйства сырьем, водой, топливом, газом и электроэнергией;

4) данные по местным строительным материалам (камень, гравий, песок и др.), дальность расположения их от строительной площадки, наличие путей сообщения и др.;

5) намечаемые районы потребления готовой продукции;

6) намечаемые сроки строительства;

7) ориентировочные размеры капитальных вложений и показатели себестоимости продукции.

Выбор строительной площадки производится в соответствии с положением о порядке выбора и утверждения площадок для строительства промышленных предприятий. Изыскания на площадках ведутся в соответствии с утвержденной инструкцией и указаниями ГУГКа.

Проектно-сметная документация по рыбоводным объектам обычно разрабатывается в две стадии – проектное задание и рабочие чертежи. В отдельных случаях при небольшой мощности хозяйства и несложных геологических, гидрогеологических и гидрологических условиях допускается одностадийное проектирование – рабочие чертежи и сметы. Двухстадийное проектирование (проектное задание со сводным сметно-финансовым расчетом и рабочие чертежи) и одностадийное (рабочие чертежи и сметы) разрабатываются с широким использованием типовых проектов или с повторным применением экономических проектов аналогичных рыбоводных хозяйств. Каждой стадии проекта предшествуют выбор площадки, а также полевые изыскания и исследования.

Требования к площадкам рыбоводных хозяйств

При выборе площадок для строительства рыбоводных хозяйств необходимо принимать во внимание, что наиболее экономически эффективными являются средние и крупные хозяйства: полносистемные площадью прудов 300-1500 га, рыбопитомники 50-200 га и нагульные 200-1000 га. Рыбоводные хозяйства желательно располагать по возможности вблизи населенных пунктов, а также трасс шоссейных и железных дорог и источников электроснабжения. Предпочтение следует отдавать площадкам, расположенным в районе крупных промышленных населенных пунктов, являющихся основными потребителями живой и свежей рыбы.

Площадка, намечаемая для строительства рыбоводного хозяйства, должна удовлетворять следующим основным рыбоводно-техническим требованиям: представлять собой широкую от 200 м и более пологую пойму реки или балки с незначительным поперечным уклоном: 0,01 в местах расположения небольших по площади прудов (нерестовых, зимовальных и др.) и 0,003-0,0001 для больших прудов (выростных и др.). Рельеф площадки должен быть спокойный и ровный с общим уклоном к реке, чтобы был обеспечен самотечный сброс прудов.

Лучшими почвами для всех категорий прудов-питомников или полносистемного рыбоводного хозяйства являются луговые с суходольным разнотравьем. Слабо заболоченные луговые почвы, а также почвы с наличием разложившегося торфа (минерализованного) могут быть использованы для устройств выростных и нагульных прудов.

Непригодными для рыбопитомников или рыбоводных хозяйств следует считать сильно заболоченные почвы с мощным слоем слабо разложившегося торфа из-за низкой продуктивности прудов и высокой стоимости строительства.

Лучшими подстилающими грунтами являются слабо водопроницаемые грунты – глины и суглинки, залегающие неглубоко от поверхности при достаточной их мощности (1-2 м).

Пески, подстилающие почвенный слой, нежелательны из-за больших потерь на фильтрацию воды из прудов, особенно, если поддержание горизонтов воды в прудах, построенных на таких грунтах, не обеспечивается источником водоснабжения.

Грунтовые воды не должны быть минерализованными. Залегание их желательно на глубине не выше 0,5-1 м от поверхности земли.

В зимовальных прудах не допускается выход грунтовых вод на ложе прудов. Залегание их допускается на глубине не менее 0,5 м от проектной отметки дна зимовального пруда. При выборе площадок необходимо учитывать требования санитарных органов.

В непосредственной близости к площадке должны находиться грунты, пригодные для устройства земляных дамб, а также желательно наличие на месте глины, камня, хвороста, дерна. Важным условием для строительства является наличие хороших подъездных путей, близость железнодорожных станций, близость населенных пунктов, обеспеченность рабочей силой.

Лучшими грунтами для плотины дамб являются легкие и средние суглинки.

Рыбоводно-технические требования к площадкам для строительства форелевых хозяйств несколько отличаются от требований, предъявляемых при выборе площадок под карповые хозяйства. В форелевых хозяйствах процесс выращивания рыбы основан исключительно на интенсивном кормлении всех возрастных трупп искусственными кормами; естественная пища и, следовательно, естественная рыбопродуктивность (за исключением маточных прудов) не играют почти никакой роли. Поэтому для выращивания форели не требуются большие земельные площади, а хозяйство в 2-5 га можно считать уже крупным. Плодородные почвы с богатым содержанием органических веществ мало пригодны для строительства форелевых прудов из-за отрицательного влияния на кислородный режим и наличия благоприятных условий для развития болезнетворных возбудителей. Непригодны также сильно фильтрующие грунты, торфяные и заболоченные участки. Лучше всего песчаные и каменистые почвы при наличии близко расположенных подстилающих грунтов со слабой водопроницаемостью.

Особое внимание надо обращать на качество, количество и внутригодовое распределение стока в источнике водоснабжения, так как усиленное водоснабжение прудов осуществляется в течение всех сезонов года. Количество воды и постоянство ее расхода в реке, являющейся источником водоснабжения, считаются основными факторами, определяющими мощность форелевого хозяйства и возможности его интенсификации. Считается, что для хозяйства мощностью 100 ц товарной форели необходимо иметь расходы воды порядка 200-250 л/сек, однако при правильной системе водоснабжения и хорошем качестве воды фактическая потребность может быть и ниже.

Источником водоснабжения прудовых рыбоводных хозяйств может служить, как правило, любой водоток: реки, ручьи, различные каналы, озера, водохранилища, атмосферные осадки, артезианские воды. Любой источник водоснабжения рыбоводного хозяйства должен иметь определенную мощность, обеспечивающую потребность хозяйства в воде во все сезоны, отвечать определенным требованиям и иметь качественные показатели, обеспечивающие нормальные условия для жизни рыб. Водоснабжение может быть самотечное, механическое или комбинированное.

Учитывая, что пруды рыбоводного хозяйства, как правило, разбросаны, при проектировании лучше всего выбирать самотечное водоснабжение. Для этой цели должен быть создан головной пруд на реке или ручье. Механическое водоснабжение в основном выбирается, когда источником водоснабжения служит озеро или водохранилище. При наличии вблизи площадки постоянного источника электроэнергии лучше устраивать механическое водоснабжение. В каждом проекте должно быть приведено технико-экономическое сравнение вариантов самотечного или механического водоснабжения. Для водоснабжения зимовальных прудов иногда предусматривают небольшую насосную станцию (комбинированное водоснабжение).

Требования к площадкам рыбоводных заводов

Строительство рыбоводных заводов осуществляется на реках, где в результате возведения гидротехнических сооружений нарушается естественное воспроизводство рыбных запасов. Для каждой реки составляют схему развития рыбных запасов и восстановления ущерба, нанесенного рыбному хозяйству гидротехническим строительством. На одной реке может быть предусмотрено строительство нескольких рыбоводных заводов, количество их зависит от объема воспроизводства рыбных запасов данного бассейна и мощности заводов по выпуску молоди рыб. Например, в Азовском бассейне для обеспечения общего улова осетровых в 150 тыс. ц, а за счет рыборазведения 140 тыс. ц, необходимо выпускать в водоем около 35 млн. молоди в год. Если принять мощность осетрового завода 6 млн. молоди в год, то потребуется 6 заводов, т. е. нужно было бы подобрать 6 площадок

При выборе площадки под строительство рыбоводных заводов рекомендуется руководствоваться следующими основными положениями: рыбоводный завод должен располагаться на берегу реки, в которой обитают производители рыб. Лучше всего площадки под рыбоводные заводы располагать в низовьях рек, приплотинных участках и на берегу водохранилищ. Площадка должна быть расположена обязательно вблизи населенного пункта (1,5-2 км), где можно разместить жилой поселок завода, а также иметь хорошие подъездные пути и постоянный источник энергоснабжения. Она не должна затапливаться высокими паводковыми водами и должен быть обеспечен самотечный сброс воды из прудов; рельеф должен обеспечивать расположение комплекса производственных зданий и сооружений с удачным направлением транспорта, подачи воды от насосной станции и сброса воды и молоди в водоем.

Геологические и гидрологические условия площадки должны обеспечивать наименьшую фильтрацию воды из прудов, а уровень грунтовых вод на площадке не выше 1 м от поверхности земли. Водоснабжение рыбоводных заводов проектируется в основном механическое, а поэтому важно правильно выбрать место водозабора, учитывая глубину реки, характер грунтов и размываемость берега.

Структура и типы рыбоводных заводов. Схема биотехнического процесса

Основными объектами искусственного разведения на рыбоводных заводах являются проходные рыбы: лососевые (атлантический лосось, кета, горбуша, каспийский лосось, нерка, кижуч, кумжа); осетровые (русский и сибирский осетр, севрюга, белуга, шип, их гибриды); сиговые (белорыбица, пелядь, чир, омуль, муксун, ряпушка, некоторые сиги - бентофаги); карповые (рыбец, кутум, шемая). Технология разведения рыбы сложная и трудоемкая. Она включает в себя несколько процессов: заготовка и получение зрелых производителей; получение зрелой икры и спермы; осеменение икры; подготовка икры к инкубации; инкубация икры; выдерживание предличинок; подращивание личинок и выращивание покатной молоди; учет и выпуск молоди в естественные водоемы.

Биотехнический процесс разведения различных видов рыб определяет структуру рыбоводных заводов. В состав заводов, как правило, входят следующие подразделения: 1) цех заготовки, содержания и выдерживания производителей, имеющий суда, прорези, живорыбные машины, летне – и зимнее-ремонтные и маточные пруды, а также пруды, садки и бассейны, в которых содержат производителей до созревания половых продуктов. Цех имеет отделение для получения зрелых половых продуктов, осеменения икры, подготовки ее к инкубации; 2) инкубационный цех с аппаратами для инкубации оплодотворенной икры. Здесь определяется качество икры, процент оплодотворения, осуществляется контроль за развитием эмбрионов, выдерживание предличинок; 3) цех бассейнового или садкового подращивания личинок (личиночно-выростная база) - здесь содержат личинок до перехода на активное питание; 4) цех бассейнового, прудового или садкового выращивания молоди; 5) цех живых кормов; 6) цех размещения выращенной молоди.

Рыбоводные заводы строят на берегах рек, за счет которых обеспечивается снабжение их водой при помощи насосных станций или самотеком. Совершая нерестовые миграции, в эти реки из моря ежегодно заходят проходные рыбы, их отлавливают в необходимом количестве и доставляют на рыбоводные заводы для окончательного созревания и получения половых продуктов. Взятую у самок икру осеменяют спермой самцов. Оплодотворенную икру готовят к инкубации и затем инкубируют в аппаратах горизонтального и вертикального типов. Полученных предличинок выдерживают, затем переводят на подращивание в рыбоводные емкости различных конструкций до перехода личинок на активное питание. Выращивание молоди на заводах проводят в бассейнах и небольших по площади выростных прудах.

Для отдельных групп рыбоводных заводов характерны свои структурные особенности. На одних заводах цех для выращивания молоди оснащен только бассейнами, на других - только прудами, а на заводах третьего типа - бассейнами и прудами. Большинство рыбоводных заводов относятся к полноцикловому типу технологического процесса, т. е. их структура представлена всеми вышеперечисленными производственными цехами. На лососевых заводах северо-западных районов страны в местах массового хода семги организуют временные пункты сбора и осеменения икры, где обустраивают речные стационарные садки для кратковременного выдерживания производителей. Дальневосточные лососевые заводы на местах естественных нерестилищ строят забойки с ловушками для отлова текучих производителей, русловые садки для выдерживания производителей, некоторые лососевые рыбоводные заводы обустраивают утепленное помещение (тепляк) для сбора и осеменения икры на местах заготовки производителей. Сиговые заводы обустраивают на берегах нерестовых рек и озер. В местах массового хода производителей организуют временные рыбоводные пункты с садковой базой для их выдерживания, тепляками для сбора и осеменения икры. Поэтому, на некоторых лососевых и сиговых заводах имеются лишь инкубационный цех и цех выращивания молоди.

По характеру водоснабжения все заводы делят на 2 типа: с принудительной подачей воды и самотеком. Может быть комбинированный способ водоснабжения, когда воду из реки насосами подают в пруды – накопители, а оттуда к местам потребления вода подается самотеком. Водозаборные сооружения оборудуются рыбосороуловителями. В головной части водоподающего магистрального канала, с целью осаждения взвесей устраивают бассейны-отстойники. Перед подачей воды в инкубационный цех ее очищают с помощью фильтров различных конструкций.

Кроме основных производственных подразделений на заводах имеется лаборатория для проведения гидрохимических, гидробиологических и биохимических анализов; холодильник для хранения скоропортящихся, свежих кормов; склад для хранения сухих кормов; помещение для приготовления кормов; склад для хранения минеральных удобрений; склад для хранения рыбоводного инвентаря и оборудования; насосная станция и водонапорная башня; гараж; административное здание. Электроэнергией рыбозаводы снабжаются от государственных сетей или от собственных дизельных электрогенераторов. Транспортировка грузов осуществляется автомобильным и водным транспортом. Для перевозки мелких грузов используются грузовые мотороллеры. Текущий ремонт технологического, энергетического оборудования и транспортных средств проводят в столярной, механической и электротехнической мастерской.

Структура НВХ и рыбопитомников. Схема биотехнического процесса

Основными объектами искусственного разведения из полупроходных и туводных рыб являются сазан, лещ, судак, тарань, стерлядь и растительноядные рыбы (белый амур, белый и пестрый толстолобики), щука, сом. Разведение этих рыб осуществляется в нерестово-выростных хозяйствах или рыбопитомниках, построенных в низовьях рек, на берегах озер и водохранилищ. Необходимость в организации таких хозяйств вызвана ухудшением естественного воспроизводства и уменьшением запасов полупроходных и туводных рыб в результате зарегулирования стока рек, коренного изменения величины и режима весеннего стока, уничтожением хищниками молоди на полоях. С 1 га НВХ получают в 10-15 раз больше молоди рыб, чем с 1 га ильменей, полоев.

