

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«КЕРЧЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОРСКОЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Водные биоресурсы и марикультура»

Булли Л.И., Будниченко В.А.

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЫБОВОДСТВА**

Конспект лекций

для студентов направления подготовки 35.03.08  
«Водные биоресурсы и аквакультура»  
очной и заочной форм обучения

Керчь, 2016 г

УДК 639.3

Составители: Булли Л.И., канд. биол. наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и марикультура» ФГБОУ ВО «КГМТУ»

  
подпись

Будниченко В.А., канд. биол. наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и марикультура» ФГБОУ ВО «КГМТУ»

  
подпись

Рецензент: Сытник Н.А., канд. биол. наук, доцент кафедры «Водные биоресурсы и марикультура» ФГБОУ ВО «КГМТУ»

  
подпись

Конспект лекций рассмотрен и одобрен на заседании кафедры «Водные биоресурсы и марикультура» ФГБОУ ВО «КГМТУ»,  
протокол № 6 от 29.02.2016 г.

Зав. кафедрой кафедры «Водные биоресурсы и марикультура» ФГБОУ ВО «КГМТУ» А.П. Золотницкий

  
подпись

Конспект лекций утвержден и рекомендован к публикации на заседании методической комиссии ТФ ФГБОУ ВО «КГМТУ»,  
протокол № 1 от 31.08.2016 г.

ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2016 г.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
<b>ТЕМА 1. СТРУКТУРА, СОСТОЯНИЕ И ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА.....</b>	<b>5</b>
<b>ТЕМА 2. ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ РЫБОВОДСТВА. ХАРАКТЕРИСТИКА И ЗНАЧЕНИЕ ОБЪЕКТОВ РЫБОВОДСТВА.....</b>	<b>11</b>
<b>ТЕМА 3. ОСНОВЫ ИНТЕНТИФИКАЦИИ РЫБОВОДНЫХ ПРОЦЕССОВ.....</b>	<b>14</b>
<b>ТЕМА 4. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РЫБ.....</b>	<b>20</b>
4.1. Теория экологических групп рыб и ее значение для рыбоводства.....	20
4.2. Теория внутривидовых групп рыб.....	32
4.3. Теория этапности развития рыб.....	32
4.4. Теория критических этапов в развитии рыб.....	34
4.5. Размножение, половая зрелость и созревание рыб.....	36
<b>ТЕМА 5. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ СРЕДЫ НА РЫБ.....</b>	<b>39</b>
5.1. Влияние температуры воды на жизненные циклы рыб.....	39
5.2. Влияние освещенности, уровня и течения воды на выживаемость рыб.....	40
5.3. Влияние гидрохимического режима на рыб (солевой состав, газовый состав, активная реакция среды рН).....	41
5.4. Влияние кормовой базы водоема на рыб.....	42
<b>ТЕМА 6. ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОВЫМИ ЦИКЛАМИ РЫБ ПРИ ИХ ЗАВОДСКОМ ВЫРАЩИВАНИИ.....</b>	<b>43</b>
<b>ТЕМА 7. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК И ОСЕМЕНЕНИЯ ИКРЫ.....</b>	<b>50</b>
7.1. Основы управления биологическими циклами рыб.....	50
7.2. Методы получения половых продуктов и определение их качества.....	54
<b>ТЕМА 8. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ИНКУБАЦИИ ИКРЫ И ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ РЫБ.....</b>	<b>56</b>
8.1. Биологические основы инкубации икры.....	56
8.2. Особенности получения личинок и методы их выдерживания.....	57
8.3. Биологические основы подращивания молоди различных видов рыб.....	58
8.4. Выращивание молоди рыб до жизнестойких стадий.....	60
8.5. Основные биотехнические звенья процесса рыборазведения и их связь с биологическими особенностями рыб.....	62
<b>ТЕМА 9. АККЛИМАТИЗАЦИЯ РЫБ И БЕСПОЗВОНОЧНЫХ. РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МЕЛИОРАЦИЯ.....</b>	<b>65</b>
<b>ТЕМА 10. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ РЫБ ОТ ПОПАДАНИЯ В ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. СКАТ МОЛОДИ РЫБ.....</b>	<b>78</b>
<b>ТЕМА 11. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНДУСТРИАЛЬНОГО РЫБОВОДСТВА.....</b>	<b>80</b>
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	86

## ВВЕДЕНИЕ

Учебная дисциплина «Биологические основы рыбного хозяйства» является одной из основных для профессиональной подготовки специалистов рыбоводов. В результате изучения этой дисциплины проводится последовательное ознакомление студентов с особенностями структуры и состоянием современного рыбного хозяйства, биологическими основами подбора рыб и их эффективного использования в аквакультуре, жизненного цикла культивируемых рыб и особенностями формирования рыбопродуктивности водоёмов. Изучается искусственное разведение рыб и особенности рыбоводства разных направлений (прудового, промышленного, морского, в естественных водоёмах), охраны рыбных запасов, воспроизводства редких и исчезающих видов рыб, переработки рыбного сырья.

Дисциплина «Биологические основы рыбоводства» является дисциплиной базовой части профессионального цикла ООП.

Для успешного освоения предмета необходимо знать такие предшествующие базовые дисциплины как «Общая биология», «Зоология», «Экология», «Физиология рыб», «Общая биохимия», «Гидробиология», а также знания и практические навыки, полученные при прохождении производственной практики.

Дисциплина «Биологические основы рыбоводства» является одной из базовых дисциплин, предшествующих изучению таких предметов как «Товарное рыбоводство», «Искусственное воспроизводство рыб», «Прудовое рыбоводство», «Промышленное рыбоводство», «Кормление рыб», «Фермерское рыбоводство» и др.

**Целью** освоения дисциплины «Биологические основы рыбоводства» является формирование у студента направления подготовки 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура» представления о возможностях рыбоводства как отрасли народного хозяйства, заложить основы профессиональных знаний и навыков по биологическим особенностям промысловых видов рыб в связи с необходимостью их искусственного воспроизводства, выращивания и акклиматизации.

### **Задачи дисциплины:**

- изучить закономерности сохранения и воспроизводства рыбных запасов, пути интенсификации процессов культивирования гидробионтов в разных направлениях аквакультуры: от пастбищного до промышленного;

- изучить биологические основы управления половыми циклами ценных промысловых видов рыб, получения зрелых половых клеток, осеменения и инкубации икры, выдерживания предличинок, подращивания личинок, выращивания молоди рыб, интенсификации рыбоводных процессов, акклиматизации гидробионтов, рыбохозяйственной биомелиорации.

В результате изучения дисциплины «Биологические основы рыбоводства»: студент должен **знать**: - эколого-биологические особенности основных объектов рыбоводства, биологические основы осеменения икры рыб и инкубации, жизненного цикла культивируемых рыб, питания и кормления рыб, особенности формирования рыбопродуктивности водоёмов, охраны рыбных запасов и переработки рыбного сырья, особенности прудового, промышленного, морского рыбоводства и в естественных водоёмах;

**уметь**: - на практике применять полученные знания по биологическим основам искусственного воспроизводства рыб:

- использовать методы гипофизарных инъекций для получения зрелой икры и спермиев рыб и обеспечение их сохранения для дальнейшего использования,

- уметь проводить осеменение и инкубацию икры при искусственном разведении объектов рыбоводства;

**владеть**: - методами подбора объектов рыбоводства,

- умением использовать их биологические особенности,

- методами повышения рыбопродуктивности водоёмов с помощью интенсификационных рыбоводных мероприятий.

## ТЕМА 1. СТРУКТУРА, СОСТОЯНИЕ И ОСНОВЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА

Современное рыбоводство представлено двумя основными направлениями: рыбоводство в естественных водоемах или пастбищное рыбоводство и товарное рыбоводство. Эти два направления рыбоводства взаимно связаны и представляют звенья единой системы мероприятий, обеспечивающих повышение продуктивности водоемов.

Под **рыбоводством в естественных водоемах** следует понимать комплекс мероприятий, обеспечивающих процесс воспроизводства рыбных запасов в водоемах, их увеличение и качественное улучшение.

Рыбоводство в естественных водоемах решает задачи:

- искусственное разведение рыб интенсивного типа, то есть воспроизводство ценных промысловых видов рыб, выращивание их молоди и выпуск жизнестойкой молоди в естественные водоемы;

- мелиорация – улучшение условий естественного размножения, создание искусственных нерестилищ, улучшение условий нагула и зимовки рыбы;

- акклиматизация рыб, кормовых и пищевых беспозвоночных и, таким образом, улучшение видового состава промысловых объектов в соответствии с особенностями конкретного водоема.

Перечисленные мероприятия проводятся в морях, озёрах, реках, водохранилищах, заливах, лагунах, непосредственно связанных протоками и проливами с крупными промысловыми водоёмами.

В целом задача рыбоводства в естественных водоёмах состоит в том, чтобы, несмотря на ухудшившиеся условия естественного воспроизводства и нагула рыб, сохранить и расширить в качественном и количественном отношении сырьевую базу рыбной промышленности, обеспечить высокие и устойчивые уловы ценных видов рыб.

**Товарное рыбоводство** занимается разведением и выращиванием рыбы до товарной массы в озёрах, водохранилищах, прудах, садках, бассейнах, промышленных установках. В товарном рыбоводстве, в отличие от рыбоводства в естественных водоёмах, весь процесс, начиная от размножения и заканчивая нагулом, управляется человеком.

Значение рыбоводства. Согласно данным ФАО в настоящее время человечество потребляет в год более 150 млн. т продукции, производимой водными экосистемами, из них около 90 млн. т — аквакультурой. Наиболее распространённым объектом аквакультуры является рыба (культивируют более 100 видов), поэтому рыбоводство — наиболее развитая отрасль аквакультуры, особенно пресноводной.

По сравнению с 1990 г. объём продукции мировой аквакультуры увеличился в 4 раза, что превысило прогнозы в два раза, а за период с 1980 г. по 2005 г. продукция аквакультуры (без водорослей) возросла почти в 10 раз. Ожидается, что к 2020 г. аквакультура будет составлять 50% общего объёма продукции из водных биологических ресурсов.

В настоящее время в России объёмы товарной рыбной продукции, по сравнению с мировыми показателями, еще остаются на низком уровне. Однако за последние 10 лет отмечен заметный рост. Так, в 2006 г. ее объем составил около 200 тыс. т, в 2010 г. до 600 тыс. т, а к 2020 г. ожидается увеличение объёмов до 1 млн. т, поскольку аквакультура вошла в приоритетный национальный проект «Развитие агропромышленного комплекса».

Рыбные продукты отличаются высокими вкусовыми и диетическими качествами и являются существенным источником животных белков. В настоящее время они составляют в общем белковом балансе населения России примерно пятую часть (22 %). Кроме того, рыба обладает лечебно-профилактическими свойствами. Она содержит все незаменимые соединения, необходимые человеку, в том числе аминокислоты, ненасыщенные жирные кислоты, сдерживающие развитие атеросклероза, витамины, микроэлементы. По содержанию витаминов, кроме витамина С, рыба превосходит овощи и фрукты. Таким

образом, значение рыбы не ограничивается только её пищевыми достоинствами. Именно поэтому со временем в России потребность в рыбопродуктах будет возрастать даже с увеличением потребления мяса и молочных продуктов. Об этом говорит и мировой опыт. Имеет значение также относительно низкая себестоимость выращивания рыбы (для сравнения — себестоимость 1 кг прудовой рыбы в 4–5 раз ниже себестоимости 1 кг мяса).

В конце 90-х годов прошлого столетия и в начале нового века наблюдалось заметное снижение добычи морской и океанической рыбы и вылова рыбы во внутренних водоёмах России, что привело к существенному уменьшению среднедушевого потребления рыбы населением. При физиологической норме потребления 23,7 кг на человека в год оно составило, например, в 2006 г. менее 10 кг. По оценкам специалистов снижение душевого потребления рыбы до 5–10 кг представляет собой угрозу здоровью россиян. Условия, сложившиеся в водоёмах страны в результате хозяйственной деятельности человека, привели к уменьшению объёма воспроизводства и промысла ценных видов рыб.

Объём производства пресноводной рыбы в стране не удовлетворяло потребности населения. Для удовлетворения спроса населения в живой рыбе необходимо было увеличить её производство более чем в 3 раза.

В существующей экологической обстановке рыболовство не располагает большими потенциалами роста. Современный объём промышленного вылова рыбы во внутренних водоёмах может быть увеличен всего на 20%. Связано это с уменьшением естественного воспроизводства рыбы в результате возрастающего отрицательного влияния деятельности человека на водоёмы (плотины, судоходство, промышленно-бытовые и сельскохозяйственные стоки, орошение, а также браконьерства). Яркой иллюстрацией деградации водных экосистем под влиянием многофакторного антропогенного воздействия является Волго-Каспийский бассейн. Наиболее глубокие изменения экологии водоёмов бассейна Волги, численности и промысловых запасов популяций ценных видов рыб произошли под влиянием гидростроительства и антропогенного загрязнения. После возведения волжского каскада гидростанций площади нерестилищ осетровых, например, сократились в 7–10 раз. При этом белуга лишилась нерестилищ на 100, русский осётр — на 80, севрюга — на 60%. Нарушение сезонного стока в результате строительства плотин гидроэлектростанций, резкое сокращения весеннего половодья привело к сокращению площади заливаемых нерестилищ, сдвигу и уменьшению сроков залития нерестилищ. В результате площади и продолжительность залития нерестилищ полупроходных рыб в течение многих лет составляют 10–15% по сравнению с периодом до зарегулирования Волги. Аналогичные, негативные изменения, наносящие ущерб естественному воспроизводству и запасам ценных промысловых видов рыб, произошли и в других рыбопромысловых бассейнах России.

В сложившихся условиях стабильность промысловых запасов ценных видов рыб в водоёмах России уже невозможна без эффективной работы рыбоводных заводов (РЗ) и нерестово-выростных хозяйств (НВХ) [15].

Работы по увеличению рыбных запасов должны развиваться в двух направлениях: улучшение условий естественного размножения рыб и искусственное воспроизводство ценных промысловых видов рыб на РЗ и НВХ. При этом естественное воспроизводство должно преобладать в связи с необходимостью сохранения генетического разнообразия популяций рыб. Однако в современных условиях доля заводского воспроизводства в формировании запасов ценных видов рыб продолжает увеличиваться, что обусловлено сокращением площади естественных нерестилищ, загрязнением водоёмов, массовым браконьерством. Но без интенсивного искусственного воспроизводства уже невозможно сохранить и восстановить запасы промысловых рыб (особенно таких ценных проходных видов, как осетровые и лососевые).

**Достижения рыбоводства в естественных водоёмах, масштабы развития, эффективность.** В настоящее время в России действуют более 150 предприятий, основной

задачей которых являются работы по искусственному воспроизводству рыбных запасов с целью их сохранения и увеличения. В большинстве своём действующие РЗ и НВХ построены за счёт компенсации ущерба, нанесенного рыбным запасам гидростроительством и другой хозяйственной деятельностью, и расположены во всех основных рыбохозяйственных бассейнах страны.

Массовое строительство РЗ и НВХ относится к середине 50–60-х годов XX в. С тех пор ими полностью освоены биотехнические приемы разведения наиболее ценных промысловых рыб. В последние годы эти предприятия выпускают ежегодно около 7 млрд. молоди ценных промысловых видов рыб, в том числе около 80 млн. осетровых, более 600 млн. лососевых, более 70 млн. сиговых, около 6 млрд. полупроходных и туводных рыб (из них около 50 млн. растительноядных рыб), а также около 800 млн. личинок байкальского омуля, сига и кефали. Всего с учётом личинок в естественные водоёмы и водохранилища выпускается в год около 8 млрд. рыбопосадочного материала.