В России НВХ построены в основном в бассейнах Волги, Дона, Кубани. На таких предприятиях проводят нерест заготовленных производителей, создают условия для развития икры, личинок, проводят выращивание молоди до момента достижения ею покатного состояния. В хозяйствах выращивают молодь одного или нескольких видов рыб (поликультура). При этом наиболее полно используются кормовые ресурсы выростных водоемов. НВХ строят в низовьях рек путем отгораживания мелководных участков поймы (пойменные) или на берегу водохранилищ (береговые). Нерестово-выростные водоемы площадью от 50 до 900 га соединяются с рекой магистральным каналом, по которому весной подается вода из реки или водохранилища. На водоподаче обустраиваются соро-рыбозащитные устройства. Летом по этому каналу производится сброс воды и скат выращенной молоди в реку. Для полного сброса воды из водоемов по их дну прокладывают сеть коллекторных канав. Подачу и сброс воды регулируют при помощи шлюза, установленного на магистральном канале. В шлюзе устанавливается заградительная сетка, препятствующая заходу в НВХ малоценной и хищной рыбы при его заполнении водой самотеком. Максимальная глубина нерестово-выростного водоема - 2 м, часть водоема с глубиной 0,2-1 м зарастает луговой мягкой подводной растительностью. Эта часть является местом размножения рыб. В таких хозяйствах нерест производителей, инкубацию икры, выдерживание личинок до перехода на активное питание и выращивание молоди рыб проводят в одном и том же водоеме. Условия разведения рыб в таких водоемах близки к естественным (полойным), но более благоприятны: постоянный уровень воды, отсутствие большого количества сорной и хищной рыбы. Производителей после нереста отлавливают. Выращивание молоди осуществляют 40-50 суток, при этом постоянно контролируют ее развитие, следят за состоянием водоемов, при необходимости удаляют излишнюю растительность и проводят периодическое удобрение прудов. В середине лета, при достижении стандартных навесок, молодь учитывают и выпускают в реки. В структуру модернизированных НВХ входят выростные пруды, площадью 30-50 га, преднерестовые, маточные пруды и инкубационный цех.

НВХ, предназначенные для воспроизводства туводных рыб, обустраивают на мелководьях водохранилищ. Для этого заливы отгораживают от водохранилищ земляными плотинами, зарыбляют личинками туводных рыб, которых получают диким нерестом с использованием искусственных нерестилищ. Осенью через шлюз подрощенную молодь выпускают в водохранилище.

В Азово-Кубанском бассейне строят НВХ в лиманах. Они представляют собой мелиорированные водоемы с управляемым водным режимом, отгороженные земляными валами, с водоподающими и водоспускными шлюзами. Подача пресной воды идет из реки, а ее сброс, вместе с выращенной молодью осуществляется в море. В этих хозяйствах разводят судака и тарань, производители которых сами заходят из моря в НВХ на приток пресной воды из хозяйства. Молодь при достижении стандартных навесок учитывают и выпускают в море. Работа НВХ с частично управляемым технологическим процессом (их большинство) проводится по следующей технологической схеме: 1) заполнение нерестово-выростных водоемов водой; 2) заготовка производителей на промысловых тонях и их транспортировка до хозяйства; 3) зарыбление прудов производителями, проведение нереста (в т. ч. устройство искусственных гнезд); 4) выращивание молоди полупроходных и туводных рыб; 5) проведение мероприятий направленных на повышение рыбопродуктивности НВХ; 6) отлов производителей после нереста; 7) спуск прудов; 8) учет выпускаемой молоди; 9) подготовка НВХ к очередному сезону.

В модернизированных НВХ в технологическом процессе появляются дополнительные операции, связанные с выдерживанием производителей, искусственным получением зрелых половых продуктов и оплодотворением икры, заводским методом инкубации икры, выдерживанием личинок до перехода на активное питание.

Источником рыбопосадочного материала для пополнения запасов полупроходных и туводных рыб (карп, сазан, лещ, растительноядные рыбы, судак, щука) в естественных водоемах и водохранилищах, кроме НВХ, являются рыбопитомники. Их строят на берегах больших рек, водохранилищ, озер. Они имеют летне- и зимнематочные, преднерестовые, мальковые, выростные и зимовальные пруды, инкубационный цех. Вода подается из источника водоснабжения с помощью насосных станций. Имеется также пруд-отстойник и водонапорная башня для снабжения чистой водой инкубационного цеха.

Схема биотехнического процесса в рыбопитомниках: 1) заготовка производителей на тонях или использование собственного маточного стада; 2) получение зрелых половых продуктов с помощью гипофизарных инъекций, оплодотворение икры, подготовка ее к инкубации; 3) инкубация икры в инкубационных аппаратах; 4) выдерживание личинок до перехода на активное питание; 5) подращивание личинок в мальковых прудах; 6) выращивание молоди до стадии сеголетка в выростных прудах; 7) учет и выпуск сеголетков в естественные водоемы на места нагула, где мало хищников.

Тема № 6. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОВЫМИ ЦИКЛАМИ РЫБ. Основы управления биологическими циклами рыб

Отлов и отбор производителей в целях воспроизводства, то есть получения от них потомства в искусственных условиях, связан с их биологическими особенностями. Сроки отлова производителей связаны со временем хода их на нерест или с периодом нерестовой миграции рыб.

Для разных видов рыб заготовка производителей осуществляется в разное время. Например, лососевых заготавливают, в основном, летом и осенью: сёмга – июнь-сентябрь, балтийский лосось – октябрь-ноябрь, каспийский лосось – ноябрь, тихоокеанские лососи – август-ноябрь. Сиговых отлавливают в реках и озерах в октябре-декабре, т.е. с начала понижения температуры воды до 4-60С и до ледостава. Белорыбицу заготавливают поздней осенью и ранней весной, что связано с её ходом в реку. Осетровых также заготавливают осенью и весной.

В целях сохранения генофонда популяций различных видов ценных промысловых рыб следует вести заготовку каждой биологической группы в период нерестового хода. В основном, производителей заготавливают на IV стадии зрелости половых продуктов. Но иногда заготовку ведут и на более ранних стадиях, например, производителей яровой сёмги заготавливают на I и II стадии зрелости, а затем выдерживают до полного созревания в специальных системах.

При отборе производителей руководствуются следующими правилами:

1. Особи должны быть здоровыми, без травм и уродств, кровоподтеков;

2. Иметь четко выраженные половые признаки.

Например, у самок осетровых тонкая тешка, брюшная стенка мягкая. Половое отверстие у самок припухшее, что не наблюдается у самцов. Самцы, как правило, меньше и прогонистее самок.

У некоторых видов рыб (например, лососевые виды) появляется в период нереста брачный наряд. В нерестовый период радужная форель приобретает ярко-выраженный брачный наряд. Боковая полоса у самцов становится значительно ярче, и жаберные крышки расцвечиваются. Тело самцов становится более темным. Нижние челюсти у них изгибаются в виде мощного крючка. Тело самки в этот период переливается радужными цветами с фиолетовыми и лиловыми оттенками. Брюшко увеличивается и отвисает, генитальное отверстие припухает, краснеет, выдвигается при нажатии в виде сосочка – генитальной поры.

3. Производители должны иметь не нарушенный чешуйчатый покров и упругую мускулатуру.

Особо важное значение при отборе производителей имеют морфометрические показатели, такие как рост, вес, высота спины, толщина тела, длина хвостового стебля.

Например, при заготовке сазана выбирают высокоспинных рыб, у которых длина тела превосходит высоту в 3 раза. У лососей высота тела в 4 раза меньше длины.

4. Большое значение при отборе и заготовке производителей рыбоводы придают возрасту рыб.

Наиболее хорошие для рыбоводных целей производители сазана в возрасте 3-4-5 лет, т.е. среднего возраста. У лососей оптимальный возраст 4-5 лет, иногда 7 лет. Впервые нерестующие самки дают икру плохого качества, мелкую и при инкубации наблюдаются большие отходы. Так же и старые производители дают половые продукты низкого качества и для рыбоводных целей используются в редких случаях.

5. Кроме возраста немаловажное значение имеют размеры.

В основном рыб тугорослых, мелких при заготовке отбраковывают. При работе с карповыми рыбами не берут мелких и крупных рыб, выбирают средних. У лососей заготавливают крупных.

6. Соотношение производителей часто бывает 1:1, то есть на одну самку заготавливают одного самца, иногда 1:1,5, иногда 1:2.

Существует три метода стимулирования половых продуктов у рыб: экологический, физиологический и эколого-физиологический.

*Экологический способ* был разработан академиком А.Н. Державиным. Он заключается в том, что для производителей, при их содержании, создаются условия внешней среды, соответствующие естественным. Этот метод в настоящее время применяется только для рыб с осенне-зимним нерестом и для рыбца.

Например, для содержания лососей применяются стационарные искусственные садки. Они копаные и по форме напоминают русло реки. В садке поддерживается благоприятный гидрологический и гидрохимический режим. Обычно садок имеет 4 секции. Откосы в каждой секции обложены булыжником, а дно покрыто песчано-галечным грунтом. В верхней части каждой секции скорость равна 0,8-1 м/с, а в нижней – 0,1-0,2 м/с, что приближается к естественным условиям. Содержат производителей до 12 месяцев.

Для рыбца садки земляные. Имеют по три нерестовых канавы. Ширина садка 12 м, длина 35 м, глубина 0,5-1 м. Длина нерестовых канав 25 метров, дно и откосы покрыты гравием и ракушей. Через 5 метров канава разделена съемными решетками. При наступлении температуры воды 180С начинается ход рыбца в канавы.

## Физиологический метод стимулирования половых продуктов у рыб разработал проф. Н.Л. Гербильский. Сущность метода заключается в том, что в железе гипофиза рыб в преднерестовый период образуются гонадотропные гормоны, воздействующие на процесс созревания половых желез. Введение гормона гипофиза производителям рыб с половыми железами, находящимися на IV стадии зрелости, ускоряет их созревание.

Введение ацетонированного препарата гипофиза в мышцы тела самки и самца, от которых хотят получить зрелую икру или сперму, называется *гипофизарной инъекцией.*

*Эколого-физиологический метод стимулирования созревания половых клеток у рыб.* В настоящее время применяют комбинированный метод, который в себе сочетает два метода – экологический и физиологический. Сущность этого метода заключается в том, что в начале производителей выдерживают в специальных садках (водоемах), а затем производят гипофизарную инъекцию.

Примером эколого-физиологического метода является содержание осетровых в садках Куринского типа. Они представляют собой земляной водоем, разделенный на три отсека перегородками, дно покрыто галькой. Сначала заготовленные самцы и самки сидят вместе в третьем отсеке. При наступлении нерестовых температур 10-16 0С для осетра, самцов отсаживают во второй отсек, затем через 2-3 дня необходимому количеству самок и самцов делают гипофизарную инъекцию.

Кроме этих садков для осетровых применяются бассейны конструкции Б.А. Казанского с рециркуляционной системой водоснабжения и регулируемой температурой воды. При наступлении нерестовых температур производителям делаются гипофизарные инъекции.

### Гипофизы, используемые для инъецирования разных видов рыб

### Следует учитывать, что гонадотропные гормоны в ряде случаев обладают видовой специфичностью, что выражается в том, что гонадотропные гормоны одних видов рыб оказываются неэффективными при использовании на других видах. Так, гонадотропины рыб семейства окуневых (судак, окунь и др.) не вызывают созревания у карповых рыб.

При проведении гипофизарных инъекций нужно использовать гипофизы тех видов рыб, которые содержат эффективно действующий гонадотропный гормон. Для стимуляции созревания половых клеток осетровых следует пользоваться гипофизами рыб того же семейства. При гипофизарных инъекциях рыбам семейства карповых (карпу, сазану, белому амуру и толстолобику) нужно использовать гипофизы сазана. Для получения зрелых половых клеток у окуневых (судак и др.) нужно применять ацетонированные гипофизы рыб того же семейства, а также гипофизы сазана. Для ряда объектов рыбоводства можно применять гипофизы млекопитающих, в частности хорионического гонадотропина.

##### **Проведение гипофизарных инъекций у карповых рыб**

##### Для гормональной стимуляции созревания сазана или карпа применяют гипофизы сазана, леща весенней или осенней заготовки.

Существует несколько схем проведения инъекций у карповых рыб. При раннем получении икры необходимо использовать дробную схему гипофизарных инъекций. В этом случае первая доза гипофизарного материала должна быть небольшой, 1/3 часть общей дозы, стимулируя только скорость развития ооцитов, не вызывая нарушений. Дробная схема в зависимости от степени зрелости яичников применяется по-разному.

1*. Получение икры от рыб, яичники которых находятся в состоянии, близком к зрелости* (это IV, близко к V стадии). Самки этой группы, как правило, имеют мягкое округлое брюшко. Ядра у большинства ооцитов старшей генерации располагаются у оболочки.

В диапазоне нерестовых температур стабильные результаты созревания таких самок можно получить при двукратном введении гонадотропного материала. Величина доз гипофизарных инъекций в зависимости от температуры воды будет различной. С повышением температуры дозы гонадотропного материала нужно понижать. Одновременное созревание самок можно получать при температуре воды 19-20 0С и величине первой дозы гонадотропного материала 0,3 мг/кг, а второй 2 мг/кг. Промежуток между первой и второй инъекций должен быть 12 часов. За более короткий промежуток времени в ооцитах не успевают произойти необходимые морфологические изменения, вызванные введением первой (небольшой) дозы гонадотропного гормона. В этом случае инъекция второй (большей) дозы гормона может вызвать нарушение процессов созревания.

2. *Получение икры от рыб, яичники которых далеки от зрелости*. К этой группе следует отнести самок, у которых большинство ооцитов старшей генерации имеет ядро, расположенное в центре. Хороших результатов созревания (90-100%) таких самок можно добиться при постепенном введении увеличивающихся доз гонадотропного материала. Небольшие, постепенно увеличивающиеся дозы гормона стимулируют процессы созревания ооцитов, ускоряя продвижение ядра к оболочке, и подготавливают яйцеклетку к нормальной реакции на большие дозы гормона. Без такой предварительной подготовки ооцитов введение больших доз гормона, необходимых для овуляции, вызывает нарушение развития икры.

Для стимуляции развития ооцитов, ядра которых находятся еще в центре, наиболее удобно применять трехкратные инъекции, при которых первая доза должна составлять 0,2 мг/кг, вторая – 0,4 мг/кг, а третья – 2 мг/кг. При отсутствии овуляции икры у части самок после третьей инъекции стимуляцию можно продолжать, при этом доза каждой последующей инъекции должна быть увеличена на 0,25-0,5 мг/кг. Промежуток времени между введением первой и второй доз гормонального материала равен 6 ч. Третья инъекция проводится через 12 ч после второй, промежуток времени введений каждой последующей дозы – 24 часа.

Самцы хорошо созревают после однократного введения гонадотропного материала. По сравнению с самками им за один раз вводится половинная доза ацетонированных гипофизов.

Инъецирование самцов проводят одновременно с введением самкам последней порции гипофизов.

При искусственном получении икры очень важно уловить момент созревания яйцеклеток, иначе самки самостоятельно вымечут икру. Для этого за 2-3 ч до намечаемого срока созревания проводят проверку самок. Отсчет времени предполагаемого созревания производят от второй или третьей инъекции в зависимости от избранной схемы. Продолжительность созревания икры зависит от температуры воды.

При температуре 200С самки отдают икру через 12-14 ч после последней по схеме инъекции. В случае отсутствия созревания проверку самок производят повторно через 1,5-2 часа.

###### **Определение сроков получения икры**

После инъекции следят за условиями содержания производителей и ходом созревания половых желез. Особенно тщательно наблюдают за самками. Самцы созревают раньше.

Взятие от самки икры следует проводить тогда, когда заканчивается овуляция всей икры или когда ее большая часть уже овулировала, а остальная подготовлена к овуляции (ооциты вышли из фолликул). Нужно проводить частый осмотр самок. Первые признаки подготовки к взятию икры: мягкое брюшко, при подъеме рыбы значительно западает брюшная стенка. Можно с помощью щупа взять несколько ооцитов, для проведения анализа, при котором устанавливают, виден или нет зародышевый пузырек.

Для осетровых также разработаны графики, по которым можно определить сроки получения зрелой икры после гипофизарной инъекции.

По вертикальной оси отложено время в часах от момента инъекции, по горизонтальной оси отложены средние температуры за период созревания самок. Нижняя кривая показывает, когда самки начинают созревать, верхняя показывает время, после которого самки уже не дают икру.

**Методы получения половых продуктов и определение их качества**

При наступлении стадии текучести у производителей отбирают икру. У самок готовых к нересту из генитального отверстия свободно вытекает икра при легком нажатии.

Существует три метода отбора икры:

1. Отцеживание
2. Вскрытие
3. Комбинированный

## Тема № 7. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК И ОСЕМЕНЕНИЯ ИКРЫ

После получения зрелых половых продуктов, определения их качества и учета приступают к осеменению икры. Основная задача искусственного осеменения создать условия, обеспечивающие проникновение сперматозоида в яйцеклетку.

**Способы осеменения икры**

Если естественное икрометание происходит при наличии комплекса условий – определенной нерестовой ситуации, контролируемой нейрогормональной системой самих производителей, то при искусственном осеменении рыбовод должен знать, в каких пределах допустимо отклонение от нормы каждого элемента, составляющего этот природный комплекс: погода, температура воды, ее рН, мутность, содержание кислорода, солей, углекислоты и т.д. Исходя из представления о характере естественного икрометания, рыбовод должен уметь управлять процессом осеменения, применения разных концентраций спермы или длительности контакта спермиев и икринок с водой до осеменения, а также друг с другом при осеменении. От рыбовода в большой мере зависит качество половых продуктов, используемых для осеменения и выбор способа осеменения.

Существуют три способа осеменения икры: сухой, полусухой, мокрый.

В практике искусственного рыборазведения ведущее место занимают сухой и полусухой способы для таких рыб, как лососевые, карповые, осетровые. Этот способ дает хорошие результаты при соблюдении определенных условий. Одним из них является учет длительности контакта яиц и спермиев в смеси с водой. Не у всех рыб спермии активизируются в полостной жидкости и лишь при разбавлении водой приобретают активность и сохраняют жизнеспособность при контактировании воды и полостной жидкости, в которой находится икра.

Сперма после контакта с водой активируется, однако скорость движения спермиев в воде снижается довольно быстро. Спермии форели спустя 4 секунды после активации водой снижают скорость движения, а через 8 секунд вдвое снижается скорость движения. Спермии белуги уже спустя 2 минуты после активации водой двигаются со скоростью, которая составляет 72% от их первоначальной. У карпа в прудовой воде только отдельные спермии сохраняют способность к движению изредка до 2 минут. Большая часть спермиев карпа прекращает всякое движение чаще всего уже спустя 30-50 секунд после активации водой. У горбуши и кеты, нерестующих на быстром течении, подвижность спермы в воде сохраняется лишь на протяжении 10-15 сек. У русского осетра и севрюги, нерестующих на более медленном течении подвижность сохраняется около 230-290 сек.

Сперма, разбавленная в определенном объеме воды, создает концентрацию спермиев вокруг икринок. Для того, чтобы произошло оплодотворение нужна определенная концентрация спермиев, причем не одинаковая для разных икринок. Установленный оптимум разбавления в воде спермы многих видов рыб составляет 1:200, что соответствует концентрации 107 спермиев на 1 мл воды, и эта концентрация является оптимальной для многих видов рыб (осетровых и лососевых).

Спермии, попадая в воду, приобретают подвижность и, проникая через микропиле в икринку, оплодотворяют ее. Икру обычно осеменяют смесью спермы от трех–пяти самцов. В результате обеспечивается высококачественное оплодотворение. В обычных условиях осеменение производят не позднее чем через 10-20 мин. после взятия икры, т.к. задержка может привести к ухудшению ее качества. Через 2-3 минуты после осеменения завершается оплодотворение икры.

**Подготовка икры к инкубации**

После осеменения с икринкой происходят некоторые изменения. Икринка начинает впитывать воду через перфорированную оболочку – хорион. Например, у лососевых в первые 40 мин. эластичность икры возрастает, затем, постепенно усиливаясь, достигает максимума через 3 часа после оплодотворения. После оплодотворения икринка под действием воды выделяет в перивителлиновое пространство осмотически активные вещества, которые впитывают воду под оболочку. К этому времени нарушенная оболочка-хорион – еще окончательно не затвердела. Отвердев, она определяет готовность икры к инкубации.

В настоящее время применяют аппараты, позволяющие механизировать процесс обесклеивания. Один из таких аппаратов созданный Орловым, представляет собой цилиндр с двойным дном, соединенный с системой подачи воздуха от компрессора. Обесклеивание производят следующим образом. В цилиндр подают воздух, затем в него наливают обесклеивающую жидкость и регулируют краном расход воздуха таким образом, чтобы воздушные пузырьки интенсивно перемешивали ее с помощью перфорированного вкладыша, жестко закрепленного в нижней части емкости.

На осетровых заводах для обесклеивания икры применяют аппарат, типа АОИ (аппарат обесклеивания икры), представляющий собой трубчатую раму, на которой размещено 5 сосудов для обесклеивания икры, снабженных водосборниками и трубками для слива воды. На раме вмонтирован откидной столик для емкостей с отмытой икрой и сливной лоток. В сосуды, куда с помощью гибких шлангов подводят воду и воздух, заливают раствор воды с обесклеивающей жидкостью и закладывают 10-15 кг оплодотворенной икры. Подаваемый снизу воздух перемешивает икру и воду, в результате чего происходит ее обесклеивание. Обесклеенную икру промывают и сливают в приготовленные на столике емкости.

На Великолукском рыбоводном комбинате разработано устройство для механизированной отмывки икры карповых рыб одновременно в 10 тазах. Оно состоит из сварной рамы, горизонтальных валиков, электродвигателя, клиноременной передачи. Рабочие валики снабжены птичьими перьями. Скорость вращения валиков 1 об/сек. Процесс подготовки к инкубации завершается оставлением икры для набухания.

**Тема № 8. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ИНКУБАЦИИ ИКРЫ И ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ РЫБ**

**Биологические основы инкубации икры**

Важным звеном биотехнического процесса является инкубация икры. При инкубации (т.е. когда идет процесс эмбриогенеза) создают благоприятные условия для нормального развития эмбрионов.

В практике рыбоводства существует два метода инкубации, это внезаводской, когда инкубационные аппараты устанавливают в естественном водоеме, и заводской, когда аппараты для инкубации устанавливают в специальном помещении. Аппараты, устанавливаемые в естественном водоеме, представляют собой сетчатые ящики с крышкой для инкубации леща, осетра и судака.

Установку таких аппаратов в водоем осуществляют несколькими способами:

1) Несколько аппаратов последовательно крепят друг к другу веревками за кольца. Такую сеть плавучих аппаратов устанавливают на течении недалеко от берега.

2) Аппараты устанавливают на деревянную раму-плот, которая закрепляется якорями на участках водоема с умеренным течением.

Однако этот способ инкубации имеет много недостатков и в последнее время применяется весьма редко. Во время шторма много икринок гибнет от механических повреждений; нефтепродукты, попадая в инкубационные аппараты, увеличивают отход икры; при уменьшении скорости течения воды в реке, водообмен в аппаратах становится незначительный и отход икры увеличивается.

Инкубационный цех снабжается чистой профильтрованной водой. Кроме того, имеется специальная емкость для создания запаса воды на случай аварии. Для сброса воды из цеха существует канализация. В цехе предусмотрена комната для дежурных, лаборатория, помещения для отбора икры, или операционная. Окна закрываются шторами, т.к. у некоторых видов эмбриогенез проходит в темных условиях. Икра инкубируется в специальных аппаратах. Они бывают горизонтального и вертикального типа. Примером аппарата вертикального типа может служить аппарат Вейса, а горизонтального – лотковый аппарат.

В период инкубации проводят контроль за водообменом. Расход воды определяется видовыми особенностями выращиваемых рыб, конструктивными особенностями инкубационных аппаратов и мощностью водоисточника. На разных предприятиях он варьирует в больших пределах, от 0,5 до 30 л/сек. В течение периода инкубации расход воды регулируется. Рамки с икрой очищают от взвешенных частиц.

Отбор погибшей икры проводят специальными пинцетами с колечками из нержавеющей стали на концах.

Постоянно ведут борьбу с сапролегнией, для этого икру помещают в 0,002%-ный раствор малахитового зеленого или 0,5% раствор формалина. Инкубационные аппараты перед загрузкой икры дезинфицируют 0,05%-ным раствором марганцевокислого калия.

Выклев личинок растянут, и идет от нескольких часов до нескольких суток. Сначала выклевываются единичные экземпляры, а затем наступает массовый выклев.

Продолжительность инкубации зависит от температуры воды. Чем ниже температура воды, тем продолжительнее сроки инкубации.

В бассейнах Баренцева, Белого и Балтийского морей икра атлантического лосося (семга, балтийский лосось) инкубируются с сентября-октября по апрель-май, т.е. в течение 180-210 суток. При этом, когда закладывают икру на инкубацию t = 6-70C, зимой она снижается до 0,5-0,10С. Весной, когда идет вылупление температура воды повышается до 60С и выше.

Инкубация икры сигов происходит в основном при t0 0,1-30С. Инкубационный период сигов длится 185-205 суток.

В дельте реки Волги инкубация икры белорыбицы продолжается 140 суток. При температурах в декабре 0,1-2,50С, январе – феврале 0,1-0,5, марте – 0,2-2,90С.

У осетровых инкубация длится несколько суток и зависит также от температуры воды. Инкубация икры белуги длится 5-14 суток при 9,5-170С, осетра – 5-10 суток при 12-200С.

Разработаны специальные графики зависимости продолжительности инкубации от температуры воды. В аппаратах создают оптимальные условия для процесса дыхания зародышей. Поступающая вода должна быть определенного качества: рН – не выше 7,5-8,0 и не ниже 6,5; окисляемость – не выше 5-15 мг О2/л; содержание кислорода на вытоке не ниже 6-8 мг/л.

**Особенности получения личинок и методы их**

**выдерживания**

Выход свободных эмбрионов из оболочек в период окончания инкубационного процесса происходит не одновременно. Сначала появляются единичные экземпляры, они называются предличинками. Предличинки, вышедшие в разное время, отличаются друг от друга.

Например, первые предличинки осетровых имеют едва заметные зачатки грудных плавников. Их кровь бесцветна или окрашена в желтоватый цвет. Они не имеют пигмента в глазах. Предличинки массового выхода имеют четко выраженные зачатки грудных плавников, розовую или красноватую кровь, хорошо выраженное пигментное пятно в глазах.

Длительность периода вылупления зависит от условий, как в период эмбриогенеза, так и в период его завершения. Для создания наиболее благоприятных условий иногда усиливают проточность (у осетровых, лососевых), а иногда наоборот ее уменьшают (у карповых).

Предличинки первое время живут за счет потребления питательных веществ желточного мешка.

Существует несколько *способов выдерживания* личинок:

1. *Бассейновый* способ выдерживания личинок.

Для этих целей применяются бетонные или пластиковые бассейны специальных конструкций. Применяются бассейны круглые, квадратные и прямоугольные. Таким методом выдерживают личинок лососевых и осетровых.

2. *Садковый* способ выдерживания личинок.

Для этих целей применяются садки из дели, капронового сита различных номеров. Садки бывают прямоугольные и квадратные. Таким способом выдерживают в основном личинок карповых рыб.

3. *Лотковый* способ выдерживания личинок.

Применяют специальные прямоугольные лотки, пластиковые и бетонные. Таким способом выдерживают в основном лососевых рыб.

4. *Выдерживание в инкубационных аппаратах*, типа ИВЛ, вертикальных и горизонтальных. Таким способом выдерживают личинок карповых (растительноядные рыбы) и лососевых рыб.

Длительность периода выдерживания зависит от биологических особенностей организма рыб, а также от факторов внешней среды. В основном в период выдерживания личинки ведут не очень активный образ жизни. У многих видов рыб появляется отрицательный фототаксис. Личинки отрицательно реагируют на яркое освещение. Например, у лососевых период выдерживания длится до 1,5 месяцев, у сиговых до 20 суток, у осетровых от 5 до 10 суток, у большинства карповых 4-5 суток.

Однако следует отметить, что период выдерживания очень сильно зависит от температуры окружающей среды. При ее понижении или повышении он может увеличиваться или снижаться.

Например, личинки лососевых рыб первое время после вылупления ведут неподвижный образ жизни. Затем у личинок появляется отрицательный фототаксис (светобоязнь) и положительная реакция на течение. Они начинают приобретать темную окраску и постепенно перемещаться к потоку воды, образуя скопления в форме веера. Предличинок лососевых рыб выдерживают в специальных питомниках, где первое время емкости для выдерживания прикрывают специальными щитами, чтобы исключить прямое попадание света. Окончательное формирование личинок и их переход на активное питание наступает в период, когда желточный мешок рассосется на 2/3. Конец периода выдерживания и готовность перехода личинок к экзогенному питанию определяют по внешним признакам:

*у лососевых*

– появление темных пятен на спине и на боках;

– появление выемки в хвостовом плавнике в результате образования в нем лучей;

– изменение поведения (светобоязнь исчезает, происходит подъем личинок на плав).

*у карповых*

– отрицательная реакция на свет исчезает;

– через 2-6 суток личинки поднимаются в толщу воды.

*у осетровых*

– заканчивается период «роения» личинок;

– исчезает отрицательный фототаксис;

– начинается свободное распределение личинок в толще воды;

– возникает поисковый рефлекс.