Многие годы развитие работ по искусственному воспроизводству рыбных запасов шло в основном в экстенсивном направлении. Однако систематический рост объёма выпуска молоди не обеспечивал эквивалентного прироста промысловых уловов. В связи с этим было принято решение по улучшению качества выпускаемой молоди, обеспечению наиболее благоприятных сроков и условий выпуска молоди, сохранению генетических особенностей воспроизводимых популяций рыб. За счёт увеличения средней массы выпускаемой молоди и оптимизации сроков её выпуска, например, на РЗ по воспроизводству горбуши и кеты Сахалино-Курильского бассейна достигнута значительная эффективность. Промысловый возврат горбуши заводского происхождения достигает 5,8 и даже 10%. Доля горбуши и кеты в промысловых уловах в Сахалинской области составляет 40–70 и 95% соответственно. Продолжаются работы по рыбоводному освоению ценных видов лососевых с длинным пресноводным периодом жизни — кижуча, нерки, симы, чавычи, сахалинского тайменя на Дальнем Востоке, палии в Карелии. РЗ Европейской территории России (Ленинградская, Мурманская, Архангельская области, Кабардино-Балкарская и Карельская республики, Краснодарский край) выпускают в год около 2 млн. шт. покатников р. *Salmo*. Популяция атлантического лосося в реках Невы и Нарвы существует благодаря рыбоводству. Деятельность рыбоводов Карелии обеспечивает от 40 до 60% уловов онежского лосося. За счёт работы РЗ России в значительной мере пополняются запасы осетровых Каспийского и Азовского морей. Биомасса заводских осетровых оценивается по белуге 98, осетру — 56 и севрюге 36% от их общей добычи в Каспии. В Азовском море более 90% осетровых заводского происхождения. В перспективе ожидается увеличение доли уловов осетровых заводского воспроизводства, а в условиях кризисной экологической обстановки оно будет преобладающим.

Усилиями рыбоводов восстановлено промысловое стадо белорыбицы. Уловы сазана и леща за счёт деятельности НВХ в дельте Волги, например, составляют ~ 25% общего вылова. Во внутренних водоёмах страны в результате акклиматизации рыб и кормовых беспозвоночных ежегодно добываются десятки тысяч тонн рыбы. Для снижения ущерба, наносимого рыбному хозяйству, повышения эффективности размножения проходных, полупроходных и туводных рыб проводится рыбохозяйственная мелиорация - это, прежде всего, работы по расширению действующих нерестилищ, применение на водохранилищах плавучих нерестилищ, строительство в низовьях зарегулированных рек насыпных песчано-гравийных искусственных нерестилищ для осетровых рыб и рыбца. Ежегодная эффективность проводимых работ от установки искусственных нерестилищ в промысловом возврате оценивается в 15–18 тыс. т, по спасению молоди - в 20–30 тыс. т.

Суммарная эффективность мероприятий по искусственному воспроизводству рыбных запасов (искусственное воспроизводство рыб, акклиматизация и рыбохозяйственная мелиорация) ежегодно составляет более 100 тыс. т (в том числе от искусственного воспроизводства рыбы и акклиматизации — 52–60 тыс. т, мелиорации 40–53 тыс. т).

Промысловый возврат объектов искусственного воспроизводства в России составляет 0,3–20% в зависимости от вида и качества выпускаемой молоди.

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.** 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 первой 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 спустя почти 100 лет, в 40-х годах XIX века, его публикация вновь стала востребованной во Франции.

В 1842 г. Реми и Жеен в ручьях Вогезских гор (Франция) повторили искусственное оплодотворение икры 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.

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 рыболовный завод, который был первым рыболовным заводом в России.

Одновременно с В.П. Врасским над проблемой развития рыболовства 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 рыболовства 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 рыболовства.

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 рыболовных 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 рыболовства 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 в нашей стране, а также 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 рыболовного хозяйства на водохранилищах. Им обоснован биотехнический процесс выращивания молоди судака в НВХ. Им создан первый в России учебник по рыболовству.

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

Разработкой многих теоретических вопросов по рыболовству, 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 рыболовства в нашей стране был Ф.Г. Мартышев. Н.И. Николукиным обосновано использование в рыболовстве 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.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Историю развития рыбоводства и искусственного разведения рыб
2. Современное состояние и основные направления развития биологических основ рыбоводства.

Литература [3, 5, 15]

## **Тема 2. ОСНОВНЫЕ ОБЪЕКТЫ РЫБОВОДСТВА. Характеристика и значение объектов рыбоводства**

**Осетровые рыбы.** Ценнейшими представителями мировой ихтиофауны являются осетровые рыбы. На долю водоёмов важнейшего рыбохозяйственного Каспийского бассейна в недалёком прошлом приходилось более 90% мировых запасов осетровых. Наиболее высокие уловы осетровых Каспийского бассейна отмечались в начале XX в., в 1903 г. они составляли 39,4 тыс. т, в конце 70-х – начале 80-х годов — уже 20–27,3 тыс. т, в 1993 г. упали до 5,28 тыс. т (страны СНГ без Ирана, который раньше вылавливал ~ 22,8%), в 2000 г. — до 1,5 тыс. т, в 2003 г. составили менее 1 тыс. т, в 2005 г. — около 500 т, а в 2006 г. — всего 290 т. Доля России составляет ~ 70% от уловов осетровых в Каспии.

Высокие пищевые качества мяса и икры осетровых определяют высокую их стоимость на внутреннем и мировом рынках. Это определяет важную роль осетровых рыб в экономике рыбопромысловых бассейнов, особенно Каспийского. Например, в Каспийском бассейне добыча осетровых к общей массе рыбы в 80-е годы XX в. составляла ~ 5%, а их реализация обеспечивала свыше 70% всей прибыли этого бассейна. Среди осетровых в уловах по общей массе в Каспийском бассейне преобладает осётр.

Вторым районом по значению и запасам осетровых является Азово-Черноморский бассейн с двумя подрайонами: Азово-Кубанским и Азово-Донским. В 30-е годы XX в. здесь добывалось ежегодно более 7 тыс. т осетровых. В настоящее время менее 200 т. Наиболее многочисленный вид здесь — севрюга, второе место занимает осётр и самой малочисленной является белуга.

На воспроизводство осетровых негативное влияние оказало зарегулирование стока и загрязнение основных осетровых рек — Волги, Дона, Кубани, Куры. В послевоенные годы сильное влияние на воспроизводство осетровых оказал нерациональный морской лов, а также значительный лов в реке Амур и озере Байкал.

В настоящее время нерестовые площади существенно сократились и составляют: на Волге — 430 га (до зарегулирования рек их было 3600 га), на реке Урал — 226, на Дону — 170, на Тереке — 132, на Кубани — всего лишь 20 га. Эти нерестовые площади ещё позволяют сохранять маточное поголовье осетровых со всеми генетически наследуемыми биологическими свойствами этих рыб.

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

**Объекты искусственного воспроизводства.** *Сибирский осётр* распространён 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 осётр 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 осётр в период нагула живёт в Байкале, а на нерест входит в реки. Плодовитость сибирского осетра составляет 50–420 тыс. шт.

*Веслонос* распространён 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 происходит весной, на местах с хорошим течением при температуре воды 15–20 °С. Икру рыбы откладывают на песчано-галечный грунт. Плодовитость зависит от размера рыбы. У самки массой 10 кг плодовитость составляет 60–100 тыс. икринок. Личинки питаются зоопланктоном.

**Лососевые рыбы.** Среди представителей мировой ихтиофауны в количественном отношении лососевым принадлежит относительно скромное место. Однако в системе мировой аквакультуры они занимают особое положение, которое определяется биологическими особенностями и высокой рыбохозяйственной ценностью.

Лососевым свойственны сложный жизненный цикл, резкие колебания численности, но вместе с тем высокая репродукционная способность, высокий темп роста и пластичность. В современных мировых уловах лососевые составляют менее 1%, а их стоимость достигает 15% общей стоимости уловов. Основу мирового промысла лососевых рыб составляют два рода — *Ocorhynchus* и *Salmo*.

Лососи в море растут значительно быстрее большинства других рыб, прибавляя в год 0,7–1,0 кг, атлантический лосось даже до 4 кг и более. Общий объём промысла проходных лососей рода *Salmo* не превышает 15 тыс. т, тихоокеанских лососей — 500 тыс. т в год. Россия вылавливает в последние годы более 300 тыс. т лососевых в год.

Тихоокеанские лососи обеспечивают более 95% отечественного промысла лососевых рыб. Среди шести видов тихоокеанских лососей основу отечественного промысла составляют кета и горбуша. В общем улове эти два вида занимают более 90%. Причём горбуша является наиболее многочисленным видом тихоокеанских лососей - 40% по массе и 60% по количеству всех уловов. Это наиболее массовые, широко распространённые и быстро растущие рыбы Тихого океана. По оценке А.Ф. Карпевич, сравнительный эффект продуктивности кеты и горбуши на 30–50% выше, чем других видов тихоокеанских лососей.

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 - 96 см и массы более 8 кг, плодовитость – до 9 тыс. икринок (у жилой формы микижи – до 2,3 тыс. шт. икринок). Идет на нерест в сентябре-ноябре с незрелыми половыми продуктами. Нерест в конце мая-середине июня на сильном течении, в период паводка при температуре 1-5 °С. Икру откладывает в бугры из гальки и гравия, построенные в местах перехода от ям к перекатам, на глубине 0.5-2.5 м. Продолжительность жизни проходной микижи 10-11 лет. Созревает в возрасте 4-5 лет. Размножается 1-5 раз в жизни, большая часть рыб после первого нереста гибнет. Молодь живет в реке 1-3 года, скатывается в море в мае-июне. Взрослые рыбы в пресной воде не питаются, в море поедают крупных беспозвоночных и рыбу.

Обычные размеры пресноводной (проходной) микижи - 35-45 см, редко 75 см, массой до 3 кг. Нерест проходит в апреле-июне при температуре воды 2,7-8,1°С. Часть рыбы нерестится осенью и зимой.

*Каспийский лосось* обитает в водах Каспия. Это проходная рыба. Образует несколько стад в зависимости от сроков 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.

Хариус (*Thymallus vulgaris* Nils.) - рыба из семейства лососевых (*Salmonidae*). Род хариусы (*Thymallus*) занимает промежуточное место между сига́ми (*Coregonus*) и родом лосось (*Salmo*). Он отличается от сигов более развитыми зубами, от лососей более крупной чешуей и меньшим ртом. Хариусы - род рыб подсемейства хариусовых семейства лососевых отряда лососеобразных. Характерным признаком является большой спинной плавник, задняя часть которого у половозрелых самцов в сложенном состоянии достигает жирового, а иногда и основания хвостового плавников. Объект разведения.

**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 16-19<sup>0</sup>С. 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<sup>0</sup>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<sup>0</sup>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<sup>0</sup>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<sup>0</sup>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, молодь 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°C. 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°C. 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.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Охарактеризуйте значение подбора разных рыб для товарного выращивания.
2. Какие факторы учитываются при подборе рыб для товарного выращивания (разный спектр питания, температура, скорость полового созревания и др.)

Литература: [1-3, 5-9]

### **ТЕМА 3. ОСНОВЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ РЫБОВОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**

**Основные методы интенсификации рыбоводства.** Использование рыбой естественных пищевых ресурсов водоемов, которые ограничены, не позволяет получать на рыбоводных хозяйствах высокую конечную продукцию. Вместе с тем, от выхода конечной продукции с единицы площади или объема (пруда, бассейна, садка и т. д.) зависит рентабельность хозяйства.

Мероприятия, позволяющие значительно увеличить выход рыбы с единицы водной площади или объема и тем самым повысить рентабельность хозяйства, называются интенсификационными.

В состав таких мероприятий входят:

- мелиорация водоемов;
- смешанная посадка;
- добавочные рыбы;
- поликультура;

- выращивание живых кормов;
- удобрение прудов и озер;
- кормление рыбы.

Важнейшими являются кормление и удобрение. В зависимости от количества используемых на рыбоводном предприятии интенсификационных мероприятий различают уровни интенсификации: слабый, средний, значительный.

**Смешанная посадка, добавочные рыбы, поликультура. Принцип выбора рыб для добавочной посадки и поликультуры.**

Для наиболее полного использования кормовой базы водоема (прудов, озер, НВХ) в рыбоводной практике используют смешанную посадку, добавочных рыб и поликультуру.

Смешанная посадка – это такая посадка, когда в один и тот же водоем сажают рыб одного вида или породы, но разного возраста. Целесообразность такой посадки объясняется тем, что рыба разного возраста питается разной естественной пищей.

Добавочные рыбы – это посадка к основному виду (например, карпа) вида (видов) не конкурирующих с ним в пище.

Поликультура – это одновременное выращивание в одном водоеме одновременно с основным видом нескольких других видов, различающихся спектром питания и характеризующихся высокой продукцией (не меньше основного объекта выращивания)

Выбор рыбы для добавочной посадки или поликультуры зависит от её приспособленности к водоему, характера питания, товарных качеств, скорости роста, устойчивости к заболеваниям. Для совместного выращивания (добавочные рыбы) среди осетровых рыб можно рекомендовать молодь белуги с шипом; шипа с осетром; осетра с севрюгой или шипа с севрюгой. Такое выращивание основано на несколько различном спектре питания данных видов рыб в раннем возрасте.

Очень часто как добавочных рыб используют хищных (судак, щука, сом) для борьбы с сорной рыбой, которая в значительном количестве потребляет естественные корма; лягушками, различными водными жуками, клопами, личинками стрекоз, наносящими рыбоводству существенный вред.

В качестве поликультуры для совместного выращивания с карпом наиболее часто используют растительноядных – белого амура, белого и пестрого толстолобиков, в меньшей степени таких рыб планктофагов как ряпушку, рипуса и пелядь.

**Удобрение прудов и озер.** Классификация удобрений. Способы применения удобрений. Удобрения рыбоводных водоемов увеличивают количество биогенных элементов, что в конечном итоге приводит к росту пищевых запасов в водоеме и как следствие этого происходит увеличение выхода рыбной продукции. В водоеме действие удобрений осуществляется через длинную цепь превращений: удобрение – почва, вода – бактерии, водные растения – зоопланктон и зообентос – рыба.

Биогенные элементы (N, P, K, Ca) играют важную роль в жизни организмов: азот – входит в состав белков, является важнейшей составной частью ферментов, витаминов; фосфор – участвует в обмене веществ, без него невозможна мышечная и нервная деятельность, размножение; калий – регулирует углеводный и белковый обмен, способствует увеличению сопротивляемости организма воздействию низких температур; кальций – участвует в белковом и углеводном обмене, влияет на рост и нейтрализует токсичное действие органических кислот и тяжелых металлов.

В результате удобрения водоемов (прудов) улучшается гидрохимический и особенно кислородный их режим.

Одним из направлений интенсификации рыбоводства является удобрение прудов.

Удобрят 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 томашлак (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 солоmistый 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 20-25<sup>0</sup>С, а летом 30-35<sup>0</sup>С. 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 выращенных 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:

$$X=Q (P_{\text{общ}} - P_{\text{естеств}}),$$

Где: X – удобрительный коэффициент;

Q – расход удобрений, кг;

$P_{\text{общ}}$  – полученная рыбопродуктивность, кг/га;

$P_{\text{естеств}}$  – 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 12-25<sup>0</sup>С (на юге до 28<sup>0</sup>С). 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 трудноперевариваемой 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 трудноперевариваемой 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 через 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 Фолча 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 [26].

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Перечислите методы интенсификации рыбоводства.
2. Какова роль белков для жизнедеятельности организмов (включая рыб) и чем отличаются незаменимые белки от заменимых?
3. Охарактеризуйте роль жиров и жировых добавок для жизнедеятельности рыб.
4. Охарактеризуйте роль углеводов и витаминов для жизнедеятельности рыб.