В период выдерживания следят за процессом развития личинок. В это время необходимо отбирать погибших личинок, поддерживать оптимальный кислородный режим, очищать бассейны от загрязнений. Важным фактором, определяющим длительность выдерживания, является температура воды. Чем выше температура, тем быстрее личинки переходят на активное питание. Так, при температуре воды 8-9ºС происходит окончательное формирование личинок атлантического и каспийского лососей и переход их на смешанное питание в возрасте 15-25 суток после вылупления при массе тела 120-170 мг и остатке желтка на 30-35%. Если формирование личинок происходит при температуре воды 6-7ºС, то они переходят на смешанное питание в возрасте 30-45 суток и более при массе тела 100-130 мг и остатке желтка 15-20%.

Важным условием выдерживания является водообмен или насыщение воды кислородом. Обеспечение молоди кислородом должно удовлетворять потребность ее жизненных функций. При этом нужно учитывать, что потребление рыбой кислорода прямо пропорционально температуре воды и обратно пропорционально массе рыб. По мере увеличения концентрации рыбы возрастает потребность в кислороде и возникает необходимость отвода продуктов обмена, т.е. возрастает потребность в усилении проточности. Расход воды регулируют с таким расчетом, чтобы течение было медленным и не сносило бы предличинок в период покоя.

**Биологические основы подращивания молоди**

**различных видов рыб**

Важной составной частью биотехнического процесса является подращивание молоди. Для успешного подращивания необходимо знать биологические особенности постэмбрионального развития различных видов рыб, их личиночный период, особенности питания и требования к основным факторам среды.

Например, у карповых личиночный период развития начинается с момента заполнения плавательного пузыря воздухом и перехода на внешнее питание. У лососей наряду с переходом на активное питание происходят внешние изменения: изменяется окраска, поведение, увеличивается активность и появляется поисковая реакция. В личиночный период, который совпадает с периодом подращивания, происходит коренная морфоэкологическая и физиологическая перестройка организма личинок, причем сроки зависят от биологических особенностей каждого вида рыб. Поэтому личиночный период является одним из наиболее важных в жизни рыб. В начале этого периода у личинок имеется остаток желточного мешка, и они некоторое время питаются смешанно. Заканчивается период исчезновением личиночных органов, и у рыб начинают формироваться черты взрослого организма.

Существует несколько *методов подращивания* личинок:

1*. Бассейновый* метод. Наиболее часто используется при подращивании осетровых рыб.

2*. Лотковый* метод. Применяют при подращивании лососевых и реже карповых и осетровых.

3*. Прудовый* метод. Применяют при подращивании карповых, реже сиговых.

4*. Садковый* метод. Этот метод применяют при подращивании личинок осетровых, карповых, сиговых рыб.

Для подращивания используют различное оборудование. Наиболее часто применяют бассейны различных конструкций, пластиковые и бетонные, с круговым током воды, центральным и периферическим стоком. Лотки бывают пластиковые и бетонные, различной длины, от 3-х и более метров. Для подращивания применяют пруды небольших площадей, чаще всего от 0,2 до 1 га. Садки для подращивания изготавливают из специальной дели или капронового сита. Ячея сита должна соответствовать размеру разводимых объектов и их росту.

К числу важнейших факторов, определяющих рост и выживаемость личинок различных видов рыб в период подращивания, следует отнести температуру воды, содержание кислорода в воде, кормовую базу или обеспеченность пищей, наличие в воде хищников. Поэтому, знание оптимальных и пороговых значений этих факторов способствует разработке промышленных технологий подращивания личинок. Диапазон температуры, при которой могут существовать личинки, достаточно широк. Например, для личинок сазана, карпа, растительноядных рыб верхняя летальная граница находится на уровне 34оС, для лососей – 28-30оСв зависимости от подвидов. Оптимальная температура для карповых 26-28оС, для атлантического лосося – 9-14оС, для форели – 10-13оС. Требования личинок к температуре зависят от условий содержания. Более высокая температура необходима при заводских условиях содержания и кормления искусственными кормами. Неблагоприятные температурные условия вызывают снижение темпа роста личинок, увеличение продолжительности личиночного развития, что может привести к гибели их от воздействия других факторов.

Немаловажным является и требование личинок к кислородным условиям. Оптимальные концентрации кислорода для личинок карповых рыб – 7-12 мг/л, для лососевых рыб – 9-12 мг/л. Снижение содержания кислорода за пределы оптимума вызывает задержку роста, приводит к увеличению продолжительности личиночного периода развития.

Уровень воды играет также немаловажную роль. В естественных условиях личинки многих видов рыб находятся на мелководье. И в искусственных условиях, как правило, в первые дни жизни личинок поддерживают уровень воды в пределах от 0,5 до 1 м.

Для личинок многих видов рыб при переходе на активное питание пищей служат мелкие планктонные организмы: инфузории, коловратки и некоторые водоросли. Внешняя пища, очевидно, необходима для своевременного начала функционирования пищеварительного тракта. Например, у сазана на этапе С1, как правило, основной пищей являются коловратки. На этапе С2 в состав пищи входят практически все формы зоопланктона. Оптимальное количество кормовых организмов для личинок карповых находится в пределах 50-100 мг/л , 2500-5000 экз/л. Поэтому при прудовом методе подращивания важно вести наблюдения за кормовой базой и увеличивать ее с помощью удобрений и внесением маточных культур кормовых организмов. При других методах подращивания вносят кормовые организмы или живые корма непосредственно в бассейны и лотки. В последнее время применяются хорошо сбалансированные искусственные корма.

Большое влияние на выживаемость личинок (при прудовом методе) оказывают хищные беспозвоночные. Многие из них уничтожают личинок. Поэтому при подращивании необходимо вести борьбу с хищными беспозвоночными (листоногими рачками, щитнями и лептостерией). В период подращивания производят контрольные пробы, взвешивают и измеряют личинок, определяют их рост, развитие, упитанность, физиологическое состояние. Длительность периода подращивания связана с биологией вида. У карповых – от 12 до 15 суток, у осетровых – 12-15 суток, реже 20, у лососевых и сиговых этот период очень длительный – от 1 месяца и более, в зависимости от видового разнообразия. В период подращивания личинки проходят последние этапы личиночного развития, у них идет дальнейшее развитие важнейших органов, и подготовка пищеварительной системы к потреблению внешней пищи. Формируется ферментная система, которая на ранних этапах еще не развита. Молодь, прошедшая период подращивания, более устойчива к условиям окружающей среды.

В зависимости от целей рыборазведения молодь различных видов рыб, подрощенная до жизнестойких стадий, переводится на дальнейшее выращивание.

**Выращивание молоди рыб**

Выращивание молоди различных видов рыб до жизнестойких стадий является наиболее важным звеном биотехнического процесса. Технологическая схема выращивания молоди различных видов рыб начинается с посадки подрощенной или выдержанной личинки и заканчивается получением жизнестойкой молоди определенной массы и упитанности. Этот процесс совпадает с мальковым периодом жизни молоди, когда она окончательно приобретает черты взрослого организма и имеет полное сходство с родительскими формами.

Существует несколько методов выращивания молоди рыб: *бассейновый, лотковый, комбинированный и прудовый.*

*Бассейновый метод* является методом индустриального рыбоводства и наиболее широко применяется в настоящее время. Таким методом выращивают молодь осетровых и лососевых рыб. Бассейновым методом молодь этих видов рыб выращивают до выпуска в естественные водоемы или до стандартной массы (посадочный материал) с целью зарыбления для дальнейшего выращивания. Преимущество данного метода заключается в том, что выращивание происходит в небольших объемах воды, интенсивном водообмене, и больших плотностях посадки. Однако применение этого метода возможно лишь при обеспечении достаточного количества пищи для выращиваемых объектов.

*Лотковый метод* наиболее часто применяется на лососевых рыбоводных заводах. Иногда вместо бассейнов там применяют пластиковые или бетонные лотки, где создают поток воды, эмитирующий реку. В таких лотках также применяют искусственное кормление.

*Прудовый метод* применяют при выращивании карповых, лососевых, осетровых рыб. Для этих целей используют выростные пруды небольших площадей. В осетровых прудах молодь выращивают от перехода на активное питание до определенной массы: белуга – 3 г, осетр – 2,5 г, севрюга – 1,5 г. Выростные пруды для карповых и форели используют при выращивании рыб до возраста сеголетка. Условия выращивания в прудах (грунт, различные глубины, освещенность, газовый режим) максимально приближены к условиям внешней среды, характерной для выращиваемых объектов. Кроме того, в прудах имеется естественная кормовая база, которая также благоприятно влияет на процесс кормления молоди рыб.

*Комбинированный метод* применяют для различных видов рыб. Для выращивания молоди осетровых применяют *садково–прудовый метод и бассейново–прудовый метод*. При садково–прудовом методе личинок осетровых рыб в первые дни их жизни содержат в сетчатых садках, закрытых сверху крышкой, а после перехода на активное питание их переводят в пруд. При втором методе личинок осетровых в первые дни содержат в бассейнах до наступления жизнестойких стадий и только затем переводят в пруды.

При выращивании молоди различных видов рыб необходимо учитывать некоторые особенности. Среди внешних факторов большое значение уделяют развитию кормовой базы, или кормлению рыб, и качеству водной среды. При выращивании молоди различных видов рыб большое внимание уделяют кормлению. В индустриальных условиях используют различные кормосмеси и искусственные комбикорма, а также живые кормовые организмы (дафнии, олигохеты и др.). При прудовом выращивании используются кормовые организмы водоема и дополнительные комбикорма.

Важным фактором при выращивании молоди является температура воды, так как интенсивность обмена определяется температурой окружающей среды, и диапазон жизнедеятельности закреплен наследственно. Поэтому поддержание оптимальной температуры воды для выращиваемых объектов является весьма важным. Оптимальная температура воды для питания и роста молоди является оптимальной и для общего обмена. Потенциальные возможности роста полностью реализуются только при оптимальном температурном режиме. Например, оптимальная температура для тихоокеанских лососей 7-18ºС, для осетровых рыб – 20-24ºС.

В тесной связи с температурой находится содержание растворенного в воде кислорода. Оптимальная концентрация кислорода для лососевых рыб при нормальном насыщении составляет 9,4-12,1 мг/л. При выращивании молоди лососевых рыб концентрация кислорода в рыбоводных емкостях не должна снижаться далее определенного уровня, за которым наступает снижение обмена.

Водородный показатель рН является одним из важных показателей гидрохимического состояния выростных емкостей. Обычно в естественных условиях реакция среды нейтральная или близкая к ней.

При выращивании молоди очень важным условием является не только водообмен, но и уровень воды. Ведь известно, что молодь в ранние периоды своей жизни предпочитает держаться в неглубоких, хорошо прогреваемых участках водоема. Создание таких условий в рыбоводных емкостях возможно путем регулирования уровня воды и увеличения его по мере роста молоди. В прудовых условиях предполагается устройство мелководной зоны, в которой молодь будет держаться в первые периоды после посадки.

Рост рыбы связан с интенсивностью питания, поэтому необходимо вести регулярный контроль за состоянием естественной кормой базы выростных прудов. При выращивании в бассейнах необходимо точно рассчитывать количество вносимых кормов в зависимости от потребности молоди рыб.

В период выращивания ведут регулярные наблюдения за молодью рыб, проводят контрольные взвешивания и измерения. Соблюдение всех условий выращивания способствует получению жизнестойкого посадочного материала.

Постоянно осуществляют контроль за кормовой базой в прудах, в бассейнах за кормлением и поедаемостью корма. Через каждые 5-10 суток проводят контрольные обловы молоди и определяют ее физиологическое состояние. Физиологическое состояние молоди определяют по картине крови, по содержанию гемоглобина и белка в сыворотке крови, по биохимическому составу тела, а также по внешнему виду. На основании полученных результатов планируют правильное кормление. Конечным продуктом выращивания является жизнеспособная молодь для выпуска в естественные водоемы или сеголетки для дальнейшего выращивания в нагульных водоемах или бассейнах до товарного веса.

**Основные биотехнические звенья процесса рыборазведения и их связь с биологическими особенностями рыб**

Процесс искусственного рыборазведения состоит из нескольких основных звеньев, которые совпадают с определенными биологическими этапами развития организма рыб. Биотехнологические звенья процесса рыборазведения взаимосвязаны между собой и оказывают непосредственное влияние на качество рыбоводной продукции. Первым, или начальным звеном рыбоводного процесса, является *заготовка и выдерживание производителей* или *формирование маточного стада рыб и его содержание* (при товарном рыбоводстве). Заготовка производителей связана с нерестовыми миграциями и процессом созревания производителей (оогенез и сперматогенез). От качества проведения этих работ зависит получение необходимого количества потомства, его выживаемость, а, следовательно, и эффективность рыборазведения. Получение качественного потомства (икры, личинок, молоди) определяется подготовленностью производителей, зависящей от условия их содержания в преднерестовый период, процесса прохождения последних завершающих стадий развития половых продуктов (4 и 5 стадии). В это время необходимо создание оптимальных условий для производителей, с целью дальнейшего продуктивного их использования в производственном процессе.

Вторым важнейшим звеном биотехнологического процесса является *получение качественных половых продуктов и их инкубация.* Зная биологические особенности объектов и их требования к условиям окружающей среды в период прохождения эмбриогенеза, а также критические стадии в развитии эмбрионов, можно правильно организовать процесс получения половых продуктов и их эмбриональное развитие в искусственных условиях.

Полученное потомство очень чувствительно к факторам окружающей среды, поэтому необходимо, выдерживая технологии, создающие максимально оптимальные условия, проводить *процессы выдерживания свободных эмбрионов (предличинок), подращивания личинок и выращивания молоди*, что и является следующим звеном технологии выращивания.

В зависимости от целей рыборазведения молодь, достигшая жизнестойких стадий, выпускается в естественные водоемы или размещается на дальнейшее выращивание.

При выпуске молоди в естественные водоемы, она очень часто подвергается негативным воздействиям (хищники, гидрологические условия и т.д.) Поэтому *выпуск молоди* и размещение ее на местах откорма является одним из важных звеньев биотехнологического процесса.

Выпуск – очень сложный процесс, так как молодь, выращенная в искусственных условиях, приобретает признаки одомашнивания и трудно привыкает к условиям внешней среды. Молодь осетровых обязательно вывозят на опресненные морские участки, размещают на местах откорма и никогда не выпускают возле завода, чтобы исключить нападение хищников. Сотрудниками Азовского НИИ рыбного хозяйства разработан метод снятия эффекта одомашнивания за счет организации буферных водоемов. Заводскую молодь осетровых рыб размещают в водоеме, промежуточном между прудом и морем – лимане. Эти водоемы отличаются благоприятным гидрохимическим режимом и обильной кормовой базой. А через некоторое время ее выпускают в море.

В некоторых случаях молодь приучают к хищникам, помещая хищную рыбу в аквариуме в бассейн с молодью. После привыкания молодь выпускают в естественный водоем.

В хозяйствах товарного типа рыба, достигшая возраста сеголетка, отлавливается, проходит профилактическую обработку и размещается на зимнее содержание (зимовка), а по окончании этого процесса на *товарное выращивание*.