Литература: [1-4, 7, 9-11, 26]

## **ТЕМА 4. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ РЫБ**

**Некоторые биологические особенности рыб в связи с их воспроизводством.** Изучая тему, следует помнить о единстве организма и среды его обитания. Познание адаптационных возможностей рыб, выработанных в процессе эволюции, необходимо для управления биологическим циклом воспроизводства. Необходимо знать все этапы процесса размножения рыб, начиная от развития половых клеток до овуляции.

Важное значение имеет теория экологических групп. Приспособления рыб к условиям размножения, то есть способ икротетания, время нереста, характер нерестового субстрата обеспечивают такие жизненно важные функции, как дыхание, интенсивность обмена, защиту от врагов. Знания условий среды, влияющих на гаметогенез и нерест рыб, необходимы для управления этим процессом при искусственном воспроизводстве.

Следует обратить серьезное внимание на теорию этапности развития как основу разработки биотехники разведения рыб и оценки эффективности естественного воспроизводства. Необходимо также знать внутривидовые биологические группы рыб, внутривидовую разнокачественность, повышающую эффективность размножения рыб в природных условиях.

В результате нужно четко представлять влияние факторов среды (абиотических и биотических) на выживание рыб в природных условиях на разных этапах онтогенеза, знать критические периоды развития рыб, величину выживания, определять промысловый возврати оценку эффективности рыбоводства.

### **2.1. 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.

**Экологические группы рыб.** 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.*

Наиболее уязвимым периодом в онтогенезе рыб является период эмбрионального развития и ранний период жизни молоди. Чаще всего в эти периоды происходит гибель до 80 % поколения ценных промысловых рыб.

Естественно, что каждый вид имеет специфические приспособления для продолжения своего существования. В противном случае он перестал бы существовать.

Одним из важнейших приспособлений вида, обеспечивающих продолжение его существования, можно считать разнообразие экологических приспособлений к нересту. Это явление было довольно подробно изучено С.Г. Крыжановским в 1949 г. (цит. по [15]) и получило название теории экологических групп.

С.Г. Крыжановский подчеркивал, что "приспособления рыб к условиям размножения и развития отражают в себе не только существенные экологические моменты эмбрионального периода, но так же существенные моменты всех остальных периодов жизни". Они накладывают печать на биологию взрослых рыб, определяют характер миграций и пределы распространения рыб.

В эмбриональный период жизни рыб ведущее значение имеют такие факторы среды, как враги и кислородный режим. Из остальных моментов С.Г. Крыжановский выделяет значение сезона кладки икры, то есть прежде всего температурный фактор, поскольку температура в значительной мере определяет характер течения обменных процессов.

Все остальные моменты приводят к ним и совместно создают крайнее многообразие приспособлений развития. Но способы размножения, места и сезон кладки икры определяют условия дыхания, течение обменных процессов и особенности защиты икры от врагов и тем самым в значительной степени определяют природу приспособлений развития.

Пониманию разнообразных экологических приспособлений для нереста помогает распределение рыб по экологическим группам. В предложенных Крыжановским названиях этих групп содержатся указания на места кладки икры, потому что места кладки определяют природу приспособлений развития и специфику экологических групп.

**Литофильная группа.** Рыбы этой группы приспособлены развиваться на песчано-каменистом дне. Достаточно благоприятные условия аэрации и защиты от врагов они находят только на дне рек в местах с быстрым течением, чаще всего на песчано-каменистых перекатах, или на дне озер, преимущественно олиготрофного типа.

Для них безразлично течение само по себе: одни и те же виды могут размножаться как в быстротекущих реках, так и в спокойной воде озер, если находят на дне тех и других все нужные им условия.

Но в речных заросших заводях с замедленным течением, на дне которых отлагается ил, и в заросших прудах и озерах они не приспособлены развиваться, поэтому в таких водоемах совсем нет литофильных рыб.

В нашей пресноводной ихтиофауне литофильная группа карповых рыб наиболее богата видами. Она содержит около 88 видов (с подвидами), то есть почти вдвое больше, чем остальные группы вместе взятые, и, почти, в четыре раза больше, чем следующая за ней по объему литофильная группа.

Группа образована видами из подсемейства ельцоподобных *Zeusciscinae* и видами из подсемейства усачей - *Varbinae*. Литофильные *Varbinae* и *Zeusciscinae* обитают только в одних и тех же водоемах.

Преимущественно они приспособлены к разным условиям существования и развития; поэтому, обладая общими приспособлениями, в то же время они настолько существенно различны, что их следует рассматривать порознь в качестве самостоятельных экологических подгрупп.

Литофильные усачевые – *Varbinae* размножаются при температуре 12- 17 °С, то есть при более низких температурах, чем рыбы всех других экологических групп, за исключением литофильных ельцовых - *Zeusciscinae*.

Одни из них (осман, маринка) начинают нереститься ранней весной при температуре 12 °С и заканчивают нерест летом или осенью при температуре 17 °С, другие (усач, храмуля) нерестятся в течение первой половины лета, предпочитая температуру 16-17 °С.

Другой отличительной особенностью литофильных усачевых является то, что они размножаются от 1,5 до 6 месяцев, то есть очень длительный срок: среди них есть виды, размножающиеся весной, летом и осенью, но совсем нет видов с коротким дружным нерестом, характерным для литофильных рыб подсемейства ельцоподобных.

Это объясняется тем, что в горных водоемах, в частности, в верховьях рек, нет хищных рыб, соответственно к нересту которых им нужно было бы подогнать и сократить сроки своего размножения. Дружный нерест в таких условиях привел бы только к перегруженности нерестилищ икрой и нецелесообразно повысил бы ее гибель от врагов.

Наоборот, при указанной совокупности условий очень растянутый нерест в горных водоемах выгоден в том отношении, что он уменьшает скопление на нерестилищах производителей и одновременно выметываемой икры, чем значительно снижает ее гибель.

Яйца усачевых (*Varbinae*), в отличие от яиц литофильных *Zeusciscinae*, обладают слабой клейкой или неклейкой оболочкой, поэтому они даже приклеившись к камням, все же скоро отрываются от них и забиваются под камни, где находят надежную защиту от врагов.

У многих усачевых (*Varbinae*), по наблюдениям Н.Н. Дислера, оболочка яиц к моменту икрометания становится очень ядовитой, что первое время защищает яйца от врагов. Часа через полтора яд отмывается от оболочки, и надежно защищенными оказываются только те яйца, которые за это время успевают закатиться под камни.

В связи с тем, что врагов почти нет, смертность развивающихся *Varbinae* меньше, чем у рыб других экологических групп, поэтому они наименее плодовиты. Большинство их мечут от 2 000 до 50 000 икринок. Соответственно яйца литофильных усачевых (*Varbinae*) крупнее яиц всех прочих карповых рыб: их диаметр 1,95-2,34 мм, у прочих рыб 0,55-1,56 мм.

Литофильные *Varbinae* развиваются внутри оболочки одинаково долго в течение 5-6 суток при температуре 16-17 °С. Все они вылупляются из оболочек почти одинаково развитые, обладая вполне сегментированным телом, окаймленным еще небольшой

непарной плавниковой складкой, очень коротким хвостом и незначительными зачатками грудных плавников.

Кровеносная система уже функционирует и есть эмбриональные органы дыхания в виде широких, но не длинных кьюьеровых протоков и короткой, соответственно хвосту, нижней хвостовой вены. Ни в глазах, ни в других частях тела нет пигмента.

Вылупившиеся эмбрионы на свет не реагируют, то есть относятся к нему совершенно безразлично. Незначительная длина хвоста не соответствует чрезвычайно длинному утяжеленному желтком туловищу, недоразвитая плавниковая складка и отсутствие грудных плавников не дают возможности вылупившимся эмбрионам плавать.

Они лежат на дне и лишь по временам делают резкие червеобразные движения, благодаря которым подпрыгивают вверх, а затем вновь падают на дно. Подпрыгивания благоприятствуют дыханию, осуществляемому кьюьеровыми протоками и нижней хвостовой веной, и не дают возможности эмбрионам залеживаться в местах с замедленным течением, где в горных, очень мутных реках оседают обильные отложения ила, который в короткие сроки мог бы погубить эмбрионов.

После развития жаберного дыхания и приобретения способности переплывать с места на место, эмбрионы перестают подпрыгивать. Эмбрионы не поднимаются вверх, а тыкаются головой в дно, чему содействует утяжеленное желтком туловище.

Это приводит к тому, что эмбрионы, еще не реагируя на свет, все же, в конце концов забиваются под камни, где находят надежную защиту от врагов.

При переходе к личиночному, пелагическому образу жизни светобоязнь утрачивается. Пигмент в глазах появляется после вылупления, т.е. сравнительно поздно, но эмбрионы становятся светобоязливими не одновременно с его появлением, а значительно позже.

Пигмент на теле появляется еще позже, чем в глазах, и его долгое время сравнительно немного, что соответствует скрытному образу жизни эмбрионов в темноте под камнями.

Описанная первоначальная эмбриональная дыхательная система позже сменяется дыхательной сетью подкишечных вен, оплетающих значительную часть поверхности желточного мешка, что объясняется прогрессирующим укорочением кьюьеровых протоков, обусловленным уменьшением желточного мешка.

Все указанные органы дыхания еще к концу эмбрионального периода жизни вполне заменяются жабрами. Незначительная степень развития дополнительной сосудистой дыхательной сети в спинной плавниковой складке одних форм и полная потеря ее другими формами указывают на то, что литофильные усачевые (*Barbinae*) развиваются в хороших, но не вполне однородных условиях дыхания.

**Литофильные ельцоподобные (*Zeusciscinae*).** Среди литофильных ельцовых известны 8 родов и около 60 подвидов. Именно литофильные *Zeusciscinae* господствуют в европейской пресноводной ихтиофауне: их почти в два с половиной раза больше, чем фитофильных рыб.

В отличие от усачевых, последние не держатся в очень быстротекущих горных реках и не поднимаются в высокогорные озера.

Нерест литофильных *Zeueiscinae*, живущих в равнинных реках, приурочен к весеннему паводку: это лучше предохраняет икру, выметываемую на камни, от поедания мелкими рыбами (пескарями), потому что в равнинных реках только во время весеннего паводка очень мутная вода.

Кроме того, нерест в такое время, совпадая с нерестом щуки, избавляет выведшихся личинок литофильных *Zeusciscinae* от опасности быть съеденными одновременно выведшимися личинками щуки, поэтому что последние, будучи почти одних размеров с первыми, не способны их есть.

Приуроченность нереста к весеннему паводку определяет то, что он начинается при более низкой температуре, чем нерест рыб всех других экологических групп, а именно: при температуре 3 °С и заканчивается у большинства видов тоже при невысокой температуре - около 10-15 °С.

Другим следствием приуроченности нереста к весеннему паводку является то, что он протекает очень дружно и кратковременно, у большинства видов - несколько дней.

Недружно и поздно нерестящиеся особи утратили бы все те преимущества перед врагами, которыми обладают рано и дружно отнерестившиеся рыбы: их икра поедались бы в посветлевшей воде в большом количестве пескарями, а личинки поедались бы раньше вылупившейся и успевшей подрасти молодью щуки.

Литофильные ельцовые более плодовиты, чем усачевые, но менее плодовиты, чем рыбы других экологических групп. Они мечут от 100 до 195 тыс. икринок и достигают половой зрелости, вероятно, не позже 4-х лет. Икрометание однократное, но не исключена возможность, что единичные виды мечут икру порционно (рыбец). Величина икринок 1,17-1,56 мм, то есть меньше, чем у усачевых (*Barbinae*), но больше, чем у литофильных рыб.

Относительно хорошая защищенность яиц литофильных ельцовых (*Zeuciscinae*) сделала излишней очень большую плодовитость и дала возможность, снизив ее по сравнению с плодовитостью позже размножающихся литофильных рыб, увеличить размеры яиц почти до размеров яиц хищника (щуки).

Это необходимо не только для того, чтобы личинки от рождения не оказались значительно меньше щучьих, но и для того, чтобы они могли хорошо питаться и не отставать в росте: во время их развития, ранней весной еще мало мелких планктонных организмов – коловраток, но есть более крупные (веслоногие рачки), которыми они не смогли бы питаться, если бы сами не обладали большими размерами.

Оболочка икринок литофильных ельцовых (*Zeuciscinae*) неядовитая, покрыта у разных видов неодинаково густо клейкими ворсинками разной формы и длины.

Выметанные яйца тотчас прочно приклеиваются к камням и удерживаются на них все время до момента вылупления эмбрионов из оболочки.

Это спасает их как от врагов, так и от сноса с каменистых перекатов в такие заиленные места, где они не приспособлены развиваться.

Вылупление из оболочки происходит у разных видов на очень разных стадиях развития.

Виды, развивающиеся в прозрачной воде при высокой температуре 18-24 °С (рыбец, шемая, бекасик) вылупляются из оболочки очень рано - раньше, чем литофильные усачевые и большинство других рыб. В момент вылупления (в возрасте около 2-х суток) у них едва заканчивается сегментация хвоста; сердце хотя пульсирует, но кровообращения еще нет, непарная плавниковая кайма совсем зачаточная, пигмента нет.

Столь раннее вылупление ускоряет рассеивание эмбрионов и позволяет им лучше спрятаться, чем повышается их выживаемость. Другие виды, развивающиеся в холодной воде, вылупляются позже, в более развитом состоянии, но еще без пигмента, а некоторые виды рода ельцов вылупляются очень поздно, в возрасте около 20 суток, с хорошо развитыми плавниковыми складками, дыхательной сетью в них, пигментом в глазах и покровах тела.

Позднее вылупление при хорошей защищенности икры от врагов дает хорошо развитым эмбрионам то преимущество, что они долгое время удерживаются на перекатах в условиях хорошей аэрации, избегая опасности быть снесенными в заиленные места, в которых они не приспособлены жить.

Вылупившиеся эмбрионы, в отличие от эмбрионов усачевых, не подпрыгивают, а сразу забиваются под камни. Этому способствует форма тела, которая при попытках плыть не дает возможности им подниматься вверх, а заставляет тыкаться в дно.



Забившись под камни, эмбрионы спокойно лежат. Вместе с появлением пигмента в глазах эмбрионы становятся чрезвычайно светобоязливими, что тоже отличает их от *Varbinae*. Светобоязнь побуждает их деятельно искать защиту под камнями и удерживает под ними, т.е. тоже повышает их выживаемость. К началу личиночного периода жизни светобоязнь утрачивается и личинки, в отличие от эмбрионов, начинают вести пелагический образ жизни.

Эмбриональные органы дыхания у литофильных ельцовых (*Zeusciscinae*), так же как у *Varbinae*, развиты умеренно, что соответствует благоприятным условиям аэрации водоемов, в которых они живут. Но морфологически эти органы построены несколько иначе.

У литофильных ельцовых не бывает на желточном мешке дыхательной сети подкишечных вен, зато всегда есть дыхательная сеть сегментальных сосудов в спинной плавниковой складке (Таблица 1).

Таблица 1 - Сравнение литофильных усачевых (*Varbinae*) и ельцоподобных (*Zeusciscinae*)

Литофильные усачевые	Литофильные ельцоподобные
1. Обитатели преимущественно горных рек и озер Кавказа и Средней Азии.	1. Обитатели преимущественно равнинных рек и озер Европы, Сибири и Дальнего Востока.
2. Нерест не связан с весенним паводком, очень растянутый (до 6 месяцев), приурочен к температурам 12-17 °С	2. Нерест большинства приурочен к весеннему паводку, очень кратковременный, приурочен преимущественно к низким температурам 3-10 °С
3. Наименее плодовиты. Большинство мечут меньше 60 000 икринок. Половой зрелости достигают поздно (в возрасте 7-8 лет)	3. Более плодовиты, многие мечут больше 100 000 икринок. Половой зрелости достигают рано (в возрасте 3-4 лет)
4. Яйца самые крупные (1,95 - 2,34 мм)	4. Яйца мельче (1,17 - 1,56 мм)
5. Яйца слабо приклеиваются к камням или совсем не приклеиваются	5. Яйца прочно приклеиваются к камням. У них имеются густые клейкие ворсинки разной формы
6. Вылупившиеся эмбрионы долгое время подпрыгивают, не сразу забиваются под камни	6. Вылупившиеся эмбрионы не подпрыгивают, сразу забиваются под камни
7. После появления пигмента в глазах эмбрионы не скоро и в слабой степени становятся светобоязливими	7. Эмбрионы становятся очень светобоязливими вскоре после появления пигмента в глазах

**Фитофильная группа - *Cyprinidae*.** К фитофильной группе принадлежат среди карповых рыб 10 родов и 25 видов. В европейской ихтиофауне эта группа занимает почти равное положение с литофильной группой, но по общему количеству видов она беднее последней почти в четыре раза.

Фитофильных карповых рыб больше всего в Волге (11 видов) и в реках Европы. В реках Средней Азии и в Сибири их вдвое меньше, очень мало в Амуре (3 вида) и совсем нет на Камчатке.

Рыбы фитофильной группы приспособлены развиваться на растениях, живых или мертвых, более или менее далеко от дна. Поэтому они в отличие от литофильных рыб более или менее безразличны к условиям аэрации на самом дне и могут развиваться даже в таких водоемах, на дне которых много гниющих органических остатков, нет притока свежей воды и совсем нет кислорода.

Но они не приспособлены ни развиваться на чистом песчано-каменистом дне, лишенном растительности, ни на быстром течении рек. Поэтому они, в отличие от литофильных рыб, обитают почти исключительно в равнинных водоемах, некоторые из них живут во всех заросших эвтрофных и даже заморных озерах и прудах, но их нет ни в олиготрофных горных озерах, ни в быстротекущих горных реках, не имеющих тихих заросших заводей, так как в этих водоемах им негде размножаться.

Фитофильные группы мечут икру позднее литофильных рыб и хищников – поздней весной и летом, в более теплой воде, преимущественно при температуре около 11 -15 °С. Так как они размножаются позже хищников и их личинки становятся пищей личинок последних, то их смертность больше, чем литофильных рыб; поэтому они гораздо более плодовиты.

Большинство мечут больше 200 000 икринок, а сазан – даже 1,5 млн. икринок. Они все рано достигают половой зрелости – не старше 3 - 4 лет и, кроме того, многие из них мечут икру порционно, что тоже повышает плодовитость.

Так как фитофильные рыбы размножаются не в разгар половодья, а позже, и обычно не в мутной воде, то для них кратковременный дружный нерест утрачивает все те преимущества, которыми пользуются нерестящиеся ранней весной литофильные ельцовые.

Наоборот, для них оказывается выгодным растянутый нерест, потому что он допускает порционное икрометание, то есть повышение плодовитости и уменьшает одновременную загрузку нерестилищ икрой, то есть снижает ее гибель. Поэтому большинство фитофильных видов нерестятся долго от 1 до 3 месяцев.

В связи с повышенной плодовитостью яйца фитофильных карповых рыб меньше яиц литофильных: диаметр первых 0,84 – 1,3 мм, диаметр последних 1,17 – 1,56 мм. Поэтому их личинки тоже меньше, чем личинки литофильных рыб.

Уменьшенным размером личинок фитофильных рыб соответствует состояние планктона, в котором ко времени их вступления в жизнь уже появляются в изобилии нужны для питания мелкие планктонные организмы – коловратки.

Яйца всех фитофильных карповых рыб обладают очень клейкой оболочкой, которой они прочно приклеиваются к растениям более или менее далеко от дна, часто – у самой поверхности воды – на плавающих листьях.

Благодаря этому они оказываются в достаточно хороших условиях аэрации и не подвергаются опасности, погибнут от недостатка кислорода, часто наблюдаемого среди зарослей на дне тех водоемов, где размножаются фитофильные рыбы.

Внутри оболочки развитие протекает у разных видов неодинаково долго. Но никто из них не вылупляется так рано, как некоторые литофильные рыбы. Последним очень раннее вылупление выгодно, так как дает возможность эмбрионам рассеяться под камнями и лучше скрыться от врагов. Для фитофильных рыб очень раннее вылупление недопустимо, потому что мало развитые и неспособные всплывать их эмбрионы гибнут бы на дне, среди разлагающихся растительных остатков, где нет кислорода. Поэтому фитофильные рыбы вылупляются не раньше, чем достигнут такого состояния, при котором они способны хотя бы кратковременно всплывать. У менее развитых из них задний конец тела слегка (временно) бывает изогнутым вверх, так что, пытаясь плыть, они обязательно поднимаются вверх.

Кроме того, у них всех, в отличие от эмбрионов остальных рыб, есть железистые органы приклеивания, расположенные на переднем конце головы. Пытаясь

всплывать, они случайно натываются на стебли трав, подвешиваются к ним, приклеившись головой, и продолжают развиваться в подвешенном состоянии. Случайно оторвавшись и упав на дно, они вновь всплывают и подвешиваются.

Когда желтка остается мало, эмбрионы перестают подвешиваться, начинают постоянно плавать, наполняют воздухом плавательный пузырь и переходят к пелагическому личиночному образу жизни.

Среди фитофильных рыб только у верховки нет органов приклеивания, но она, в отличие от прочих, развивается так долго внутри оболочки, что вылупляется в наиболее развитом состоянии с ничтожным количеством желтка, сразу способна вести пелагический образ жизни и потому не нуждается в органах приклеивания.

В связи с тем, что эмбрионы фитофильных рыб избегают дна и развиваются обычно вдали от него, близко к поверхности, в подвешенном состоянии, они в отличие от эмбрионов литофильных рыб, прячущихся под камнями, стремятся к свету и избегают только яркого солнечного освещения, предпочитая рассеянный свет. Среди фитофильных карповых рыб только эмбрионы уклей сильно боятся света.

Эмбриональные органы дыхания у фитофильных рыб развиты в разной степени в зависимости от условий жизни. У тех из них, которые живут и развиваются в наиболее плохих условиях аэрации (например, карася), в очень густых зарослях или в заморных озерах, органы дыхания развиваются очень мощно. Они развиваются очень густой сосудистой сетью в спинной плавниковой складке, которая удерживается и функционирует некоторое время в личиночном периоде жизни одновременно с жабрами.

У других фитофильных рыб, откладывающих икру не в столь неблагоприятной среде (плотва, лещ), эмбриональные органы дыхания развиты несколько слабее и к началу личиночного периода жизни их уже нет.

Наконец, совсем незначительные органы дыхания у рыб, развивающихся в очень хороших условиях аэрации – у уклей, откладывающей икру на довольно быстром течении и у верховки, откладывающей икру у самой поверхности воды: у этих рыб почти не бывает сосудов в спинной плавниковой складке.

У фитофильных рыб раньше, чем у литофильных, развивается пигмент в глазах и на теле. К моменту вылупления большинство их уже в разной степени покрыто черным пигментом (литофильные рыбы на соответствующей стадии развития еще совсем без пигмента).

**Псаммофильная группа.** Рыбы псаммофильной группы приспособлены развиваться после вылупления из оболочки на открытом песчаном дне. Среди карповых рыб к этой группе относятся только *Gobioninae* (подсемейство пескари), представленные тремя родами – *Gobio*, *Gnathopogon*, *Hemibarbus*, содержащими вместе 7 видов.

Псаммофильные карповые рыбы откладывают икру по краям травянистых зарослей на подмытые течением пучки очень тонких корней там, где они свисают над песчаным дном. Икра забивается между корнями, приклеивается к ним и развивается некоторое время под их защитой.

Икрометание происходит весной и летом при температуре 12-20 °С. На Дону (у Воронежа) пескарь нерестится со II половины апреля до начала мая при температуре 12-15 °С, на Амуре конь (*Hemibarbus muculatus*) нерестится в первой половине июня при температуре 18 °С вместе с карасем.

Икринки у большинства видов мелкие 0,8 -0,9 мм в диаметре; у коня 0,97- 1,15 мм, что указывает на большую относительную плодовитость этих рыб. По размерам икринок и по величине плодовитости они приближаются к фитофильным карповым рыбам.

Оболочки икринок у всех видов густо покрыты длинными клейкими ворсинками, крепко приклеивающими их к корням. После вылупления из оболочек, которое происходит на разных стадиях развития, но не очень рано, эмбрионы выбираются из

пучков корней и падают на дно. Упав на песчаное дно, эмбрионы не всплывают и в дальнейшем они развиваются лежа на дне.

Развитие в таких условиях определило все остальные наиболее существенные особенности строения и поведения рыб этой группы. В отличие от эмбрионов фитофильных рыб у них нет на голове железистых органов приклеивания и потому они не способны приклеиваться к растениям и висеть над дном.

В отличие от эмбрионов литофильных рыб они не боятся света, а наоборот, стремятся к нему и потому не забиваются под камни, а всегда выбираются на чистые открытые места, где лучше условия аэрации. Хорошие условия аэрации определили незначительную степень развития эмбриональных органов дыхания: они представлены только кьюберовыми протоками и нижней хвостовой веной.

Жабры развиваются очень поздно – в личиночном периоде жизни. В отличие от литофильных и фитофильных рыб у них нет ни дыхательной сети сегментальных сосудов в спинной плавниковой складке, ни дыхательной системы подкишечных вен на поверхности желточного мешка.

Наиболее характерная особенность псаммофильных рыб проявляется в развитии и применении грудных плавников. Последние закладываются рано – к моменту окончания сегментации тела зачатки их уже достаточно велики, затем они ускоренно растут в длину и превращаются в узкие необыкновенно длинные лопасти.

Если у эмбрионов прочих рыб плавники, прижатые к телу, захватывают 4-5 миотомов, то у псаммофильных 7-8 миотомов. В них нет сосудистой сети и они служат не для дыхания, а для опоры на дне: эмбрионы держат их растопырив в стороны и опираются краями о дно, благодаря чему они не опрокидываются на бок, но лежат на брюхе. Аналогично используют грудные плавники и личинки. Они тоже опираются на плавники.

Личинки спокойно лежат на дне и лишь по временам перепархивают с места на место в поисках пищи. В связи с образом жизни на дне, у них плавательный пузырь мал сравнительно с пузырем пелагических личинок рыб других экологических групп и очень мала преданальная плавниковая складка.

Грудные плавники уменьшаются и приобретают обычные размеры лишь по окончании личиночного периода жизни. У эмбрионов и личинок рыб других экологических групп грудные плавники не удлинены, личинки используют их при плавании, не держат растопырено и не опираются на них, личинки никогда не лежат на дне на брюхе, но постоянно держатся во взвешенном состоянии, в связи с чем, их плавательный пузырь и преданальная плавниковая складка большие.

**Пелагофильные рыбы.** К группе пелагофильных относятся рыбы, мечущие икру, развивающуюся в плавучем состоянии. Пелагофильные рыбы водятся только в реках и озерах Черноморского, Каспийского и Балтийского бассейнов и в Амуре.

Европейских пресноводных пелагофильных рыб вместе с проходными сельдями 9 видов – из них 8 видов карповых (чехонь). Все европейские пресноводные пелагофильные рыбы более или менее связаны с морем своим происхождением или образом жизни.

Амур, в отличие от европейских рек, чрезвычайно богат пелагофильными рыбами. В настоящее время общее известное количество видов их достигает 11. Кроме того, в Амуре размножаются и полупелагофильные корюшки. Из одиннадцати десяти пелагофильных видов принадлежат к семейству карповых рыб и только один вид – китайский окунь. Остальные относятся к семейству карповых (*Culter*, *Eritroculter*, *Rarabramis*).

Развитие пелагической икры в плавучем состоянии и связанных с этим приспособлений в условиях Амура устраняет те затруднения, которые губительно

отражаются на литофильных и фитофильных рыбах, потому что пелагическая икра почти не истребляется врагами.

Нерест пелагофильных рыб непосредственно не связан у уровнем паводка, но он связан с определенными температурными условиями. Корюшка – рыбы северного происхождения и обитательницы северных водоемов – мечут икру при наиболее низких температурах (от 3 до 12 °С).

Европейские типичные пелагофильные рыбы размножаются при более высокой температуре, чем корюшки. Чехонь и сельди начинают метать икру в середине мая при температуре 18 °С.

Нерест чехони длится 1,5 месяцев, нерест некоторых сельдей (волжских) затягивается до начала июля, когда температура воды поднимается выше 20 °С (от 18 °С до 20 °С).

Амурские пелагофильные рыбы размножаются при еще более высоких температурах. Нерест их начинается в I половине июня и длится до конца июля, температура воды за это время поднимается от 18,2 до 24 °С. Большинство рыб мечут икру при температурах 22-24 °С. Приуроченность их нереста к высоким температурам очень значительно сокращает сроки развития и расстояния, пассивно проплываемое икрой и эмбрионами вниз по реке.

Для амурских пелагофильных рыб, не выходящих в море, всегда живущих в определенных местах реки и образующих местные популяции, подобное сокращение сроков развития и расстояний, сноса икры, обусловленное приуроченностью размножения к высокой температуре, имеет то значение, что оно предохраняет эмбрионов от выноса их в море и устраняет необходимость очень дальних миграций молоди вверх по реке.

Места икрометания пелагофильных рыб различны. Европейские пелагофильные рыбы, кормящиеся в море, поднимаются в реки неодинаково высоко: одни размножаются в устье или немного выше устья рек (чехонь, донская сельдь), некоторые волжские сельди поднимаются вверх на многие сотни километров.

Величина яиц пелагофильных рыб, а стало быть и их плодовитость очень разнообразны. Одни из них (восьмиусый пескарь) мечут яйца 0,55 мм в диаметре, т.е. самые малые, какие только известны среди наших пресноводных рыб вообще.

Другие мечут втрое - четверо большие яйца, то есть около 1,9 мм в диаметре, у большинства же прочих величина яиц колеблется в пределах 0,9-1,2 мм. Это разнообразие размеров яиц отражает разнообразие плодовитости пелагофильных рыб. Это чрезвычайное разнообразие величины яиц пелагофильных рыб указывает на то, что их выметанные плавающие яйца мало истребляются врагами.

Плаванье яиц, то есть уменьшение их удельного веса по сравнению с весом донных яиц, достигается изменением их строения. У большинства пелагофильных карповых рыб под оболочку отложенных яиц проникает много воды, что облегчает их удельный вес, при этом оболочка сильно растягивается и образуется очень большое перивителлиновое пространство.

Если у донных яиц перивителлинового пространства часто совсем нет или его относительные размеры невелики, то у пелагических яиц его относительные размеры увеличены до 2-4. Под относительными размерами перивителлинового пространства подразумевается отношение диаметра яйцевой оболочки к диаметру желточного мешка. У немногих рыб плаванье яиц создает их чрезвычайно утолщенная, нежная, оводненная слизистая оболочка, в связи с этим перивителлиновая полость у них относительно невелика.

Кроме указанных изменений яйцевой оболочки у пелагических яиц многих рыб (востробрюшка) изменена консистенция желтка: он очень прозрачен, то есть содержит больше воды, а потому легче, чем желток донных яиц.

Особенно обводнен желток у пелагофильных сельдей – он содержит больше 90 % воды, в связи с чем у них перивителлиновая полость не так велика, как у пелагофильных карповых рыб. У китайского окуня в желточном мешке заключена очень большая жировая капля, уменьшающая удельный вес яиц, а перивителлиновая полость очень незначительна.