**Определение эффективности искусственного рыборазведения**

Эффективность работы рыбоводных предприятий оценивается по количеству и качеству выпускаемой молоди в естественные водоемы, величине промыслового возврата от этой молоди и экономическим показателям. Определение выживаемости и промыслового возврата позволяет рассчитать эффект от работы рыбоводного предприятия, поэтому очень важно вести учет этих показателей.

*Промысловый возврат* – это то количество рыбы, которое может быть выловлено, через определенное число лет из имеющегося в данный момент исходного материала (икры, личинок, молоди). Эта величина является основным показателем при установлении эффективности действующих и вновь проектируемых рыбоводно-мелиоративных мероприятий. Числовые величины промыслового возврата выражаются в процентах и коэффициентах.

*Процент промыслового возврата* показывает, какое количество рыб, выраженное в %, из имеющегося исходного материала (икры, личинок, молоди), может через определенное число лет вступить в промысел. Например, если промысловый возврат от молоди равен 2 %, то это означает, что из каждых 100 шт. молоди могут быть изъяты промыслом 2 взрослые рыбы.

*Коэффициент промыслового возврата* показывает, сколько необходимо иметь исходного материала (икры, личинок, молоди), чтобы через определенное число лет в промысел поступила одна взрослая рыба.

Например, если коэффициент промыслового возврата от молоди равен 50, то это означает, что на 50 шт. молоди в промысел может вступить одна взрослая рыба.

Еще есть показатель *биологическая выживаемость* – характеризуется количеством особей, которые достигли половой зрелости из исходного количества ранних стадий (икры) независимо от того, какая часть этого количества будет использована промыслом.

Эти показатели позволяют определить мощность рыбоводных предприятий при их проектировании, сравнивать эффективность различных методов рыборазведения.

Эффективность работы промышленных предприятий оценивается по количеству и качеству выпускаемой молоди в естественные водоемы (по величине промыслового возврата и экономическим показателям). Величина промыслового возврата от выпускаемой молоди может быть оценена несколькими методами:

1. метод прямого учета;
2. методами мечения молоди рыб;
3. расчетно-теоретическим методом.

*Метод прямого учета*. Этот метод применяют, когда предприятие выращивает и выпускает в водоем молодь ценных промысловых видов, которая не может естественно размножаться в этом водоеме. Через несколько лет взрослые особи этой рыбы достигают половозрелого состояния и их облавливают промыслом. Вся эта выловленная рыба является промысловым возвратом от выпущенной молоди. Улов в центнерах или тоннах будет отражать величину промыслового возврата в весовых единицах, а улов в штуках позволит определить процент и коэффициент промыслового возврата. Но различные особи достигают промысловых размеров неодновременно. Одно и то же поколение может участвовать в промысле несколько раз. В связи с этим на протяжении ряда лет необходимо проводить биологический анализ рыб в уловах, ибо он дает возможность определить величину промыслового возврата.

*Методы мечения*. С помощью мечения изучают ареал распространения рыб, пути их миграций, рост и время созревания, распределение производителей на нерестилищах, наличие внутривидовых биологических групп. Величина промыслового возврата дает возможность совершенствовать биотехнику работы предприятия.

Первые попытки мечения делались в глубокой древности. Мечение было примитивным: исследователи завязывали цветные ленты вокруг хвоста.

В конце XIX века начали применять индивидуальное и серийное мечение. Впервые в России пометили осетров в Волге и Каспии в 1871 г.

Позже в Европе и Америке стали применять подвесные метки.

*Подрезание*, или полное удаление плавников является одним из наиболее простых методов. К недостаткам этого метода относится то, что подрезание, например, грудного плавника, ведет к нарушению координации движений. У некоторых рыб подрезанные плавники регенерируют и нельзя отличить подрезанный плавник от неподрезанного.

Массовое мечение можно проводить радиоактивными изотопами. В качестве метки применяют изотопы фосфора, кальция, стронция, церия. Метят методом введения изотопов в корм. Доза метки не вредна для человека. Однако метод не получил широкого применения, так как выловленная рыба должна проверяться специальным прибором, а это иногда затруднено.

*Мечение красителями*. При мечении осетровых хорошо зарекомендовал себя ярко-красный краситель (5-СХ). Его вводят у основания 3-й и 4-й боковых жучек с правой стороны. Ярко-голубой краситель «Сатурн» применяют у рыб с чешуей. Форель метят голубым красителем у основания хвостового плавника. Красители держатся в течение 2-х лет.

В 70-х годах американцы применили метод *выжигания жидким азотом*, или смесью сухого льда с этанолом. Но метод не получил широкого внедрения в практику.

Сейчас наиболее часто применяется метод мечения *подвесными метками:*

1. Диски из цветного пластика (Ирландия, Канада), или пластинки из цветного картона, покрытого водоустойчивым лаком (Швеция), или полиэтиленом (Россия).
2. Трубочки из целлулоида и полиэтилена. На метке ставится индивидуальный номер и адрес предприятия (или учреждения), сделавшего метку. Пластинки изготавливаются различных размеров. Все метки прикрепляют к телу рыбы под спинным плавником.

Недостаток метода мечения подвесными метками – это неполная информация о количестве выловленных промыслом меченых рыб, потеря меток, невозможность мечения мелкой рыбы. В последнее время (США) разработана магнитная метка. Эту метку вводят в хрящевую часть рыла. Их можно обнаружить с помощью специального детектора.

*Расчетно-теоретический метод*. Этот метод часто применяют для установления величины промыслового возврата от мелкой молоди сазана, леща, судака и тарани, выращиваемой сотнями миллионов штук на рыбоводных предприятиях и выпускаемой в естественный водоем, в котором обитает молодь тех же видов рыб от естественного размножения. При расчете показателей промыслового возврата полупроходных рыб условно допускается, что их выживание до промысловых размеров от молоди, скатывающейся в море с естественных нерестилищ и выпускаемой из нерестово-выростных хозяйств (НВХ), одинаковое. Варианты этих расчетов могут быть различные. Рассмотрим один из них на примере полупроходных рыб Волго-Каспийского бассейна.

В основу этих расчетов положены результаты периодически проводимых исследований по определению эффективности использования площади НВХ полупроходными рыбами при посадке производителей и при свободном их пропуске через открытые шлюзы хозяйства. Исследования показали, что в условиях свободного пропуска рыб на нерест нерестово-выростная площадь этих хозяйств превращается в обычные естественные нерестилища с видовым составом ихтиофауны, характерным для данного района. Изоляция этой площади от проникновения посторонней ихтиофауны (густеры, красноперки, окуня, уклеи, щуки и др.) и посадка на нерест определенного количества производителей ценных полупроходных рыб (сазана, леща, судака) повышают выход их молоди с каждого гектара НВХ в 10-16 раз. Принято считать, что с единицы площади естественных нерестилищ скатывается в среднем в 13 раз меньше молоди сазана, леща и судака, чем выпускают ее с единицы площади НВХ. При такой эффективности НВХ общую их площадь можно эквивалентно приравнять по выходу молоди полупроходных рыб к соответствующей площади естественных нерестилищ.

**Тема № 9. ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РЫБОВОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Удобрения**

Одним из направлений интенсификации рыбоводства является удобрение прудов.

Удобряют пруды с целью создания условий для увеличения запасов естественной пищи для рыб и, следовательно, повышения естественной рыбопродуктивности.

*Минеральные удобрения*. Биогенные элементы играют важную роль в жизни организмов.

*Азот*входит в состав белков. Содержание его в белках колеблется от 15 до 19%. Азот является составной частью ферментов, витаминов и жироподобных веществ.

*Фосфор* принимает участие в обмене веществ, без него невозможна мышечная и нервная деятельность, размножение и передача наследственных признаков.

*Калий* регулирует углеводный и белковый обмен, способствует увеличению сопротивляемости организма воздействию низких температур и поддерживает нормальное состояние клеток тканей.

В рыбоводных хозяйствах наиболее широко применяется суперфосфат простой и двойной. Двойной в два с лишним раза больше содержит фосфорной кислоты (38-40%), чем простой (14-20%). Фосфорные удобрения вносят из расчета 30 кг фосфорной кислоты на 1 га водной площади пруда.

Фосфорные удобрения способствуют развитию в прудах мягкой водной растительности и пищевых организмов для рыб. Рыбопродуктивность прудов при этом увеличивается на 16-63%. К фосфорным удобрениям относится томасшлак (мелкий тяжелый порошок темно-серого цвета), который наиболее эффективен на почвах с кислой средой. Его вносят вместе с суперфосфатом.

Фосфоритную муку и преципитат вносят в пруды для подщелачивания.

Эффективность удобрений повышается, если их вносят частями, например один раз в декаду. Это позволяет в течение всего лета поддерживать определенное насыщение воды фосфором, что благоприятно действует на развитие кормовой базы.

В качестве азотистых удобрений применяют аммиачную селитру, аммиачную воду, сульфат аммония, хлористый аммоний, мочевину. Чаще всего применяют аммиачную селитру. При правильном внесении в рыбоводные пруды аммиачной селитры вместе с суперфосфатом происходит бурное развитие фитопланктона, главным образом протококковых и мелких зеленых водорослей. Развитие водорослей способствует насыщению воды кислородом. Сине-зеленые и нитчатые водоросли ухудшают качество водной среды. При удобрении прудов селитрой их рост и развитие прекращается.

Норму внесения азотистых удобрений рассчитывают исходя из концентрации 2 мг/л воды.

Из кальциевых удобрений применяют гашеную и негашеную известь, мел, гипс, доломит. Известкование проводят в прудах с кислой и слабощелочной средой, где рН ниже 8.

Из калийных удобрений применяют сильвинит, каинит и древесную золу. При внесении калийных удобрений в прудах развивается мягкая подводная растительность. Перед внесением в пруд удобрения растворяют в воде. Норма внесения калийных удобрений от 20 до 100 кг/га.

В настоящее время в практике рыбоводства существует метод внесения удобрений при помощи специальных агрегатов, самоходных лодок – кормораздатчиков. В бункер загружают сухое удобрение, добавляют воду и раствор вносят в пруд при помощи специальной трубы.

*Органические удобрения*.Из органических удобрений в рыбоводстве применяют хорошо перепревший не соломистый навоз (крупного рогатого скота, конский, овечий), птичий помет, компосты, наземную и водную растительность. Осенью после спуска воды, навоз разбрасывают по осушенному ложу и запахивают на глубину 5 см. Нельзя вносить в пруды сразу много органики, т.к. можно ухудшить кислородный режим.

Навоз вносят в пруды после его разложения в процессе хранения. Для этого его плотно укладывают в кучу шириной 3-4 м и высотой 1,5-2 м и накрывают соломой, торфом или землей. Разложение навоза зимой происходит при температуре 20-250С, а летом 30-350С. Готовым к использованию он становится через 7-8 месяцев. Потери азота при этом составляют не более 10%. Для получения перегноя за 3-4 месяца навоз держат без укрытия, но при этом потери могут достигать 40%.

При внесении навоза для обеззараживания на каждые 30-50 ц его добавляют 1,5-2 ц извести.

При высокой температуре воды в рыбоводных прудах навоз ускоряет развитие бактерий, а затем в течение 24 часов в зоне внесения удобрения развиваются растительные и животные одноклеточные организмы, которые питаются бактериями. Одноклеточные организмы в свою очередь служат пищей личинкам насекомых, например хирономид. Последние являются пищей для рыб.

Навозная жижа по удобрительному действию не уступает навозу и особенно эффективна в новых прудах.

Кроме вышеперечисленных удобрений часто применяют засев прудов сельскохозяйственными культурами. Ранней весной ложе вырастных и летующих нагульных прудов засевают сельскохозяйственными культурами (викоовсяной смесью, клевером). Зеленые растения заливают водой, а после того, как нормализуется кислородный режим, пруды зарыбляют. Иногда зеленую массу скашивают и убирают из пруда. В результате применения зеленых удобрений в рыбоводных водоемах бурно развиваются водные организмы. Естественная рыбопродуктивность прудов повышается почти на 50%.

Зеленые удобрения можно заготавливать в виде растительной муки, для этого высушенные растения измельчают и просеивают через мелкоячеистые сита. Весной муку вносят в пруды до начала развития зеленых водорослей. Нормы внесения растительной муки около 10-12 ц/га.

В рыбоводных хозяйствах применяют органо-минеральные удобрения. Это сочетание органических и минеральных удобрений. Их используют в виде компостов, обогащенных фосфором и кальцием. Применяют также торфо-минерально-аммиачные удобрения. Для этого разложившийся торф влажностью не более 60% обрабатывают аммиачной водой, фосфоритной мукой, суперфосфатом, хлористым калием и другими калийными солями. Эти удобрения можно готовить непосредственно на хозяйствах.

Эффективность действия удобрений оценивают с помощью удобрительного коэффициента, означающего расход удобрений на 1 кг прироста рыбы, полученного за счет использования удобрений. Удобрительный коэффициент определяют по формуле:

X=Q (Робщ – Рестеств),

Где: Х – удобрительный коэффициент;

Q – расход удобрений, кг;

Робщ – полученная рыбопродуктивность, кг/га;

Рестеств – естественная рыбопродуктивность, кг/га.

Для усвоения вносимых в водоем удобрений важное значение имеет температура воды, рН среды и содержание растворенного в воде кислорода. Температура воды определяет развитие микроорганизмов и усвоение биогенов. Для большинства организмов оптимальные температурные границы, при которых достигается наиболее полное усвоение биогенов, находятся в пределах 12-250С (на юге до 280С). Оптимальные значения рН для всех видов рыб 6,5-8, а величина содержания кислорода в воде для каждого вида различна.

Эффективность удобрений зависит и от таких факторов, как фильтрующая способность грунтов и проточность водоема. При сильно фильтрующих почвах и значительной проточности большая часть биогенных веществ выносится из водоемов. Высшая водная растительность очень быстро усваивает питательные вещества, вносимые с удобрениями, и ослабляет их воздействие на первичные звенья трофической цепи. Поэтому удобрения следует вносить в слабо-заросшие пруды.

Избыток или недостаток удобрений отрицательно сказывается на всех жизненных процессах водоема. Поэтому удобрения следует вносить только на основании данных гидрохимических и гидробиологических исследований.

**Биологические основы кормления**

Водная среда создает особые условия для развития органической жизни, что отражается на биохимическом составе гидробионтов. Поскольку конечным трофическим звеном в водоемах являются рыбы, они могут получать все биохимические элементы предыдущих звеньев.

Основной пищей как морских, так и пресноводных рыб являются животные организмы, населяющие толщу воды, придонные и донные участки водоема, – ракообразные, личинки насекомых, черви, моллюски, мелкая рыба, молодь рыб и др.