Облегченные тем или иным способом яйца в совершенно спокойной пресной воде все же тонут, но даже ничтожное течение или слабое ветровое волнение подхватывает их, и они плывут. Яйца пелагофильных рыб находятся в наилучших и постоянных условиях аэрации.

Постоянство этих условий выражается в том, что яйца, несомые в потоке воды, не подвергаются влиянию суточных и иных колебаний газового режима. Именно хорошие условия аэрации икры вызывают дегенерацию эмбриональных органов дыхания, у пелагофильных рыб и выражена она очень резко.

Пелагофильные рыбы вылупляются из оболочек на разных стадиях развития. Одни из них вылупляются, как только заканчивается процесс сегментации тела, то есть очень рано: в возрасте одних суток, другие – в возрасте 2 -2,5 суток, когда у эмбрионов есть большие зачатки грудных плавников.

После вылупления из оболочки эмбрионы пелагофильных рыб ведут себя чрезвычайно суетливо, постоянно всплывают вверх. При этом они светолюбивы. Они несутся в потоке воды до тех пор, пока не достигнут стадии развития, дающей возможность изменить поведение.

**Остракофильная группа.** К остракофильной группе относятся исключительно горчаки, которые откладывают икру в мантийную полость двустворчатых моллюсков. Икрометание горчаков происходит в летнее время – на Амуре с половины мая до половины июля при температуре 12-24 °С, то есть два месяца.

Остракофильные рыбы малоплодовиты (около 300 шт.). Икринки разных размеров от 1,1 до 2 мм. В яйцах горчаков желтка по отношению к плазменному материалу в 3-4 раза больше, чем в яйцах прочих карповых рыб. В связи с этим эмбриональный период значительно удлинен. Они начинают самостоятельную жизнь в гораздо более развитом состоянии, чем прочие рыбы (личиночная жизнь начинают в возрасте 23 суток), имеют сильный рот и развитый жаберный аппарат.

Кроме этих особенностей развития горчаки очень своеобразно приспособлены к условиям жизни внутри моллюсков. Их яйца не круглые, как у прочих рыб, а удлиненные, овальные, почти совсем без перивителлинового пространства, приспособлены к недостатку кислорода. У горчаков развивается необыкновенно мощная эмбриональная дыхательная система.

Огромный фактический материал, собранный и исследованный С.Г. Крыжановским и его учениками, позволил ему установить экологическую специфику отрядов, семейств и более мелких систематических групп рыб.

Среди семейств нашей пресноводной фауны по богатству экологических отношений на первом месте стоят карповые рыбы (шесть экологических групп), за ними следует сомовые и вьюновые (по две экологических группы). С.Г. Крыжановский указывал на существенные различия между пресноводными и морскими фаунистическими группами.

Типично пресноводные группы ихтиофауны не имеют аналогов в морских группах и отражают специфику в водоемах различного типа.

В пресных водоемах могут процветать виды литофильные, псаммофильные, прячущие икру в грунт, фитофильные. Этому способствует хороший гидрологический режим на дне водоемов: гравийный или песчаный грунт, хорошая аэрация током воды,

ничтожно малое количество врагов на дне (бычков, морских звезд, крабов и раков); весенние паводки, создающие благоприятную обстановку для икры и молоди рыб.

Для рыб, прячущих икру в прибрежной зоне водоемов, благоприятными условиями могут считаться отсутствие сильных волнений, т.е. неподвижность прибрежного грунта, и наличие родников, необходимых для поддержания постоянного гидрологического режима.

В морях на дне обитает большое количество хищников: крабов, рыб, звезд, которые могут уничтожать кладки, личинок и мальков. В прибрежной полосе грунта наиболее благоприятные условия для эмбриогенеза, но прибрежные группы (песок, гравий) очень подвижны, поэтому немногие виды, главным образом, с коротким циклом эмбриогенеза (корюшка, мойва) рискуют откладывать в нем икру, да и то в заливах и бухтах, укрытых от сильной волны.

Адаптивная эволюция морских видов пошла по пути образования пелагофильных групп, а если донных, то, как правило, с охраной кладки.

Ихтиофауна пресноводных водоемов отличается в экологическом отношении большим разнообразием пресноводных водоемов: стоячие (озера, водохранилища), в которых могут успешно развиваться фитофильные, пелагофильные рыбы. Водоемы проточные, но с медленным протоком. В таких водоемах могут развиваться фитофильные, псаммофильные виды.

Водоемы с быстрым течением - горные реки. В таких потоках могут успешно размножаться только литофильные рыбы. Различия в ихтиофауне рек зависят в сущности от всей экологической обстановки, поэтому изменения в составе экологических групп носят закономерный характер. Так, при сравнении рек северных бассейнов Европы и Азии обнаруживается повышение количества литофильных рыб в направлении с запада на восток.

Виды семейства сиговых постепенно замещают как литофильных карповых, так и фитофильных рыб вообще. В наибольшей степени при этом убывают фитофильные, т.е. теплолюбивые, размножающиеся поздней весной или летом виды.

Эти изменения соответствуют общим изменениям экологических условий рек. Экологические группы закономерно распределяются по зонам течения рек в определенном порядке, отражающим природу приспособлений рыб.

Высокогорная зона рек характеризуется экологическим однообразием и бедностью видового состава населяющих ее рыб. Ей свойственны:

- литофильные рыбы – лососевые, прячущие икру в грунт, и
- псаммофильные - гольды, откладывающие икру на песок.

Ниже по течению появляются литофильные *Zeusciscinae* и псаммофильные пескари.

Равнинные зоны рек наиболее богаты экологическими группами: фитофильные, литофильные, пелагофильные виды.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Дайте характеристику литофильной группе.
2. Охарактеризуйте литофильных ельцоподобных (*zeusciscinae*).
3. Охарактеризуйте фитофильную группу *cyprinidae*.
4. Охарактеризуйте псаммофильную группу.
5. Охарактеризуйте пресноводных пелагофильных рыб.
6. Охарактеризуйте остракофильную группу.

## 4.2. 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:

*Весенне-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 икротетания 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 куринаго 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.

## 4.3. 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 совершаются 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 ( $t^{\circ}$ , 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.**

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 – гастрюляция,* 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 гастрюляции 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 главные процессы жизнедеятельности организма, оказавшегося вне яичевой 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).

#### **4.4. 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 гастрюляции. Гастрюляция 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 гастрюляции 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.

#### **4.5. 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 – текущие 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 икротечение 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 тяжёлых 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 каналы 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*.

**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 находящейся 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 одновременном 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.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Охарактеризуйте эмбриональный, личиночный и мальковый периоды развития осетровых рыб.
2. Охарактеризуйте эмбриональный, личиночный и мальковый периоды развития лососевых рыб.
3. Дайте определение этапности.
4. Что такое критические этапы развития рыб?
5. Как определяется абсолютная и рабочая плодовитость рыб?

Литература: [2,4,5-7,10-18]

## **ТЕМА 5. 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.

### **5.1. 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 5-7<sup>0</sup>С.

*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 30<sup>0</sup>С и даже выше. Нерест у таких видов рыб весенне-летний, при температуре воды от 8 до 20<sup>0</sup>С или при 17-25<sup>0</sup>С. Например: белуга откладывает икру при температуре воды 8-15<sup>0</sup>С, стерлядь нерестится при температуре 8-10<sup>0</sup>С. Холоднолюбивые рыбы нерестятся осенью при температуре 10-14<sup>0</sup>С. Развитие икры происходит при температуре воды 0-14<sup>0</sup>С.

Нижней летальной температурой для лососевых рыб является 0<sup>0</sup>С, верхняя граница зависит от видовой принадлежности. Верхняя граница для горбуши равна 24<sup>0</sup>С, для гольца – 25,3<sup>0</sup>С, для кумжи – 26,5<sup>0</sup>С, для атлантического лосося – 32-34<sup>0</sup>С.

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

Например: для сазана оптимальной температурой воды является 20-25<sup>0</sup>С. При температуре ниже 12-15<sup>0</sup>С сазан не размножается и неохотно потребляет корм. При 10<sup>0</sup>С интенсивность питания снижается еще больше, а при 2-4<sup>0</sup>С сазан прекращает питаться и расти, замедляется его дыхание. Повышение температуры воды до 27-30<sup>0</sup>С 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 15<sup>0</sup>С. Летом, когда температура воды повышается до 18-24<sup>0</sup>С, идут озимые формы, а осенью, когда температура падает до 4-6<sup>0</sup>С, 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 9-12<sup>0</sup>С. 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.

## **5.2. 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.

### **5.3. 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 5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> без адаптации. Молодь осетровых в возрасте 50-60 суток при резком переводе ее из пресной воды в соленую выживает при солености 8-10<sup>0</sup>/<sub>00</sub>, а при постепенной адаптации молодь выживает в воде с соленостью 13-16<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Взрослые осетровые могут жить в воде с соленостью выше 16<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Полупроходные карповые (лещ, сазан, судак) на стадии эмбрионального и раннего постэмбрионального развития способны переносить соленость воды в 5<sup>0</sup>/<sub>00</sub>. Молодь этих рыб выдерживает соленость до 12-14<sup>0</sup>/<sub>00</sub>.

**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 20-23<sup>0</sup>С.

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 7-18<sup>0</sup>С, 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 СО<sub>2</sub> сопутствует нейтральная или близкая к ней реакция среды. Повышение или понижение уровня СО<sub>2</sub> 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.

#### **5.4. Влияние кормовой базы водоема 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: животнойядные 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.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Охарактеризуйте состав и роль естественного корма для роста рыб.
2. Какие применяют методы воздействия на водную экосистему с целью увеличения количества естественного корма для рыб.
3. Охарактеризуйте особенности изменения газового режима в прудах (суточных, сезонные, временные) и чем они обуславливаются

Литература: [1-4, 5, 7, 15]

### **ТЕМА 6. ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛОВЫМИ ЦИКЛАМИ РЫБ ПРИ ИХ ЗАВОДСКОМ ВЫРАЩИВАНИИ**

В настоящее время при управлении половыми циклами рыб применяется 3 основных метода: экологический, физиологический и эколого- физиологический.

Первый метод – экологический – основан на длительном выдерживании производителей до тех пор, пока их половые продукты не достигают необходимой степени зрелости.

Второй метод – физиологический – метод гипофизарных инъекций, стимулирующих быстрое созревание половых продуктов у рыб.

Третий метод – эколого–физиологический, представляющий собой сочетание гипофизарных инъекций с выдерживанием производителей.

Применение третьего метода позволяет отлавливать незрелых производителей в низовьях рек, что особенно важно при зарегулированном стоке, когда обычные места нереста становятся недоступными для рыб.

Экологический способ был разработан А.Н.Державиным, на основе опытов, проводившихся им с севрюгой и осетром в бассейнах с круговым течением (по типу Вашингтонских бассейнов).

Экологический способ основан на имитации природной обстановки в нерестилище. При выдерживании производителей следует создавать условия внешней среды, соответствующие естественным, в которых происходит развитие половых продуктов.

Поскольку в природе икра и сперма у осетровых созревают во время хода рыб на нерест против течения воды, то этот фактор А.Н.Державин считал основным, влияющим на

ускорение созревания половых продуктов. Он рекомендовал для выдерживания и получения зрелых производителей использовать овальные садки длиной 25 м, шириной 6 м и глубиной до 1,2 м, в которых создавалось течение и имитировались речные условия (быстротоки и приглубые места).

На дно таких садков насыпается галька. Водоснабжение в садке механическое, расход воды 20 л/сек. Улучшение циркуляции достигается устройством в средней части садка по его длине бетонной стены протяжностью 19 м.

В каждый садок помещают по 50 рыб, самцов и самок отдельно. Наряду с течением в садках создают благоприятный температурный и кислородный режим.

Опыт работы с садками А.Н.Державина показал, что экологический метод как метод управления переходом рыб в нерестовое состояние не удовлетворяет требованиям производства: он не поддается четкому планированию ни в отношении количественных показателей (созревает только 1/3 производителей), ни в отношении календарных сроков (трудно определить момент, когда надо брать икру). Этих недостатков лишен физиологический способ.

Физиологический способ (способ гормонального воздействия) независимо друг от друга и различными путями разработали два исследователя – Иеринг в Бразилии (1935) и Н.Л. Гербильский в СССР (1936).

В 20–х и 30–х годах прошлого века многочисленными исследованиями советских и иностранных ученых было установлено, что в регуляции половых функций организма млекопитающих принимают участие особые вещества, выделяемые в кровь половыми железами и нижним мозговым придатком – *гипофизом*, железой внутренней секреции.

С двадцатых годов в литературе начали проявляться исследования, доказывающие наличие гормонов в организме рыб.

Первые попытки удовлетворить запрос рыбоводных организаций об ускорении полового созревания выразились в использовании для этого различных гормональных препаратов и модных в то время лизатов.

Однако, эти опыты результатов не дали. Н.Л. Гербильский пришел к заключению, что в отношении механизма регуляции полового созревания рыбы чем-то существенно отличаются от млекопитающих и амфибий.

Сделанное по ходу работы предположение оказалось вполне подтвержденным последующими гистологическими исследованиями гипофиза и опытами, в результате которых возник метод черепных инъекций при разведении осетровых и крупного частика в 1938 и 1939 гг.

Задача гистологического исследования гипофиза у рыб заключалась в изучении путей выведения выработанных в процессе жизнедеятельности веществ и в изучении обнаруживаемых при помощи микроскопа сезонных изменений этого органа.

Основными выводами, полученными из изучения препаратов, которые повлияли на ход дальнейшей экспериментальной работы, были следующие:

1. Особенно бурная секреторная деятельность гипофиза приурочена к периоду нерестовой миграции и нереста.
2. Вещества, продуцируемые гипофизом, выделяются из этой железы по различным путям. Часть их попадает в кровь через стенки капилляров, пронизывающих железу. Другая же часть выделяется в корни нейрогипофиза и попадает в ткань промежуточного мозга и в его полости – воронку и третий желудочек, а также на поверхность железы, т.е. в полость черепа.

Первые эксперименты с черепными инъекциями суспензии гипофизов самкам судака, леща дали хорошие результаты, а с 1939 г. начали делать внутримышечные инъекции. Гипофиз у рыб – железа внутренней секреции, и также, как и у всех прочих позвоночных, является придатком мозга.

Таким образом, в гипофизе мы всегда различаем его нервную (мозговую) часть - заднюю долю или нейрогипофиз и железистую часть (аденогипофиз), состоящую из различающихся друг от друга передней и промежуточной долей.

У костистых рыб к этим элементам железистой части гипофиза прибавляется еще переходная зона, превосходящая по размерам другие части железы.

Наибольшую деятельность в период созревания икры и спермиев проявляют у осетровых клетки передней доли гипофиза, а у костистых рыб – клетки промежуточной доли и переходной зоны.

Гормон, влияющий на переход от IV к V стадии, содержится в выделяемых гипофизом веществах. Подавляющее большинство осетровых и все полупроходные костистые рыбы во время весенней путины в реки с половыми продуктами IV стадии зрелости.

Эта стадия у самок характеризуется прежде всего тем, что овоциты той порции, которая должна быть выметана в данном году, уже достигли своих максимальных размеров.

Однако, в отличие от V стадии зрелости овоцитов еще плотно окружены слоем клеток фолликулярного эпителия и спаяны соединительной тканью. Длительные микроскопические исследования, кроме того, показали, что IV стадии соответствует несколько состояний овоцитов, различающихся по положению и состоянию ядра, по состоянию желтка, по строению оболочек, по степени развития микропиле.

Опыты Гербильского показали, что при помощи инъекций препаратов гипофиза мы можем получить зрелую икру, действуя на любое из указанных выше переходных состояний яичника, соответствующих IV стадии зрелости.