Не составляют исключения и основные объекты индустриального рыбоводства в нашей стране – форель, осетры, карпы, сиги, лососи. Растительноядные рыбы, по сравнению с травоядными наземными позвоночными, занимают среди рыб значительно меньшее место и обитают преимущественно в южных широтах, но и там их доля сравнительно невелика. Так, в Черном море они составляют около 4, в Каспийском – 1, в Аральском – менее 8%. Лишь в субтропических и тропических зонах процент растительноядных повышается до 20-30. Виды рыб, для которых основной пищей является детрит, малочисленны.

Отметим, что в составе пищи, потребляемой растительноядными рыбами, нередко в небольшом количестве (несколько процентов) находят зоопланктонные организмы, попадающие, как считается, случайно, вместе с основной пищей. Учитывая, что кормовой коэффициент у растительноядных рыб обычно очень высок – 20 – 70, эти несколько процентов животной высокобелковой пищи выливаются в ощутимое количество белка.

В раннем онтогенезе практически все виды, в том числе и растительноядные, используют в качестве корма мелкие формы зоопланктона.

Таким образом, потребление животных высокобелковых кормов характерно для молоди рыб и подавляющего большинства рыб старших возрастов.

Вместе с тем в содержимом кишечника, особенно карповых рыб, нередко отмечаются водоросли, остатки высшей растительности, что относится к вынужденной пище и объясняется неблагоприятными условиями – снижением кормовой базы, обострением пищевой конкуренции, выпадением теплолюбивых форм зоопланктона в связи со сменой сезона и др. так, Г.П. Мельничук (1975) наблюдал в отдельные малопродуктивные годы повышение (до 65% и более) содержания водорослей, детрита и макрофитов в пищеварительном тракте молоди плотвы, леща, густеры, сазана из днепропетровских водохранилищ, причем это существенным образом отражалось на темпе роста рыб. Основной же пищей молоди изученных видов были ракообразные, личинки хирономид и другие животные организмы. Именно они обеспечивали высокую скорость роста и развития.

Свойственная рыбам полифагия позволяет адаптироваться к непостоянству кормовой базы, при этом рыбы средних и северных широт отличаются большей полифагией, чем таковые южных широт. Эта способность рыб к смене корма интересна для нас с точки зрения возможности пищеварительного тракта адаптироваться к разному по структуре и составу искусственному корму. Но вместе с тем, если остановка роста рыб в природе оправданна, так как позволяет сохранить популяцию в условиях низкой кормности, то в рыбоводстве торможение прироста биомассы рыбы (т.е. продукции) в единицу времени всегда связано с экономическими потерями.

*Общий химический состав естественной пищи рыб*. Натуральная пища рыб содержит большое количество белка, и это основная биохимическая особенность питания рыб в природе. Если многие наземные позвоночные, в том числе и сельскохозяйственные животные, обеспечивают свою потребность в белке путем потребления больших объемов низкобелковой труднопереваримой растительной пищи, то рыбы в большинстве случаев питаются легкоусвояемым высокобелковым кормом.

*Белок*. Количество белка в сухом веществе беспозвоночных и рыб в зависимости от их вида, условий кормности, абиотических факторов колеблется в пределах 56 – 70%. Исключение составляют лишь моллюски и гаммариды, у которых значительная часть сухого вещества представлена элементами раковины, панциря, жестких покровных тканей. У них белок составляет 40 – 50% сухого вещества. В то же время у наземных растений (трава, зерно, семена, корнеплоды и т. д.) – преимущественной пищи сельскохозяйственных животных и птиц – уровень протеина обычно не превышает 5 – 14%. Преобладающими здесь являются углеводы, достигающие 70 – 80% сухого вещества. Исключение составляют бобовые, у которых содержание белка колеблется в пределах 18 – 35, а углеводов – 40-60%.

Высоким содержанием белка (в среднем около 40 -60% сухого вещества) характеризуются и одноклеточные и колониальные микроводоросли, служащие пищей водным беспозвоночным, на используемые и в питании некоторыми растительноядными видами рыб, например, белым толстолобиком.

Среди одноклеточных водорослей меньший уровень протеина в сухом веществе отмечается у диатомовых из-за наличия панциря. Зольность их достигает 40% и более. Но в органическом веществе этих микроводорослей содержание белка превышает 60% сухого вещества.

Белок водорослей по аминокислотному составу уступает белку водных беспозвоночных и позвоночных животных.

Сравнительно высоким уровнем белка отличаются и некоторые водные растения, например, ряска (19%), но доступность его понижена из-за большого количества труднопереваримой клетчатки, свойственной макрофитам.

Определенное количество белка животного, растительного, бактериального происхождения содержит детрит, состоящий из отмерших водных организмов. Его химический состав существенно меняется в зависимости от происхождения и степени разложения. Так, растительный детрит чрез некоторое время после начала разложения имел даже более высокую пищевую ценность, чем сам фитопланктон или рдест, что связано с развитием бактерий. Детрит из ложа пруда практически полностью был минерализован.

Несмотря на известную пищевую ценность водных микро- и макрофитов, детрита, служащих для некоторых видов рыб основной пищей, большинство видов питается преимущественно животными организмами, белок которых отличается полноценным аминокислотным составом и высокой доступностью.

*Жиры, углеводы, зола*. Значительные колебания уровня жира (от 6 до 32%) и углеводов (от 2 до 27%) у водных организмов, по данным разных авторов, объясняются, по всей вероятности, различными методами извлечения липидов (Уголев, Кузьмина, 1993). При использовании классического метода Сокслета для извлечения жира применяется один растворитель – серный эфир, который легко экстрагирует в основном запасные энергетические вещества (триацилглицерины, эфиры холестерина). В методе Фольча экстракцию производят двумя растворителями: хлороформом, близким по действию к серному эфиру, и метанолом, позволяющим извлечь липиды, упакованные в биомембранах, – фосфолипиды, холестерин. При втором методе цифры, характеризующие содержание жира у гидробионтов, получаются выше – 26 – 32% против 6 – 22%.

Необходимо отметить, что в последнее время за рубежом наметилась тенденция вводить в состав разрабатываемых для рыб искусственных кормов очень высокое количество жира – 20 – 30% и более к массе сухого корма, что существенно повышает усвояемость питательных веществ. Видимо, такое увеличение оправдано, если учесть высокое содержание липидов в естественной пище.

Поскольку содержание углеводов часто определяется расчетным путем (по разности), их процент при увеличении процента липидов снижается. При содержании липидов 26 – 32% уровень углеводов у беспозвоночных обычно не превышает 2 – 4%. Низкое количество углеводов является важнейшей особенностью биохимического состава естественных кормов рыб.

В растительной пище наземных позвоночных углеводы составляют основную массу сухого вещества – 70 – 80% (трава, зерно, плоды), даже у бобовых – до 60%. При этом значительная часть углеводов (7 – 30%) представлена клетчаткой – опорной тканью растений.

Большие колебания зольных веществ у гидробионтов (от 3 до 44%) связаны с наличием у ряда беспозвоночных раковины, панциря, жестких покровных тканей.

*Источники энергии*. Белки, жиры, углеводы пищи обеспечивают организм животного не только пластическим материалом для роста и обмена тканей, но и энергией.

В естественной пище рыб (зоопланктон, зообентос) около 60% всей энергии представлено энергией белка. В отличие от этого наземная растительная пища богата энергией углеводов, которая составляет более 70% всей обменной энергии растительной массы.

Подытоживая общую количественную характеристику биохимического состава природного рациона большинства рыб, отметим, что он богат белком, который составляет более половины сухого вещества пищи и является преобладающим источником энергии (около 60%). Углеводы находятся в минимальных количествах (Остроумова, 2001).

**Тема № 10. АККЛИМАТИЗАЦИЯ РЫБ, ПИЩЕВЫХ И КОРМОВЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

**Теоретические основы акклиматизации гидробионтов**

Акклиматизация рыб и кормовых беспозвоночных является составной частью комплексных мероприятий по воспроизводству рыбных запасов и кормовых ресурсов в водоемах.

Задачей акклиматизационных работ являются повышение продуктивности и хозяйственной ценности водоемов, улучшение видового состава фауны, а также сохранение и увеличение численности отдельных ценных видов водных организмов за счет расширения ареала.

Работы по акклиматизации водных организмов, начатые в 1924 г., получили широкий размах в 70–80-е годы прошлого столетия. В 1947 году была создана Центральная производственно-акклиматизационная станция, или организационно-методический центр, который начал систематические перевозки на основе единого плана акклиматизационных работ. Осуществлением акклиматизационных работ занимаются зональные производственно-акклиматизационные станции, расположенные на наиболее крупных промышленных бассейнах. Центром акклиматизационных работ является Главное управление по охране и воспроизводству рыбных запасов и регулированию рыболовства (Главрыбвод).

В качестве успешных акклиматизационных мероприятий в нашей стране можно назвать вселение в Каспийское море кефали, полихет нереис и моллюска синдесмии, которые являются кормовым бентосом. Акклиматизация судака, сазана и леща в о. Балхаш позволила увеличить рыбопродуктивность до 8 кг/га. Успешно акклиматизирована горбуша в бассейн Баренцева и Белого морей, а также мизиды в Цимлянское водохранилище. Наиболее ярким примером таких работ является вселение дальневосточной кефали пиленгас в Азовское море, которая в настоящее время уже заняла свое место в промысле этого бассейна.

Теоретические основы акклиматизации были разработаны учеными Зинкевич Л.А., Ильиным Б.С., Иоганзеном Б.Г., Карпевич А.Ф.

В процессе акклиматизации особи и популяции проходят адаптации к условиям окружающей среды. Приспособление к биотическим и абиотическим факторам связано с морфофункциональными изменениями. Прежде всего, в процессе акклиматизации проходит ассимиляция отдельных элементов новой среды, обеспечивающих нормальный процесс обмена веществ. Адаптация к течению, температуре, кислородному режиму, химическому составу воды происходит в процессе акклиматизации. Например, течение влияет на рыб не только механически, но и посредством других факторов, т.е. через изменение насыщения воды кислородом. Течение оказывает влияние на питание рыб. Приспособление к грунту и взвешенным частицам связано с прозрачностью воды. Приспособление к температуре связано с изменением обмена веществ, скоростью переваривания пищи. Солевой состав ведет к изменению осмотического давления.

Биотические изменения связаны с питанием, занятием определенной ниши в водоеме. Система биотических связей имеет место во внутривидовых отношениях, т.е. связана с воспроизводством вида. Особи осваивают новые места для размножения и нагула. В дальнейшем при благоприятном размножении происходит расширение ареала распространения объекта вселения. Огромную роль играют пищевые отношения с другими объектами. В процессе акклиматизации появляется морфофизиологический облик особей (новые особи в биологии и поведении). Определяется их место в экосистеме.

Различают 5 основных понятий акклиматизации.

*Интродукция*– любое переселение особей вида в водоем, не освоенный им ранее. Интродукция всегда является первым этапом процесса акклиматизации, но не всегда интродукция заканчивается акклиматизацией интродуцента.

*Акклиматизация* – процесс приспособления интродуцированных особей вида к новым условиям среды, а также формирование в этих условиях новой популяции.

*Вселение (заселение***)** – переселение особей вида в водоем, условия среды в котором мало или совершенно не отличаются от условий материнского водоема данного вида.

*Зарыбление* – это регулярный выпуск молоди аборигенных видов в естественный для них водоем в целях поддержания численности местной популяции. Например: ежегодный выпуск молоди леща, воблы, осетровых и других рыб с рыбоводных заводов Дона и Волги на нагул в апробированные водоемы.

*Натурализация* – конечный высший этап акклиматизации, когда определились ареал вида в новом водоеме, его взаимоотношения со средой и возможность использования (кормового и хозяйственного) вселенца.

Кроме основных понятий акклиматизации, часто употребляются следующие:

*Поэтапная акклиматизация*– незавершенная акклиматизация, когда некоторые этапы развития вселенца не могут завершиться в условиях заселяемого водоема и проходят в других водоемах под контролем человека. Например: на ранних стадиях развития лососевые, осетровые и другие виды рыб содержатся в рыбопитомниках перед выпуском в новый для них водоем, где протекает их дальнейшее развитие и формирование популяции уже без участия человека.

*Реакклиматизация* – интродукция вида в целях восстановления его популяции в пределах его естественного (в прошлом) ареала, в котором этот вид по каким-либо причинам исчез.

*Аутоакклиматизация* – самостоятельное вселение водных организмов с последующей их акклиматизацией и натурализацией в новом водоеме.

**Адаптации особей, популяций, видов**

**в процессе акклиматизации**

Живые организмы способны переносить колебания различных факторов окружающей среды в ограниченных пределах. Экологическая пластичность живых организмов и их приспособляемость к изменениям условий жизни является основой акклиматизационного процесса диких видов.

*Экологическая пластичность* – это свойство живой материи, способствующее приспособлению организма к изменяющимся условиям внешней среды. Особи каждого вида обладают способностью переносить в некоторых пределах изменения среды обитания, приспосабливаться (адаптироваться) к ним. Степень приспособляемости особей обусловлена пластичностью и ограничена в основном наследственными свойствами вида, а реакция особей (ответ организма на воздействие среды) ограничена их физиологической пластичностью.

Адаптивность особей зависит от их наследственности, физиологической пластичности, стадии их развития, характера реагента.

*Солевые адаптации.* Все гидробионты представлены видами пресноводного, солоноватоводного и морского происхождения. Среди них имеются *стенобионтные* и *эврибионтные*формы. В силу разной чувствительности рыб к солености в онтогенезе возникли проходные и полупроходные стада (осетровые, лососевые, сельдевые, карповые, окуневые и др.). Проходные и полупроходные рыбы легко образуют туводные стада (лещ, судак) и формы (сиговые, осетровые и др.), оставаясь в пресной воде в течение всего биологического цикла. В солоноватых и морских водах они остаются только до созревания и на нерест входят в реки. Требования пресноводных рыб к солевым условиям в период размножения наследственно закреплены, и нерест у этих видов протекает в пресных водах. Однако черты, не закрепленные отбором, могут быть изменены. Во многих случаях после интродукции проходных или полупроходных рыб в новые водоемы они легко образовывали туводные популяции. Например, азовский рыбец и шемая размножались в верховьях горных рек Кавказа. При переселении их в водохранилище они превратились из проходных в полупроходные и даже туводные формы (размножаются в низовьях рек или в водохранилищах).

Наиболее эвригалинны морские гидробионты. Они переносят колебания солености в пределах 5-47%о (и выше), но не переносят пресную воду. Отдельные виды обладают более узкими возможностями и не переносят даже малого опреснения (до 30-25%о).