Переход к V стадии характеризуется разжижением части соединительно- тканной стромы яичника и выскальзыванием овоцитов из фолликулярной оболочки так, что в яичниках отнерестившихся самок видно большое количество разорванных пленок фолликулярного эпителия, кровеносные сосуды и молодые овоциты последующих генераций.

В семенниках переход в нерестовое состояние характеризуется полным превращением сперматид в спермии, переполнением долек и лопастей семенника спермией, располагающимися теперь не пучками, а равномерно, переполнением спермиями канала семенника и, наконец, вытеканием наружу.

В естественных условиях переход рыбы в нерестовое состояние осуществляется при наличии определенных факторов внешней среды. Они воспринимаются органами чувств – анализаторами, а через них действуют на центральную нервную систему – на гипоталамус, который выделяет гормон, активизирующий гормональную деятельность гипофиза; выделяемый гипофизом гонадотропный гормон поступает в кровь и стимулирует созревание половых клеток у рыб.

Идея управления переходом рыб в нерестовое состояние чрезвычайно проста. Мы используем тот же гормон, который вызывает нерест в природных условиях, но начинаем этот процесс, вводя препарат, содержащий этот гормон, в организм рыбы, минуя первые фазы этого сложного процесса, то есть собственно влияние природной обстановки на нерестилище. Ожидаемая реакция - переход рыбы из IV в V стадию зрелости. Поэтому нас особенно должны интересовать сведения о сфере действия этого гормона.

Изучение оогенеза у рыб позволило установить стадийный характер этого процесса. Более или менее плавно протекающей процесс роста овоцитов за счет увеличения массы цитоплазмы и ядра – протоплазматический рост – сменяется иным и относительно быстро протекающим процессом роста овоцитов за счет образования и накопления желтка – "трофоплазматическим" ростом.

По достижении конечных размеров в результате трофоплазматического роста ооцит способен перейти снова в иное состояние, характеризующееся предовуляционными ядерными процессами. Эти процессы завершаются овуляцией.

Необходимым для успешного размножения приспособлением является свойство ооцитов рыб переходить в относительно стабильное состояние при отсутствии условий, необходимых для перехода от протоплазматического к трофоплазматическому и от состояния завершеного трофоплазматического роста к предовуляционным ядерным изменениям.

В иные же моменты оогенеза подобная задержка может повлечь за собой нарушения в развитии ооцитов. Такое явление, сопровождающееся массовой атрезией ооцитов, наблюдается у рыб, задержанных плотинами по ходу их нерестовой миграции и при нерестовых температурах в том случае, если в ооцитах начнутся предовуляционные изменения.

Основным показателем, позволяющим судить о завершении IV стадии зрелости, является состояние ооцитов старшей генерации, а для семенника – завершенность процесса спермиогенеза в ампулах семенника.

Самой характерной чертой в развитии ооцитов старшей генерации в IV стадии зрелости является их поляризация, обычно происходящая после завершения процесса вителлогенеза (накопление желтка и жира) и выражающаяся в продвижении ядра вместе с участками свободной от желтка цитоплазмы по направлению к микропиле. Эксцентричное положение ядра свидетельствует о том, что яйцеклетка вступила на путь созревания.

Полностью смешавшееся ядро располагается непосредственно под микропиле у анимального полюса. Важным критерием созревания яйцеклетки является также состояние ядрышкового аппарата в ядре ооцита. Ядра ооцитов в течение всего периода протоплазматического и трофоплазматического роста характеризуются большим количеством ядрышек, тесно прилегающих к ядерной мембране.

Перемещение ядрышек по направлению к центру и их растворение в кариолимфе – весьма важный признак созревания яйцеклетки. Как показывают прямые эксперименты, предовуляционные процессы, именно начиная от перемещения ядрышек, осуществляются под воздействием гонадотропного гормона гипофиза, ибо относятся к сфере его действия.

**Заготовка гипофизов.** Заготавливают гипофизы на рыбных промыслах заблаговременно, где отбирают из только что полученного улова требуемое количество рыб, половые железы которых находятся в IV стадии зрелости. У каждой отобранной рыбы вскрывают череп.

У рыб семейства осетровых череп вскрывают трепаном, который представляет собой металлический цилиндр с пилообразными зубцами на одном из его концов. Трепан устанавливают по средней линии черепа рыбы, позади глаз, и при помощи имеющейся на этом инструменте рукоятки просверливают ее голову до ротовой полости.

Просверлив отверстие, выталкивают стержнем из цилиндра оказавшийся в нем кусок черепа, в котором содержатся часть мозга и гипофиз. Этот кусок имеет форму пробки. Сверху и снизу находятся костные пластины – крыша и основание черепа.

Взяв высверленный кусок в руки, срезают с него нижнюю костную пластинку и хрящ, а затем извлекают пинцетом появившийся на его поверхности гипофиз.

Взятые у рыб гипофизы помещают в стеклянные банки с притертой пробкой, наполненные безводным химически чистым ацетоном. Объем ацетона должен быть в 10-15 раз больше объема гипофизов. В ацетоне гипофизы постепенно обезвоживаются и обезжириваются.

Через 12 часов ацетон сливают из банок и наливают другую порцию, объем которой должен превышать в 10-15 раз объем гипофиза. В этой порции ацетона гипофизы выдерживаются еще 6-8 часов.

Затем ацетон сливают из банок, а гипофизы раскладывают на фильтровальной бумаге и высушивают при низкой влажности воздуха и температуре не выше комнатной.

Высушенные гипофизы высыпают в сухие стеклянные банки с притертыми пробками и хранят в холодильнике при температуре от 1 до 5 °С. Если гипофизы были недостаточно хорошо просушены и хранились при высокой температуре и влажности, то это снижает их гонадотропную активность.

Перед началом работ по инъекированию производителей заготовленные гипофизы растирают в фарфоровой ступке в порошок, затем заливают физиологическим раствором (6,5 г поваренной соли на 1 л воды) и тщательно перемешивают.

Полученную суспензию гипофиза вводят с помощью шприца в спинные мышцы производителей.

**Дозировка гипофизов при инъекции.** В течение первого периода развития осетроводства при инъекциях использовались аустонированные гипофизы в дозах 2-4 гипофиза на одну самку и один гипофиз на одного самца осетра. Позже стали применяться дозы, выраженные в мг сухого ацетонированного вещества гипофизов, причем одной самке осетра вводилось 60-70 мг.

Последующими исследованиями было показано, что для получения хороших результатов созревания после гипофизарных инъекций нет необходимости вводить такие большие количества гормонального препарата.

При введении резко увеличенных доз препарата гипофиза ухудшаются результаты созревания и снижается качество получаемой продукции. В наиболее сильной степени это заметно при ухудшении физиологического состояния производителей.

Наиболее резко отрицательное воздействие оказывали высокие дозы вводимого препарата в тех случаях, когда рыбы находились в состоянии, близком к зрелости.

В связи с тем в осетроводстве было предложено применять более низкие дозировки препарата гипофиза при условии предварительного определения его гонадотропной активности. В таких случаях пользуются биологическими тест-объектами, позволяющими измерять гонадотропную активность препаратов в биологических единицах.

Принято измерять гонадотропные гормоны рыб во вьюновых единицах; при этом за единицу принимается то количество порошка в мг, которого достаточно для получения овуляции у самки вьюна среднего веса 35 -40 г в IV стадии зрелости при комнатной температуре 16-18 °С.

Гонадотропную активность выражают также в лягушачьих единицах. Лягушачья единица – это такое количество аустонированного порошка гипофиза в мг, которое вызывает реакцию спермиации у самца лягушки.

Благодаря применению препаратов гипофиза с известной гонадотропной активностью оказалось возможным в 1,5-2 раза уменьшить дозировку препарата гипофиза при инъекциях.

Для самок осетра минимальной является 70 л.е. (20-21 мг аустонированного гипофиза), поэтому при инъекциях рекомендуется вводить 80-100 л.е.(23-30 мг) в зависимости от температуры воды и веса самки. Соответственно снижены дозировки при инъекциях самцам осетра и производителям белуги и севрюги.

В результате этих работ на рыбоводных заводах были повышены рыбоводные показатели при значительной экономии гипофизов.

**Применение дробных инъекций.** Обычно производятся однократные инъекции, однако для повышения эффективности работы с производителями осетровых были предложены повторные (дробные) или градуальные инъекции. При этом, во время первой инъекции вводится небольшая часть препарата, а через несколько часов

основная дозировка. Градуальные инъекции были предложены для получения зрелых половых клеток у севрюги в случаях, когда поляризация ооцитов не была завершена. При этом первая инъекция приводила к перемещению ядра к оболочкам ооцита на анимальном полюсе, а вторая к созреванию.

**Преимущества использования глицериновой вытяжки из гипофиза.** В настоящее время при инъекциях используется суспензия аустонированных гипофизов осетровых. При ее применении на рыбоводных заводах следует учитывать, что хранение препарата должно проводиться в условиях низких температур и отсутствии влажности.

Несоблюдение этих условий приводит к потере биологической активности препарата. При приготовлении порошка гипофиза и введении суспензии возможны потери препарата.

В связи с этим для упрощения работы с гормональным препаратом на заводах предлагается использование глицериновой вытяжки из аустонированных гипофизов осетровых.

При использовании глицеринового препарата возможно точное его дозирование, не происходит потерь при инъекции, препарат удобен в употреблении.

**Сезонные изменения гонадотропной активности гипофиза рыб.** Количество гонадотропного гормона у рыб на разных этапах жизненного цикла резко различно. У осетров в гонадах в III стадии зрелости в гипофизе содержится сравнительно небольшое количество гонадотропного гормона.

У ходовых осетров, половые железы которых близки к зрелости, количество гонадотропного гормона в гипофизе возрастает в 2 раза (Таблица 2).

Таблица 2 - Количество гонадотропного гормона у рыб на разных этапах жизненного цикла

Состояние половых желез самок, от которых взят гипофиз, период хода	Количество вьюновых единиц (в.е.) в 1 мг сухого вещества ацетонированного гипофиза
III стадия зрелости, июль	1,66
IV стадия зрелости, октябрь	3,33
IV стадия зрелости, апрель	3,33

Эти данные показывают, что наиболее подходящим периодом для заготовки гипофизов является весеннее время. Допустимо брать гипофизы от осетров также осенью, от рыб, имеющих гонады в IV стадии зрелости.

В гипофизе рыб после периода размножения почти не содержится гонадотропный гормон. Следовательно, гипофизы рыб после нереста не могут быть использованы для заготовки.

**Таксономическая специфичность гонадотропного гормона гипофиза рыб.** Объектами рыбоводства в настоящее время являются рыбы, далекие в систематическом отношении. Вопрос о том, какие рыбы могут быть донорами, имеет



большое значение.

При изучении гонадотропной активности препарата гипофиза судака был установлен факт его таксономической специфичности. Оказалось, что гипофизы судака содержат гормон, вызывающий созревание у рыб того же вида. Использование гипофиза судака для других рыб (лещ, сазан) оказалось неэффективным.

В практике рыбоводства обычно применяют гипофизы осетровых для получения зрелых половых клеток у рыб того же семейства.

**Эколого-физиологический способ Б.Н. Казанского.** При существующей биотехнике осетроводства сроки получения зрелых половых продуктов, а стало быть и личинок, определяются сезоном размножения осетровых в данной реке. Поэтому обычно осетроводные заводы эффективно работают только около трех месяцев в году, осуществляя при этом лишь один весенний цикл (Волга, Урал, Дон, Кубань).

Такая узкая односезонность в работе осетровых заводов объясняется невозможностью при принятой биотехнике получать от производителей потомство в более поздние сроки для обеспечения в том же году повторного производственного цикла.

С целью ликвидации узкой односезонности и осуществления резкой интенсификации работы осетроводных заводов был предложен способ получения зрелых половых продуктов и личинок по непрерывному графику с ранней весны до середины лета, с учетом возможности организации в том же году повторных осетроводных циклов. Методика основана на применении "закономерности смены фаз регуляции и стадийности гаметогенеза рыб".

В соответствии с этой закономерностью приспособление в отношении сезонов размножения реализуется в онтогенезе рыб, благодаря способности ооцитов длительно задерживаться при некоторых условиях в преднерестовом состоянии (завершенная IV стадия зрелости гонад) без нарушения способности к дальнейшему нормальному размножению.

На основе этой закономерности разработана и успешно прошла производственное испытание методика получения разносезонного потомства от исходно однородных по сезону размножения производителей осетровых путем задержки самцов и самок на разные сроки в преднерестовом состоянии.

Суть ее практического применения заключается в следующем. Производителей раннего ярового осетра, отловленных в стадии зрелости IV или выдержанных до этого состояния, помещают (самок и самцов отдельно) в специальные спаренные овалы бассейны размером 4\*6 м, глубиной 1 м.

Бассейны имеют небольшой уклон дна к центральному стоку и оборудованы флейтами, побудителем природного течения и системой рециркуляции воды, что дает возможность создавать течение со средними скоростями 0,1-0,2 м/сек.

В бассейнах температура воды регулируется в пределах от 2 до 23 °С. Это достигается включением в систему водоснабжения холодильной установки, подогревающего устройства и системы автоматической терморегуляции. Таким образом, создаются широкие возможности управления режимом в бассейнах. Они должны удовлетворять следующим основным условиям:

- 1) бассейны бетонные;
- 2) внутренняя поверхность тщательно облицована керамической плиткой;
- 3) наружная – отштукатурена цементным раствором;
- 4) спускаемость бассейна за 10-15 минут, наполняемость за тот же срок;
- 5) водоснабжение каждого бассейна независимое как охлажденной, так и речной

водой;

- б) рециркуляция – 70%, «подсвежка» 30% по обеспечению газового режима;
- 7) поступление воды через грубый песчано-гравийный фильтр, вода при рециркуляции обогащена кислородом;
- 8) побудитель природного течения должен создавать вдоль одной стороны бассейна природный ток 0,5-0,8 м/сек, средняя скорость 0,1- 0,2 м/сек.

В один бассейн сажают до 15 самок осетра, а в соседний до 20 самцов. Затем температуру воды в бассейне постепенно (с градиентом в 1 °С в сутки) понижают до +4 –+5 °С, т.е. на 3-4 °С ниже нижней нерестовой для раннего ярового осетра. При этом половой цикл задерживается в IV стадии зрелости без нарушения способности к дальнейшему размножению.

По мере надобности, в соответствии с графиком завода, нужное количество заготовленных таким образом производителей постепенно, при градиенте нарастания температуры примерно на 1 °С в сутки, переводят в оптимальные нерестовые температуры (для осетра 16-19 °С); выдерживают в этих условиях одни сутки и затем используют обычным способом. Таким способом можно получить потомство от отсаженного весной осетра в любое последующее время вплоть до середины лета. Благодаря этому можно обеспечить в том же году повторный цикл работ.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Как производится заготовка гипофизов?
2. Как дозируется гипофиз при инъекции?
3. Как и когда имеет место применение дробных инъекций?
4. В чем преимущества использования глицериновой вытяжки из гипофиза?
5. В чем заключаются сезонные изменения гонадотропной активности гипофиза рыб?
6. В чем состоит таксономическая специфичность гонадотропного гормона гипофиза рыб?
7. В чем заключается эколого-физиологический способ Б.Н.Казанского?

Литература: [2, 3, 5-7. 9-20]

## **ТЕМА 7. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ, ПОЛУЧЕНИЯ ПОЛОВЫХ КЛЕТОК И ОСЕМЕНЕНИЯ ИКРЫ**

### **7.1. 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 4-6<sup>0</sup>С 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 расцветиваются. 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 рыбака.

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 рыба 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 18<sup>0</sup>С начинается ход рыба в канавы.

Как было показано в предыдущей главе, 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<sup>0</sup>С 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 делают гипофизарные инъекции.

**Гипофизы, используемые для инъектирования 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 (каргу, 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 °С 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 20°С 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 оставшаяся подготовлена к овуляции (ооциты вышли из фолликулов). 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.

## 7.2. 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

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 активизируется, 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  $10^7$  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 рыбноводном 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.

#### **Вопросы для самопроверки:**

1. Оценка качества производителей по морфо-физиолого-биохимическим показателям.
2. Гипофизарные инъекции с учетом биологической активности гипофизов, температуры, пола рыбы.
3. Влияние внешних условий на действие гипофизарных инъекций и на качество икры.
4. Определение степени зрелости икры и готовности ее к осеменению.
5. Оценка качества половых клеток.

Литература [5, 7, 9-15]

## ТЕМА 8. БИОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСЛОВИЙ ИНКУБАЦИИ ИКРЫ И ВЫРАЩИВАНИЯ МОЛОДИ РЫБ

### 8.1. 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 незначительным 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 выклеваются 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 температура воды равняется 6-7 °С, зимой она снижается до 0,5-0,1 °С. Весной, когда идет вылупление температура воды повышается до 6 °С и выше.



Инкубация икры сигов происходит в основном при температуре 0,1-3 °С. Инкубационный период сигов длится 185-205 суток.

В дельте реки Волги инкубация икры белорыбицы продолжается 140 суток при температурах: в декабре 0,1-2,5 °С, январе – феврале 0,1-0,5 °С, марте – 0,2-2,9 °С.

У осетровых инкубация длится несколько суток и зависит также от температуры воды. Инкубация икры белуги длится 5-14 суток при 9,5-17 °С, осетра – 5-10 суток при 12-20 °С.

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 О<sub>2</sub>/л; содержание кислорода на вытоке не ниже 6-8 мг/л.

## 8.2. 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 8-9°C 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 6-7°C, 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.

### **8.3. 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. Ячейка 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 34°C, для лососей – 28-30°C в зависимости от подвидов. Оптимальная температура для карповых 26-28°C, для атлантического лосося – 9-14°C, для форели – 10-13°C. 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 С<sub>1</sub>, как правило, основной пищей

являются коловратки. На этапе  $C_2$  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, подращенная до жизнестойких стадий, переводится на дальнейшее выращивание.

#### **8.4. Выращивание молоди рыб до жизнестойких стадий**

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 промышленных 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 7-18°C, для осетровых рыб – 20-24°C.

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 кормовой 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 молодой 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.

### **8.5. 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 молодь. 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 молодежи сазана, леща, судака и тарани, выращиваемой сотнями миллионов штук на рыбоводных предприятиях и выпускаемой в естественный водоем, в котором обитает молодежь тех же видов рыб от естественного размножения. При расчете показателей промыслового возврата полупроходных рыб условно допускается, что их выживание до промысловых размеров от молодежи, 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, уклей, 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.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Влияние среды на инкубацию икры.
2. Морфофизиологические признаки перехода личинок на активное питание.
3. Выращивание молоди.
4. Что такое промысловый возврат, биологическое выживание, рыбоводный коэффициент?

Литература: [1-7, 9, 15]

## **ТЕМА 9. АККЛИМАТИЗАЦИЯ РЫБ И БЕСПОЗВОНОЧНЫХ. РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ МЕЛИОРАЦИЯ**

**Биологические основы акклиматизации гидробионтов, терминология.** Важнейшими методами повышения рыбохозяйственной ценности водоемов является акклиматизация рыб, кормовых и пищевых беспозвоночных.

Во внутренних водоемах России уже освоены промыслом десятки видов вселенцев. По имеющимся данным суммарный улов акклиматизированных рыб в России (озерах, реках, водохранилищах) на 1990 год составили более 20% от общих уловов во внутренних водоемах.

В результате акклиматизации в ряде водоемов создана новая промысловая ихтиофауна, которая в некоторых озерах и водохранилищах уже составляет 80% и более от общей добычи.

Акклиматизация кормовых беспозвоночных в естественных водоемах и водохранилищах повышает рыбопродуктивность в среднем на 20-30%, а в некоторых водохранилищах на 50% и более (например, водохранилища Волжского каскада).

Приведем несколько примеров удачной акклиматизации в последние 20-50 лет. В бассейне Азовского и Черного морей в 1972-1984 годах учеными была успешно акклиматизирована дальневосточная кефаль – пиленгас. В этих водоемах темп роста этого вида в сравнении с Японским морем откуда она была завезена в 1,5-3 раза выше. С 1993 года разрешен промысел пиленгаса и его ежегодно вылавливают уже более 4 тыс. т. в год. В середине семидесятых годов российские ученые акклиматизировали камчатского краба в Баренцевом море. Сейчас общие запасы камчатского краба в Баренцевом море составляет 6 млн. шт., а промысловые – 1,5 млн. шт. (1 кг краба стоит 208 долларов США, а средняя масса краба – около 4 кг).

Впервые теоретические основы акклиматизации гидробионтов были заложены в 1940 году Л.А. Зенкевичем. Значительный вклад в разработку этой теории внесли А.Ф. Карпевич, Л.Н. Гербильский, Г.В. Никольский, Т.С. Расс.

Акклиматизация – это процесс приспособления вселенных в водоемы рыб и других гидробионтов и их потомства к новым условиям среды и формирование в результате этого новой популяции вида под действием естественного отбора. Гидробионты, приспособившись к новым условиям существуют за счет естественного воспроизводства. Этот процесс протекает медленно и связан с глубокой перестройкой, происходящей в организме.

Акклиматизация может быть либо **пассивной**, когда гидробионтов выпускают в заселяемый водоем при минимальном вмешательстве человека, либо **активной**, если акклиматизация гидробионтов в новый водоем происходит при активном вмешательстве

человека путем не только заселения новых видов, но и проведения рыбоводно-мелиоративных работ и охранных мероприятий.

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

Вселение – переселение особей вида в водоем, условия среды в котором мало или совершенно не отличаются от условий жизни данного вида с материнским водоемом. Вселенные особи вида **успешно размножаются на новом месте обитания без какой либо предварительной внутренней перестройки организма**. Биологические особенности потомства переселенных особей вида не изменяются.

Зарыбление – это регулярный выпуск молоди одного и того же вида рыб на нагул в апробированные (раннее исследованные) водоемы. Вселение и зарыбление не имеет отношения к акклиматизации.

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

Реакклиматизация – интродукция особей 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.

**Приспособляемость организмов в процессе акклиматизации.** В настоящее время считается (Скадовский, 1955 и др.), **что основой приспособляемости** организмов является обмен веществ и различают два вида приспособляемости:

1. Пассивная приспособляемость – когда изменение среды приводит к изменению уровня обмена, при этом *задерживается рост и развитие организма*, но он продолжает жить в течение определенного времени после чего наступает *необходимая фаза и смерть*. Это и есть физиологическая адаптация – **акклимация**.
2. Активная приспособляемость – когда при изменении обмена веществ организм сохраняет жизнеспособность и способность к воспроизводству. Это и есть тип эколого-физиологических и биологических **адаптаций** особей, которые лежат в основе акклиматизации.

Иными словами, при акклиматизации у особей всегда сохраняется некоторый запас «физиологической прочности» (на основе пластичности), а при акклимации он исчерпывается.

Адаптивность – адаптация. Адаптивность или приспособляемость – это свойство целых систем (организма, популяции, вида, биоценоза) освоить измененные условия среды, сохраняя при этом видовую специфику. Степень адаптивности ограничивается консервативностью вида.

Адаптация – это положительный для вида результат проявленных особью адаптивных свойств при взаимодействии с измененной средой.

Адаптация – это изменения, возникающие в результате взаимодействия особей (популяций) *с измененной средой*, но способствующие сохранению целостности вида. *Адаптации заметнее всего проявляются в уровне протекания физиологических процессов*, в морфологических количественных характеристиках (длина, масса, соотношение частей тела и т. д.) и является основой для внутривидовой изменчивости.

Адаптация в онтогенезе. На разных стадиях развития особей их экологическая *пластичность* *меняется*. У карповых, пресноводных окуневых и других генеративно пресноводных рыб *наиболее важные процессы, поддерживающие численность популяций, протекают только в пресной воде* и в относительно узком температурном диапазоне.

Их личинки хорошо переносят соленость от 0 до 3 ‰, температуру 12-18 °С, слабую щелочность и требуют высокой концентрации кормовых организмов (не менее 250-300 шт/л науплий копепод и т. д.). Поэтому личинки рыб наименее жизнестойки.

Молодь рыб переносит более высокую соленость (до 10-11‰) температуру до 25 °С, пищевой спектр более широкий. Она (молодь) становится менее требовательной к другим условиям среды, легче избегает хищников, более стойка к болезням и т. д. Поэтому она жизнеспособнее, чем личинки.

Взрослые особи большинства рыб еще выносливее. Большая пластичность взрослых особей к изменению факторов внешней среды лежит в основе образования проходных и полупроходных биологических групп генеративно пресноводных рыб и позволяет морским рыбам осваивать пастбище солоноватоводных бассейнов.

Это свойство рыб, а также б/позв. животных является основой для поэтапной акклиматизации.

**Приспособления и изменчивость популяций в процессе акклиматизации.** Начальный этап акклиматизации организмов (первая фаза) начинается с их адаптации к новой среде, заключающейся в изменении и приобретении новых признаков, приобретенных в новых условиях. Чем короче биологический цикл вида, тем выше темп приспособления (или вымирания) к новым условиям. Например, мизиды, которые созревают на 45-е сутки, переселенные весной, к осени того же года образуют полноценную популяцию, состоящую из нескольких пометов интродуцированных особей и нескольких (до шести) поколений местного рождения.

Влияние элиминации (гибели организмов вследствие различных абиотических и биотических факторов внешней среды) и отбора могут происходить в течение 1-2-х лет. И, наоборот, формирование популяции длинноциклового вида протекает медленно, их адаптации даже в онтогенезе формируются очень медленно, а изменчивость популяционного характера проявляется через ряд поколений, у белуги, например, не ранее чем через 20-40 лет. Процесс акклиматизации можно считать законченным только при регулярном размножении особей новой популяции и особенно, если они благополучно перенесли крайние отклонения в среде обитания.

В одних случаях адаптация и изменчивость морфологических признаков у переселенцев в новых условиях водоема приводит к положительному эффекту: ускорению темпа роста и созревания половых продуктов, увеличению упитанности и продуктивности и в конечном итоге к его натурализации в новом водоеме.

В других случаях морфологических изменений у переселенцев не наблюдается и популяция формируется по типу исходной. Это свидетельствует об отсутствии или незначительном отличии физико-химических и биотических условий в заселенном и материковом водоемах.

В третьих случаях наблюдается снижение интенсивности физиологических процессов в организмах особей новых популяций, в результате чего уменьшаются темпы их развития и роста, снижаются или очень увеличивается плодовитость, что приводит к уменьшению размеров и массы, ухудшению упитанности, уменьшению численности и другим неблагоприятным последствиям. Такие популяции нельзя считать процветающими и они часто теряют промысловое значение.

Подобные явления возникают при переселении рыб или беспозвоночных в водоемы с неблагоприятными абиотическими (температура, соленость, газовый режим и т. д.) и биотическими (наличие большого количества конкурентов в питании и т. д.) условиями.

Для периода формирования популяций переселенных рыб и других организмов отмечено изменение характера питания, миграций и других особенностей биологии переселенцев. Особенно лабильны в характере питания взрослые особи. Например, сиви – планктофаги при переселении в озеро Севан перешли на донное питание, потребляли более

концентрированный корм – гаммарид, в результате их рост и упитанность повысились. В результате переселения часто проходные рыбы становятся полупроходными (рыбец), полупроходные – туводными (лещ), сдвигается время нереста (лососи, лещ, кефаль) т места нереста (кефаль Каспия).

**Принципы и методы выбора форм акклиматизации.** Для повышения эффективности мероприятий по акклиматизации первостепенное значение имеет выбор рекрута (формы намечаемого переселенца), а также стадии посадочного материала для интродукции. Выбор вида является первым этапом теоретической подготовки акклиматизации, а выбор посадочного материала - первым этапом его практического осуществления. Выбор рекрута разный и зависит от того, осуществляются ли интродукция с целью поэтапной акклиматизации (то есть постепенное продвижение кормового или промыслового акклиматизанта в новые районы, резко отличающиеся по климатическим условиям от района, где расположен маточный водоем), одомашнивания (культивирования) рекрута или с целью его натурализации.

Первыми возникли географические методы выбора интродуцентов (метод аналогов, метод палеоареалов, метод потенциальных ареалов), которые учитывали климатические условия ареалов распространения видов. Географические методы не дали ожидаемого эффекта, так как были приблизительными и не учитывали экологические условия, конкретные преобразования видов к среде.

После неудач в акклиматизации с использованием географических методов, более прочные позиции начал завоевывать взгляд на преимущественное значение наследственности и свойств видов, их адаптивных возможностей. Возникли биоэкологические методы:

а) жизненных форм, б) потенциальных видов

В 1953 году было выдвинуто учение «о жизненных формах» как основе при выборе рекрутов для интродукции. Жизненная форма – это исторически сложившаяся структура животных или растений, приспособленная к данным условиям и возникшая под их влиянием. Отсюда, под влиянием среды виды способны изменять свои требования в относительно короткий срок, а поэтому и возможна их акклиматизация в условиях, отклоняющихся от исходных, соответствующих пройденному пути.

Метод потенциальных свойств видов. Исходя из происхождения видов, исторического пути, пройденного видом, и учитывая современные условия жизни, А.Ф. Карпевия считает, что у особей любой популяции имеются скрытые эколого-физиологические свойства, которые не проявляются в современном местообитании. При изменении среды (или условий жизни) возможно проявление этих скрытых особенностей, вследствие чего увеличивается жизнестойкость вида и расширяется его адаптивные и акклиматизационные свойства. Из этого вытекают следующие выводы:

1. У намеченных к интродукции видов необходимо изучить (или учитывать) не только характерные для данного вида, подвида, расы, других более мелких таксонов черты биологии, экологии и морфологии, но и черты, которые могут проявиться в новой среде.

2. При хорошем знании потенциальных свойств популяций, предназначенных для интродукции, можно предвидеть характер адаптаций и направление изменчивости переселенцев, следовательно, можно подобрать или новую среду в большем соответствии с их адаптивными возможностями, но не обязательно аналогично материнской.

3. Эколого-физиологический подход к выбору интродуцентов позволяет использовать адаптивные возможности особей на разных стадиях их развития и выявить наиболее узкие зоны адаптации в разные периоды формирования рекрутов.

Методы проверки рекрутов. Намеченная в первом приближении к переселению форма должна пройти «экологическую проверку», для чего более углубленно изучают её требования к среде, используя разные методы и приемы. Наиболее надежным при проверке

пригодности выбранных гидробионтов для акклиматизации является метод биоэкологического анализа свойств видов. Но отдельные черты видовых свойств не проявляются полностью у популяций в природной обстановке и при полевых наблюдениях могут быть не замечены даже при многолетних наблюдениях. Поэтому для проверки экологической выносливости рекрута необходимы широкие экспериментальные исследования в лабораторных или природных условиях.

Таким образом были выяснены требования многих видов, предназначенных для акклиматизации.

Как правило, хорошо поставленный эксперимент помогает повысить результативность интродукции, а также предвидеть результаты первых 2-х (фаз) этапов акклиматизации гидробионтов.

Метод отбора рекрутов по их биологической стоимости и хозяйственной ценности. При выборе объекта для интродукции в целях повышения продуктивности водоема мало учитывать эколого-физиологическую выносливость рекрута и его способность преодолевать особенности среды, необходимо учесть его хозяйственную биологическую продуктивность и место в трофической цепи и, таким образом, определить его биологическую стоимость.