*Температурные адаптации.* Эти адаптации проявляются в изменении интенсивности протекания физиологических процессов, скорости поведенческих реакций, а также в изменении биологических характеристик многих рыб и беспозвоночных (темп роста, созревание, плодовитость), общей жизнестойкости особей.

По отношению к термическому режиму имеются группы гидробионтов, обитающие в арктической, бореальной и тропической зонах Мирового океана или континентальных водоемах. Однако каждый вид способен переносить значительные колебания температуры среды. Пойкилотермные виды способны переносить колебания температуры в широких пределах, но чувствительны к их резким изменениям. При достижении верхнего порога наступает тепловой шок, и он, как правило, необратим. Более терпимо отношение к снижению температур. Многие виды способны переносить даже кратковременные промерзания, а сезонные изменения температур до нулевых и отрицательных значений (в зимний период) способны переносить все бореальные и арктические виды.

Пластичность особей при изменении температуры среды проявляется в более широких пределах, чем видовые адаптации. Термические адаптации вида могут протекать в значительно большем диапазоне, чем у отдельных популяций. У естественных популяций проявляются только те свойства, которые вызываются требованиями среды данного региона. При изменении среды происходят изменения в морфофизиологическом облике переселенцев и, вероятно, расширение их температурных границ.

**Фазы процесса акклиматизации переселенца**

I фаза – выживание переселенных особей в новых для них условиях (период физиологической адаптации). При вселении особей в новый водоем с отличающимися от материнского водоема условиями среды, весьма важным является ассимиляция ими непривычных элементов среды и кормов, обеспечивающих нормальный обмен веществ. В этот период происходит адаптация к непривычным условиям среды, новым кормовым объектам, совершаются физиологические сдвиги в организме на всех этапах его развития. Эта фаза длится от момента вселения особей до появления потомства.

II фаза – размножение и начало формирования популяции. Если факторы среды оказались благоприятными для интродуцентов, а кормовые организмы по составу удовлетворяют их пищевые потребности, начинается их рост, развитие, формирование половых желез и размножение. Материнские особи постепенно расселяются по акватории водоема, осваивая места для размножения и нагула будущей популяции.

III фаза – максимальная численность переселенца, фаза «взрыва». На этой фазе акклиматизации ярко проявляются потенциальные возможности видов к размножению, расселению и освоению ареала. «Взрыв» численности популяции наблюдается при наличии в водоеме большой биомассы кормов, отсутствии конкурентов в питании, малом количестве врагов и паразитов и благоприятных абиотических факторов среды.

IV фаза – обострение противоречий переселенца с биотической средой. Резкое увеличение численности популяции переселенца часто сопровождается обострением внутривидовых и межвидовых отношений с аборигенами. Обострения возникают из-за переселения биотопа, истощения кормовой базы в результате усиленного ее использования, влияния хищников.

При чрезмерном потреблении переселенцем кормовых организмов запасы корма иссякают, нарушаются пищевые связи, и наступает частичная или полная гибель особей новой популяции. Негативное влияние на численность переселенца могут оказать так же враги и болезни, ибо в новых условиях они еще не выработали защитной реакции. Чтобы избежать неблагоприятных результатов, следует разрежать популяции отловом или увеличением численности потребителя.

V фаза – натурализация в новых условиях. Пройдя ряд поколений, переселенец окончательно адаптируется в новом водоеме, в котором определяется его численность популяции и величина ареала в соответствии с действующими в нем абиотическими и биотическими условиями среды. Интродуцент вступает в фазу натурализации в новых условиях, которая является последней фазой акклиматизации, и у него происходят следующие изменения: морфологический облик особей; новые особенности в биологии и поведении; закрепляются нерестовые и нагульные ареалы; устанавливаются пути миграций; определяется место в экосистеме.

В фазе натурализации популяция переселенцев перестает быть «новой» и становится равноправным членом сообщества водоема.

**Методы акклиматизации**

Существует 4 метода акклиматизации.

*Пассивный метод.* Сущность метода заключается в том, что человек осуществляет лишь выбор и перенос объекта акклиматизации в новый водоем. Процесс же акклиматизации переселенца проходит без вмешательства человека и зависит от природы интродуцента.

*Активный метод* предусматривает вмешательство человека в процесс акклиматизации переселенца в новом водоеме путем проведения рыбоводно-мелиоративных и охранных мероприятий.

*Метод радиальной акклиматизации* первоначально предусматривает вселение вида в водоем, в котором он проходит фазу натурализации в новых условиях, а затем полученное потомство расселяют по другим водоемам.

*Метод ступенчатой акклиматизации* – постепенное продвижение кормового объекта в новые районы, резко отличающиеся по климатическим условиям от района, где расположен его маточный водоем. Для акклиматизации южного интродуцента на севере или северного переселенца на юге проводят первоначально вселение выбранного объекта в один из водоемов, расположенных недалеко от границы его маточной климатической зоны, а затем полученное от него потомство переселяют в следующий водоем, который находится уже на значительном удалении от границы. Получив потомство в этом водоеме, его переселяют в другой, еще более удаленный от указанной границы. Таким образом, проводя такую ступенчатую акклиматизацию, выбранный объект продвигается в глубину другой климатической зоны.

**Тема № 11.** **РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МЕЛИОРАЦИЯ**

Комплекс технических и организационно-хозяйственных мероприятий, улучшающих условия жизни рыб и рыбохозяйственное использование водоемов, называется *рыбохозяйственной мелиорацией*.

Цель рыбохозяйственной мелиорации – борьба с зарастанием водоемов, заболачиванием прудов, закисанием почвы, врагами рыб, улучшение кормовой базы водоемов.

К мелиоративным мероприятиям в рыбохозяйственных водоемах относятся: подавление численности сорных и малоценных рыб как пищевых конкурентов; борьба с хищными беспозвоночными и другими врагами икры, личинок и мальков рыб.

Важным разделом мелиорации является устройство искусственных нерестилищ, защита молоди от попадания в водозаборные сооружения и спасение ее из пересыхающих водоемов.

Мелиоративные мероприятия могут быть коренными, способствующими глубокому изменению режима водоема (борьба с заболачиванием) и текущими, оказывающими влияние непродолжительный срок (борьба с зарастаемостью).

**Борьба с заилением и мероприятия по улучшению качества воды**

В результате осаждения мути, продуктов жизнедеятельности водных организмов, отмирания растительности в водоемах идет накопление ила. При слое 10-20 см он полезен, т.к. разлагается на минеральные компоненты. Если же слой ила выше 20 см, то идет нарушение гидрохимического режима.

Существуют способы борьбы с заилением:

1. Склоны водосбросной площади вспахивают в горизонтальном направлении, что уменьшает смыв почвы.

2. Следует проводить насаждение лесных полос на водосбросной площади.

3. На берегах водохранилищ, прудов делают посев трав.

4. На водозаборные сооружения ставят фильтры, для очистки воды.

Водоемы для выращивания рыбы периодически выводят на летование. В это время проводят очистку ложа пруда от ила.

Недостаточное количество кислорода в рыбоводных прудах ведет к *заморным* явлениям, особенно в жаркое время года. Для предупреждения заморов проводят аэрирование воды – насыщение ее кислородом.

Способы аэрирования**:**

1*. Механическое* аэрирование осуществляют с помощью аэраторов (разбрызгивающие, перелапачивающие и нагнетающие). К первым относятся дождевальные установки, вертушки, колеса с лопастями. Аэраторы второго типа перемешивают воду с помощью винтов или гребных колес. Аэраторы третьего типа – это компрессоры.

2*. Биологическое* аэрирование воды сводится к стимулированию развития организмов планктона (фитопланктона). Можно для этой цели использовать растительноядных рыб.

3. *Химическое* аэрирование – внесение марганцево-кислого калия из расчета 20-50 мг/л и негашеной извести.

**Известкование**

В прудах, где рН ниже 7 (кислотная среда), проводят известкование. Известь вносится по нормам в зависимости от рН среды. Например: рН=6,0 нормы внесения:

негашеная известь 3,4 ц/га

гашеная известь 3,5 ц/га

известняк 5,4 ц/га

Известкование водоемов проводят также с целью борьбы с заилением, возникновением заболеваний, для дезинфекции водоема, устранения дефицита кальция.

**Борьба с зарастанием водоемов**

Площадь, занятая высшей водной растительностью в рыбоводных водоемах, не должна превышать 20-25% зеркала воды. При дальнейшем развитии растительности ее необходимо уничтожать. Существует несколько методов борьбы с зарастанием:

1. Метод АзНИИРХ основан на вспашке ложа и посеве сельскохозяйственных культур, являющихся конкурентами высшей водной растительности.
2. Механические способы борьбы – выкос растительности ручными цепными косами, чаще камышекосилками. Наиболее распространена косилка «Эзокс» с горизонтальными и вертикальными ножами. Также применяют камышекосилки «Бибер», «Либелла», ВМЖ-200, КП-07. Для уменьшения высшей водной растительности разводят нутрий, ондатр, уток и гусей.

**Борьба с врагами и конкурентами рыб**

Молоди рыб большой ущерб наносят некоторые беспозвоночные. В осетровых прудах большой вред наносят листоногие рачки, щитни и лептостерии, конкуренты молоди в питании. Для борьбы с ними используют хлорную известь и гипохлорит калия. Их вносят в воду с помощью специального хлоратора, который устанавливается на лодке «Прогресс».

В некоторых водоемах ущерб наносят циклопы, жуки и их личинки, поедающие икру рыб.

Жук-водолюб поедает за сутки 3-ю часть икринок. Личинки стрекоз могут поедать рыбок.

Нерестовые пруды заливают через фильтры. Делают ежегодную обработку ложа с внесением извести.

Для уничтожения насекомых вносят ПАВ (высшие жирные спирты из расчета 0,5 кг/га). Большой ущерб наносят земноводные. Лягушки способны поедать большое количество молоди рыб, а головастики – зоопланктон.

Борьба с земноводными – отлов отцеживающими орудиями лова.

В водоем попадает много сорной рыбы (особенно опасны окунь, щука). Для предотвращения попадания сорных рыб на водоподающих сооружениях устанавливают водоограждения в виде металлических решеток, мелкоячеистых сеток, гравийно-песчаных фильтров.

Большой ущерб наносят рыбоядные птицы (чайки, бакланы, цапли и др.)

Борьбу ведут экологическими методами. Уничтожают прошлогоднюю растительность, разрушают кладки яиц, устанавливают блестящие и гремящие отпугивающие устройства. Иногда воспроизводят магнитофонную запись с отпугивающими криками птиц, предупреждающих об опасности.

**Рыбозащитные мероприятия**

Работа по улучшению условий естественного размножения проводится по следующим направлениям: улучшение естественных путей миграции рыб на нерест, строительство рыбохозяйственных сооружений, улучшение естественных нерестилищ, спасение молоди, устройство рыбозащитных установок.

Мелиорация путей миграции рыб на нерест предусматривает обеспечение свободного прохода производителей к нерестилищам. К этой категории работы относятся: углубление края лиманов от наноса песка, расчистка рыбоходных каналов, ликвидация завалов русла реки.

Основные негативные процессы на нерестилищах – это их загрязнение, ухудшение гидрологического режима.

*Запрещается проводить вырубку леса* вдоль нерестовых лососевых рек. Загрязнение нерестовых рек промышленными сбросами недопустимо. Под воздействием ухудшающегося водного режима реки некоторые нерестилища осетровых рыб и рыбца (сныти) заиляются, загрязняются. Для устранения этого необходимо проводить *механическую очистку нерестилищ*. При этом нужно разрыхлять и перемешивать нерестовый субстрат с целью Удаления иловых отложений. В период паводка *регулируют водный режим полоев*, где происходит нерест полупроходных рыб, путем устройства обвалований с низовой стороны отдельных участков дельты реки.

На реках, где есть водохранилища, наблюдаются колебания уровня, что наносит большой ущерб рыбному хозяйству. Для предотвращения такого отрицательного влияния на гидрологический режим водоема разработаны *требования к попускам воды из водохранилищ*.

*Создание искусственных нерестилищ*. В тех водоемах, где ухудшаются условия размножения промысловых рыб из-за нарушения водного режима, дополнительно сооружают искусственные нерестилища, которые размещают с учетом биологических особенностей рыб.

Для *фитофилов* создают стационарные и плавучие нерестилища. Стационарные нерестовые площадки представляют собой полотнища из проволочной крупноячеистой сетки или рамы из жердей, на которых прикрепляют субстрат. Их устанавливают на мелководьях. На глубоких местах устанавливают плавучие нерестилища, из рамы, к которой через 30-40 см привязывают поводки длиной 1,5 м, на них крепят веники из растений.

Для нереста судака изготавливают гнезда из лозы или проволоки в виде круга, диаметром 0,7-1,0 м, обтянутого сеткой из капроновой нити, на которую крепят субстрат из отмытых корней ивы, рогоза.

Для осетровых искусственные нерестилища устраивают у нижних берегов плотины на расстоянии 2-10 км от них. В качестве субстрата насыпают гальку размером 5-10 см слоем, толщина которого 25-30 см.

В качестве искусственных нерестилищ используют специальные нерестовые панели, из бетона с имитацией гравийно-галечного субстрата.

Искусственные нерестилища для литофильных рыб дополняют нерестовыми каналами длиной 500-1000 м и шириной 5-10 м, со скоростью течения до 1 м/сек, дно покрывают слоем гальки.

Для многих видов рыб местом нереста является заливаемая пойма рек. При спаде воды не вся молодь успевает уйти в реки, часть ее остается. Для этого ведут работы по спасению молоди.

Существует несколько методов спасения молоди:

1. Строят канал между основным водоемом и отшнуровавшимся;
2. Молодь отлавливают волокушей и в различных емкостях транспортируют в реку.

**Рыбопропускные сооружения**

Строительство плотин отрицательно влияет на воспроизводство рыбных запасов. Для преодоления рыбами препятствий в плотинах строят рыбопропускные соединения – рыбоходы и рыбоподъемники.

Рыбоходы строят в теле плотины или в обход ее в виде лотков. В теле плотины создают рыбоходы лоткового и лестничного типа.

*Лотковые* – представляют собой лотки, разделенные сплошными перегородками, не доходящими до противоположной стенки, и установленные в шахматном порядке.

*Лестничный* – тоже в виде лотка, разделенного сплошными перегородками на бассейны, каждый последующий имеет небольшое превышение над предыдущим. В перегородках есть вплывные отверстия, а по трассе рыбохода есть бассейны для отдыха рыбы.

Для молоди угря создаются угреходы. Угри легко преодолевают преграду, если она смочена водой и имеет шероховатости. Угреходы делают в виде лестницы.

Для пропуска рыбы в верхний бьеф используют *подъемники*.

*Лифтовый* подъемник – это вертикальная шахта, в которую рыба входит по входному лотку, и после заполнения водой выходит в верхний выход.

*Рыбопропускной шлюз* – состоит из двух расположенных параллельно камер шлюза, двух расположенных параллельно нижних подходных лотков и одного верхнего выходного лотка. В начале и конце камер расположены затворы. Подъем рыбы идет так. В одной из камер поднимают нижний затвор шлюза. На ток воды рыба идет в камеру. Затем затвор закрывают, камера заполняется водой до верхнего края, и рыба идет на ток воды, идущий из верхнего края. После этого открывают верхний затвор, и рыба выходит.

Для защиты от попадания рыб в водозаборы делают *рыбозаградительные сооружения*:

1*. Механические* сооружения создают механическую преграду (это плоские сетки, фильтры, решетки, сетчатые барабаны).

2*. Физиологические* сооружения. Это защита или отпугивание молоди рыб от водозабора воздушно-пузырьковой завесой, электрополем.

**Защита рыб от попадания в водозаборные сооружения**

В связи с бурным техническим прогрессом и увеличением численности населения проблемы воздействия человека на природу и охраны природы приобретают чрезвычайно важное значение для всего человечества.

Одной из сторон влияния деятельности человека на природу является изъятие из водоемов огромного количества воды. Водозаборные сооружения промышленных предприятий, ирригационных систем, тепловых электростанций и других потребителей воды вместе с водой из водоема захватывают и рыб. Наибольший ущерб рыбному хозяйству они наносят, уничтожая молодь рыб. Влияние этого фактора на рыбное хозяйство внутренних пресноводных водоемов нашей страны уже сейчас является не менее важным, чем загрязнение вод и гидростроительство.

Успешная защита рыб от попадания в водозаборные сооружения может основываться лишь на управлении их поведением и знании экологии поведения рыб. Поведение рыб, как и других животных, представляет собой комплекс врожденных реакций (наследственных, безусловно-рефлекторных, инстинктивных) и реакций, возникающих по принципу временных связей в результате обучения животного.

**Реореакция и плавательная способность рыб**

Основным поведенческим приспособлением по отношению к течению у рыб является *реореакция* («реотаксис»). Эта реакция имеет, безусловно, рефлекторный характер (врожденная) и проявляется в том, что, находясь в потоке воды, рыба, как правило, устанавливается и двигается против течения. Реореакция свойственна всем изученным видам рыб независимо от их экологических особенностей. Очевидно, эта реакция характерна для всего класса рыб в целом, так же как и для ряда животных других классов. Она проявляется уже в первые часы после выклева. Лишь при воздействии определенных факторов (испуг, физиологическое состояние, питание, скорости течения ниже пороговых и т.д.) реореакция может не проявляться или затормаживаться.

Основное биологическое значение реореакции заключается в том, что она способствует сохранению рыбами района их обитания и достижению определенных жизненно важных районов, расположенных в верхних участках рек (нерестилища). При отсутствии реореакции почти все речные рыбы были бы вынесены в море.

*Пороговые скорости течения*. Минимальные скорости потока, при которых возникает реореакция, являются пороговыми. При скоростях потока ниже пороговых рыбы, держась свободно по отношению к течению и окружающим ориентирам, передвигаются в различных направлениях независимо от направления течения. Пороговые скорости течения у рыб разных видов колеблются от десятых долей до 20-30 см/с.

*Критические скорости течения.* Для характеристики реореакции и способности рыб сопротивляться потоку был введен показатель – критическая скорость течения, равная минимальной скорости потока, при которой рыб сносит течением. Показатель критической скорости отражает верхнюю скоростную границу той гидравлической зоны, в которой могут находиться рыбы тех или иных видов и размеров. Определение этого показателя проще, чем определение плавательной способности. При исследовании критических скоростей рыб помещают в поток воды и экспериментатор, плавно увеличивая скорость течения (15-20 с), находит такую, при которой поток начинает сносить рыб. При применении рыбозащитных сооружений знание критических скоростей течения для защищаемых рыб чрезвычайно важно. Так, например, превышение этих скоростей на защитном полотне фильтрационных рыбозащитных устройств (РЗУ), как правило, приводит к прижатию и гибели рыб.

Критические скорости течения могут быть выражены через длину тела рыбы (*l*) – относительные критические скорости (*l/c*). Эти скорости у исследованных рыб составляют 4-15 *l/c*. У ранней молоди относительные скорости мало изменяются по мере роста до определенных размеров или даже несколько увеличиваются. Но при достижении 25-35 мм, а для некоторых видов и более 35 мм, эти скорости начинают уменьшаться.

**Ориентация рыб на течение**

Ориентация рыб против течения связана не с прямым гидродинамическим усилием, испытываемым рыбой в потоке воды, как полагают некоторые исследователи, а с работой определенных рецепторов и с восприятием процесса сноса рыб относительно неподвижных ориентиров в окружающей среде. Это было впервые показано Е. Лионом и в дальнейшем подтверждено многими авторами.

Восприятие рыбами течения осуществляется рядом рецепторов. Одним из основных рецепторов, с помощью которого рыбы способны ориентироваться в потоке воды, является *зрение*.

Помимо неподвижных зрительных ориентиров, определенную роль при ориентации могут иметь и предметы, движущиеся со скоростью, отличной от скорости движения зрительных ориентиров в точке нахождения рыбы. С помощью такой ориентации рыбы способны воспринимать течение, находясь даже в толще неравномерного потока (например, в реке) за пределами видимости неподвижных зрительных ориентиров.

Большую роль при ориентации рыб в потоке воды может играть и *осязание*.

**Принципы защиты рыб**

Можно выделить три принципа защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения: экологический, поведенческий и физический.

*Экологический принцип* защиты – использование закономерностей, связанных с образом жизни рыб (распределением, миграциями) и особенностями их попадания в водозаборные сооружения.

*Поведенческий принцип* защиты – использование поведенческих реакций на те или иные раздражители (сетчатое полотно так называемых механических заградителей, свет, звук, электрическое поле и др.).

*Физический принцип* защиты – использование ряда физических явлений при условии обеспечения жизнеспособности рыб (задержание механическими преградами, использование разницы плотности воды и рыб и др.).

Указанным принципам защиты соответствуют три группы способов защиты: экологические, поведенческие и физические. Способы защиты, основанные на поведенческом принципе, следует считать *активными*, а на экологическом и физическом принципах – *пассивными*.

Физические способы защиты рыб разработаны пока слабо. Определенный интерес может представить циркуляционная вихревая камера инженера В.Н. Салахова. Эта конструкция основана на «поведении» тел с плотностью, отличной от воды, в условиях циркуляционных течений. Однако возможности применения этого устройства пока не ясны.

**Экологические способы защиты, основанные на закономерностях**

**распределения молоди**

Одним из наиболее общих правил расположения водозабора является *недопустимость их размещения в районах нерестилищ*. Именно в этих районах, хотя и короткое время, наблюдаются значительные концентрации молоди.

Это правило касается также устьевых участков рек и нижних участков их дельт. За счет молоди, скатывающейся с вышележащих нерестилищ, или выпускаемой рыбоводными заводами, здесь наблюдаются особенно плотные и длительные концентрации рыб.

Важной мерой защиты рыб является правильное размещение оголовка водозабора относительно берега. Изъятие воды из прибрежных мелководных участков водохранилищ, озер или затонов рек, как правило, приводит к значительному ущербу. Обычно в этих хорошо прогреваемых и кормных участках водоемов сосредоточивается большое количество молоди, особенно молоди карповых, окуневых, а иногда и других видов рыб.

Имеющееся у многих видов рыб четкое вертикальное распределение может быть использовано в целях их защиты. Можно наметить ряд общих закономерностей вертикального распределения молоди в реках. На первых личиночных стадиях развития большинство видов рыб, за некоторым исключением (осетровые), скатываются круглосуточно преимущественно в поверхностных слоях. Личинки сельдей в темное время суток переходят в придонные слои. На более поздних этапах развития молодь лососевых продолжает придерживаться поверхностных слоев, а молодь карповых, сельдевых и окуневых мигрирует преимущественно в толще воды и у дна.

Эти особенности вертикального распределения молоди уже используются для защиты рыб.

Так, например, в связи с поверхностным распределением покатной молоди лососевых в США на высоконапорных плотинах водоприемные отверстия турбин заглубляют ниже горизонта ската молоди, а для ската молоди на определенной глубине строятся специальные трубопроводы.

**Фильтрационные рыбозащитные устройства**

Наиболее распространенной и разработанной с технической стороны является обширная группа так называемых «механических» рыбозащитных устройств.

По своим физическим характеристикам эти устройства являются фильтрующими системами (насыпные фильтры и сетчатые). Однако в основу действия этих устройств должен закладываться не столько физический (механический) принцип, сколько поведенческий.

*Фильтры*. На мелких водозаборах в качестве временных рыбозащитных устройств иногда применяются фильтрующие устройства из местных материалов: хвороста, камыша и др. конструктивно эти устройства выполняются в виде плетней или укрепленных набросок.

В последнее время интерес к галечно-гравийным фильтрам стал возрастать. Различными организациями разработаны конструкции насыпного, ряжевого и кассетного типа с расходом воды от сотен литров до 200 м3/с.

*Плоские сетки*. Данная конструкция представляет собой рамы с сетным полотном, устанавливаемые в рыбозащитную эстакаду. Согласно «Временным положениям по проектированию рыбозащитных устройств водозаборных сооружений» плоские сетки должны быть оборудованы грубой решеткой для задержания крупного мусора и очистным устройством. Но на практике эти два элемента, как правило, отсутствуют.

*Ленточные вращающиеся сетки*. Ленточные вращающиеся сетки «Временными положениями по проектированию рыбозащитных устройств водозаборных сооружений» не включены в группу рыбозащитных устройств. Однако, учитывая очень большое распространение этой конструкции в нашей стране и зарубежный опыт по ее применению для защиты рыб, необходимо дать описание ленточных сеток, а также изложить результаты натурных наблюдений и модельных экспериментов.

*Сетчатые барабаны с принудительной очисткой*. В нашей стране разработаны и применяются сетчатые барабаны с принудительной очисткой сетного полотна струями воды: МСРЗ (механические сетчатые рыбозащитные устройства) и СРЗ (струереактивные рыбозащитные устройства).

*Сетчатые вращающиеся барабаны с рыбоотводом*. Сетчатые самоочищающиеся барабаны с рыбоотводом были разработаны в США в 1921 г. специально для применения на оросительных системах штата Орегон. С тех пор эта конструкция успешно применяется на многих подобных сооружениях, особенно на Тихоокеанском побережье в штате Калифорния.

**Поведенческие способы защиты и возможности их использования**

Способы защиты, основанные только на поведенческих реакциях рыб, давно привлекают внимание исследователей. В них используется защитное поле, как правило, не стесняющее потока (свет, звук, электрическое поле, гидромеханические возмущения, гидростатические давление, запахи и некоторые другие средства). Общим для этих способов является поведенческий принцип защиты. Это позволяет объединить их под названием *поведенческие способы защиты*.

*Электрические рыбозаградители* стали применяться одними из первых среди активных средств защиты рыб. Они появились в 20-е годы XX-го века в США.

Использование электрических заградителей основано на реакции избегания рыбами электрических полей большой напряженности. Данный раздражитель является неадекватным, так как в естественных условиях рыбы практически не встречаются с мощными электрическими полями.

**СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

Детлаф Т.А., Гинзбург А.С., Шмальгаузен О.И. Развитие осетровых рыб. – М.: Наука. 1981, 224 с.

Иванов А.П. Рыбоводство в естественных водоемах. – М.: Агропромиздат. 1988, 367 с.

Мамонтов Ю.П. и др. Искусственное воспроизводство промысловых рыб во внутренних водоемах России. Санкт-Петербург: ГосНИОРХ. 2000, 288 с.

Мильштейн В.В. Осетроводство. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1982, 322 с.

Моисеев П.А., Азизова Н.А., Куранова И.И. Ихтиология. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1981, 381 с.

Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб. – СПб, 2001, 372 с.

Пономарев С.В., Гамыгин Е.А. и др. Технологии выращивания и кормления объектов Аквакультуры юга России. Астрахань: Нова. 2002. 263 с.

Пономарев С.В., Пономарева Е.Н. Биологические основы разведения осетровых и лососевых рыб на интенсивной основе: Моногр./ Астрах. гос. техн. ун-т. – Астрахань: Изд-во АГТУ, 2003. – 256 с.

Черномашенцев А.И., Мильштейн В.В. Рыбоводство. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1983, 157 с.

Баклашова Т.А. Ихтиология. М.: Пищевая промышленность. 1980.

Берг Л.С. Избранные труды, т. V. М.: Издательство АН СССР. 1962, 927 с.

Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.-Л. Государственное издательство. 1923, 467 с.

Бушуев В.П. Некоторые вопросы теории рыбоводства. – Владивосток: Дальтехрыбвтуз. 1988, 89 с.

Веселов Е.А. Определитель пресноводных рыб фауны СССР. М.: Просвещение. 1977, 255 с.

Иванов П.П. Руководство по общей и сравнительной эмбриологии. Л.: 1945.

Иструкция по разведению радужной форели. М.: ВНИИПРХ. 1985, 255 с.

Казанчеев Е.Н. Рыбы Каспийского моря, М.: Легкая и пищевая промышленность. 1981, 166 с.

Канидьев А.Н. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб. – М.: Легкая промышленность. 1984, 216 с.

Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов. – М.: Пищ. пром-ть. 1975, 404 с.

Кауфман З.С. Эмбриология рыб. М.: Агропромиздат. 1990, 272 с.

Коблицкая А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб. М.: Легкая и пищевая промышленность. 1981, 254 с.

Козлов В.И., Абрамович Л.С. Справочник рыбовода. – М.: Росагропромиздат. 1991, 110 с.

Лебедев В.Д., Спановская В.Д., Савваитова К.А., Соколов Л.И., Цепкин Е.А. Рыбы СССР. М.: Изд-во «Мысль». 1969, 325 с.

Леманович Э.М. Темп роста и упитанность осетровых на морских пастбищах. – Тр. ЦНИОРХ, 1972. т. 7. С. 97-107.

Макеева А.П. Эмбриология рыб. М.: Изд-во МГУ. 1992, 216 с.

Никольский Г.В. Частная ихтиология. М.: Высшая школа. 1971, 405 с.

Павлов Д.С. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. – М.: Наука. 1979., 120 с.

Рыжков Л.П. Морфофизиологические закономерности и трансформация вещества и энергии в раннем онтогенезе пресноводных лососевых рыб. Петрозаводск: Карелия. 1976.

Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие Тихоокеанских лососей. – М.: МГУ. 1975, 335 с.

Стеффенс В. Индустриальные методы выращивания рыбы. – М.: Агропромиздат. 1985, 384 с.

Уголев А.М., Кузьмина В.В. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб. СПб, Гидрометериздат, 1993, 238 с.