При направленной акклиматизации всегда необходимо учитывать хозяйственную ценность рекрута: его пищевые и вкусовые качества. Одни виды ценятся за вкусовые качества, другие за высокую жирность или отсутствие жира (диетическая рыба), ценность третьих определяется традиционными вкусами местного населения (например, на Каспии сом считается несъедобной, а вобла ценной рыбой).

При выборе форм для акклиматизации важно учитывать наследственную характеристику роста, общую его потенцию, а изменчивость роста, зависящую от условий среды, можно использовать в полезном направлении в новом местообитании.

Важно знать, в какую пищевую цепь вводится акклиматизант, ускорит или замедлит его направление круговорот веществ в пищевых цепях в водоеме. Наиболее рентабельными с точки зрения биологической стоимости и товарной ценности являются мирные виды со средней продолжительностью жизненного цикла (3-6 лет и высоким весовым ростом. Это бентофаги: сазан, усач, некоторые осетровые (бестер, ленский осетр), краб и другие.

Стоимость их пищевых цепей дороже, чем планктофагов, в 2-3 раза, а период созревания довольно большой (что увеличивает период оплаты съеденной в водоеме пищи), но эти рыбы имеют большой темп роста и более ценные в пищевом отношении.

Важным является вопрос вселения хищных рыб. Быстрорастущие относительно крупные хищники (обычно и быстро созревающие) обладают наиболее высоким сравнительным коэффициентом продуктивности (СКП), например, лососевые. Они вводят в круговорот дополнительные ресурсы (малоценных и сорных рыб), способствуют ускорению их оборота и, как правило, улучшают качество промысловой продукции.

Напротив, вселение мелких тугорослых, короткоцикловых хищников почти всегда приводит к снижению качества и количества промысловой продукции. Они выедают мелкие кормовые организмы, необходимые для питания другим рыбам, а также икру, личинок, молодь рыб, быстро наращивают численность, а сами слабо используются как кормовые объекты и объекты промысла.

Осетровые занимают особое место по ценности и биологическим свойствам. Они обладают огромной потенцией роста, но из-за чрезвычайно длинного периода созревания их сравнительный коэффициент продуктивности понижен. Они оплачивают корм через десятки лет и замедляют оборачиваемость органического вещества в водоемах. К тому же для хорошего роста им требуются обширные пастбища с высокой плотностью кормовых организмов.

Средне- и длинноциклические виды не в состоянии быстро адаптироваться к новым условиям и увеличивать численность популяции. Они менее конкурентоспособны по сравнению со скороспелыми видами. Они подвергаются и наибольшему прессу промысла с

самого начала появления в водоеме. Эти вселенцы требуют к себе более требовательного внимания со стороны рыбоохранных органов.

Среди осетровых наиболее перспективным объектом для акклиматизации является сибирский (ленский осетр), который очень хорошо реализует свои потенциальные возможности роста. По средней массе 3-х, 4-х пятилетки выращенных в бассейнах, превосходят рыб из естественных водоемов в 7-9 раз.

Оценка результатов акклиматизации. Результаты акклиматизации обычно оценивают по 3-х бальной системе. Выживание интродуцентов – поимка в новом водоеме переселенных особей.

Биологический эффект – произошло размножение интродуцентов и выживание их потомства в новом водоеме.

Промысловый эффект – переселенец образовал многочисленную популяцию, натурализовался и вошел в промысел или пищевые цепи нового для него водоема.

**Подготовка мероприятий по акклиматизации гидробионтов, биотехника переселения.** Подготовка мероприятий по акклиматизации проходит в два этапа:

I. Теоретическая подготовка – разработка биологического обоснования целесообразности акклиматизации и выбор биотехники переселения.

II. Практическое осуществление намеченного мероприятия.

Цель теоретического этапа – биологическое обоснование целесообразности акклиматизации.

Он состоит из пяти разделов:

1.1 Характеристика бассейна.

1.2 Характеристика форм предназначенных для акклиматизации.

1.3 Биотехника переселения.

1.4 Предполагаемая эффективность

1.5 Общая схема акклиматизационных мероприятий для бассейна и тактика его осуществления.

Первый раздел включает характеристику физико-химического режима и населения, а также их изменения в перспективе. Определение экологической и кормовой емкости водоема, соотношение биомасс ценных и малоценных видов рыб, беспозвоночных и растений. Обоснование акклиматизационных мероприятий и их сочетание с другими методами повышения промысловой продуктивности бассейна. Главные направления акклиматизационных мероприятий – дополнение состава аборигенной флоры и фауны полезными видами, замещение некоторых аборигенных видов более биологически и хозяйственно полезными, реконструирование населения водоема, направленное формирование населения, формирование пищевых цепей и ценозов.

Второй раздел состоит из названия и происхождения вселенца, его биоэкологической характеристики. Определения совместимости его требований и режима водоема, характеристики промысловых и пищевых (или кормовых) качеств объекта вселения, возможности натурализации вселенца и необходимых мероприятий для поддержания его численности (искусственное воспроизводство, искусственные нерестилища, выращивание молоди и т. д.), основных направлений воздействия вселенца на аборигенов, характеристик паразитофауны вселенца и его опасности для аборигенов или наоборот.

Третий раздел должен содержать выбор стадии развития переселенца, удобной для пересадки, время и место получения посадочного материала, методики транспортировки, места крантизации, выпуска или инкубации икры и выращивания молоди вселенца, последовательность и сроки осуществления пересадок отдельных видов, повторность пересадок отдельных видов.

В четвертом разделе указывается вероятный ареал размножения и нагула, численность стада, время появления в промысле (или питания рыб), места и способы лова, экологический эффект.

II. Практический этап переселения объекта предусматривает:

- 1) сбор и заготовку посадочного материала;
- 2) транспортировку;
- 3) Выпуск в заселяемый водоем.

Наиболее безопасно переселению с помощью пересадки икры намеченного вида, которая или не имеет заболеваний, или поражена одним видом заболевания. Икру чаще всего получают на рыбоводных заводах (осетровые, лососевые, сиговые и пр.), или на местах нереста в кладках и гнездах (судак, сазан, и др.). В некоторых случаях половые продукты получают с помощью физиологического метода стимулирования их созревания.

Личинок рыб также часто отбирают на рыбоводных заводах или после доинкубации икры в питомниках. Личинок перевозят на дальние расстояния реже, чем икру.

Производителей отлавливают для пересадки в период нерестового хода (проходные или полупроходные рыбы), или на зимовальных ямах (сом).

**Значение внешней среды и свойств гидробионтов при акклиматизации.** К важнейшим факторам, определяющим эффективность акклиматизации, относятся прежде всего температура и пределы её колебаний в естественных условиях.

Например, распространение на север многих тихоокеанских лососей ограничивается отрицательными температурами воды.

Акклиматизация горбуши в Баренцевом и Белом морях не дали ожидаемого эффекта, несмотря на её хороший рост в море, из-за суровых осенне-летних условий в период инкубации икры (отложенная икра в очень большом количестве погибает). В связи с этим формирование промыслового стада затруднено.

При нересте тихоокеанских лососей в южное полушарие отдельные виды (чавыча) прижились в относительно умеренных зонах (Новая Зеландия, Чили) и их нерест в реках происходит в осенний период при температурном режиме сходном для весеннего периода Северного полушария.

Пересадка каспийской кефали в Аральское море оказалась неудачной из-за суровых зимних условий в этом водоеме, вследствие чего вся переселенная кефаль погибла.

Черноморская кефаль, интродуцированная в Каспийское море советскими учеными нашла подходящие условия для зимовки у Иранских берегов и полностью натурализовалась в новом местообитании.

Температурный режим имеет существенное значение при интродукции пресноводных рыб. Переселение вида на север или юг в водоемы, расположенные далеко за пределами ареала, ослабляет жизнестойкость переселенца. Так, при передвижении сазана на север обнаружены: сокращение порций откладываемой икры, не ежегодный нерест и даже прекращение полового созревания. Отмечается измельчение леща в холодных зонах, из-за чего бессмысленно продвижение его на север.

При акклиматизации гидробионтов необходимо учитывать такие важные абиотические факторы среды, как соленость, кислородный режим, освещенность, грунты, нерестовый субстрат, а также течение, уровенный режим, глубины, размер водоемов и конфигурация берегов.

Из важнейших биотических факторов, влияющих на выживание вселенцев и образование их популяций в новых водоемах является наличие пищи, хищников, конкурентов в питании и паразитов.

Особенно большое влияние биотические факторы оказывают на ранних стадиях развития вселенцев.

В частности, для личинок характерен узкий пищевой спектр, сами они малоактивны и имеют небольшие размеры. Поэтому в местах выпуска личинок кормовая база для них должна быть выгодной (кормовые организмы должны быть подходящими по размерам и поведению),

Особенно опасно переселение личинок ранней весной, когда концентрация кормовых организмов мала и не обеспечивает кормовых потребностей переселенцев, что приводит к их массовой гибели.

Практически все рыбы на ранних стадиях развития питаются планктоном, поэтому возможно обострение конкуренции именно среди молоди аборигенов и вселенцев. Пока группа вселенцев не велика, конкурентные отношения с аборигенами из-за пищи практически не возникают. Но при увеличении численности популяции пищевые взаимоотношения приобретают все большее значение, что приводит к уменьшению темпа роста аборигенов и вселенцев или к уменьшению тех и других. В отдельных случаях наблюдается вытеснение отдельных видов другими.

Существенное влияние на выживание вселенцев оказывают хищники – беспозвоночные животные и рыбы. Из беспозвоночных животных в пресноводных водоемах очень опасными для икры и личинок являются хищные насекомые, ведущие водный образ жизни и их личинки, а также некоторые ракообразные. Например, выпущенные в безрыбное озеро под Тобольском личинки сибирского осетра (21 тыс. шт) были полностью уничтожены щитнями (отряд листоногих ракообразных) и личинками стрекоз.

Для морских рыб из беспозвоночных очень опасны медузы, гребневики, гидроидные полипы, которые уничтожают икру и личинок.

Наиболее опасными для вселенцев являются рыбы. Причем доказано, что икра, личинки и молодь рыб выедаются в огромном количестве не только хищниками, но и мирными рыбами (из сорных пресноводных – плотва, укля, колюшка, красноперка, пескарь, ерш, из ценных – сазан, чехонь, усачи). В отдельных случаях увеличение в водоемах малоценной рыбы может оказаться основной причиной негативного результата интродукции.

Переносить вселенцев (рыб и кормовых беспозвоночных) в водоемы следует максимально рассредоточено, чтобы они в участках переселения не подверглись массовому выеданию со стороны аборигенов (рыб и беспозвоночных хищников).

При вселении в новые условия у вселенцев наблюдается смена паразитов. Некоторые паразиты вселенцев, не находя промежуточных хозяев, погибают, а другие могут быть переданы аборигенам, что может принести последним непоправимый вред. Часто вселенцы приобретают новых паразитов, что угрожает их жизнеспособности и даже выживанию. Поэтому перед вселением интродуцентов необходимо хорошо изучить паразитофауну вселенцев и рыб – аборигенов, живущих в водоеме, предназначенном для переселения.

При этом нужно помнить правило, сформулированное в 1938 году В.А. Догелем «животные акклиматизированные в районах, где нет близкородственных им видов, испытывают сильное обеднение паразитофауны в особенности если они переносятся в свободной от паразитов фазе жизненного цикла. Это правило подтверждается многолетней практикой акклиматизации гидробионтов.

**Рыбохозяйственная мелиорация** - это система мероприятий, направленных на улучшение в водоеме физических, химических и гидробиологических условий для развития в нем ценной ихтиофауны, а также в целях наиболее совершенной его эксплуатации.

Слово «мелиорация» происходит от латинского (*melior* – лучший).

Различают техническую и биологическую мелиорацию. Техническая мелиорация делится на капитальную и текущую.

Капитальная (коренная) мелиорация приводит к глубоким изменениям водоема. Они требуют больших затрат и оказывает свое воздействие в течение длительного времени. Сюда относятся значительные работы по водоустройству естественных нерестилищ, созданию искусственных песчано-гравийных нерестилищ, рыбохозяйственных каналов, управляемых нерестилищ с гидротехническими сооружениями (дамбами, шлюзами, плотинами).

Текущие мелиоративные мероприятия оказывают свое положительное воздействие на водоем в течение короткого отрезка времени, поэтому их систематически повторяют. К ним



относятся: работы по удалению из водоемов излишней водной растительности, расчистка протоков и каналов для прохода производителей на нерестилища и ската с нерестилищ молоди, спасению молоди рыб из отшнуровавшихся водоемов, установка плавучих искусственных нерестилищ для частичковых рыб, предотвращению заморных явлений если это не связано со строительством крупных гидротехнических сооружений и аэрационных устройств.

Биологическая мелиорация водоемов - комплекс мероприятий по улучшению экологического состояния водоемов путем вселения в них рыб-мелиораторов и других полезных живых организмов. Так, борьба с жесткой растительностью осуществляется путем вселения белого амура, а с цветением воды – толстолобика. Подавление численности сорных и малоценных рыб осуществляется путем вселения щуки, судака, сома, форели и других хищников.

**Характеристика искусственных нерестилищ для литофильных и фитофильных рыб.** Одним из видов работ является устройство искусственных нерестилищ. Искусственные нерестилища для литофильных рыб (осетровые, лососевые) строят на участках рек ниже плотин ГЭС (нижний обзор гидроузла) и в ободных каналах.

Для осетровых их устраивают на участках рек, где имеется комплекс оптимальных гидрологических и гидробиологических условий для размножения осетровых, но не используемых из-за отсутствия нерестового субстрата. Нерестилища могут быть 2-х типов:

1.искусственные каменно-галечные гряды в обсыхаемой после половодья береговой полосе (так называемые временно – действующие весенне-затопляемые нерестилища;

3. нерестилища в русловой части реки (постоянно действующие)

Предпочтение отдают постоянно действующим русловым грядам, которые могут осваиваться всеми видами осетровых, скапливающихся в приплотинных районах реки.

Весенне – затопляемые искусственные нерестилища строят лишь в отдельных случаях, когда можно добиться суточного и недельного стока воды из верхнего бьефа.

Площади искусственных нерестилищ для осетровых не должны быть меньше 5 га. Нерестовым субстратом для осетровых может быть галька средней фракции (5-10 см) с примесью 5-10% крупного обкатанного булыжника или бутового камня из песчаника для задержания основного грунта. Толщина нерестового субстрата 30-30 см. Эти нерестилища подходят и для нереста белорыбицы.

Для осуществления контроля ха эффективностью нереста и получения расчетных показателей на каждом искусственном нерестилище закладывают 25-30 опытных подъемных площадок размером 1 х 1 м. Основание такой площадки изготавливают из твердого, неокисляющегося материала с небольшими бортиками для удержания субстрата и кольцами для крепления подъемного капота с бухтами. В площадке в 4-6 местах делают отверстия для стока воды во время контрольных подъемов. Подъем площадок осуществляется со специально оборудованного судна.

В предплотинной зоне Волгоградской ГЭС , например, построены искусственные нерестилища площадью 34,7 га. После создания этих нерестилищ эффективность нереста осетровых в нижнем бьефе Волгоградской плотины повысилась.

Искусственные нерестилища в обводненных каналах. Эти каналы строят на тех же участках, где естественные нерестилища утратили свое прежнее значение из-за ухудшения гидрологических условий и их невозможно восстановить, или где естественные нерестилища вообще отсутствовали. Эти нерестовые каналы имеют длину 100-500 м, ширину 5-10м, скорость течения 0,7-1 м/сек. Дно каналов покрыто галькой и гравием слоем 70 см. В таких каналах можно создавать стабильные оптимальные условия для нереста рыб и инкубации икры, так как в них можно регулировать расход воды и скорости её течения. Эффективность размножения литофильных рыб в нерестовых каналах не только не уступает таковой естественных нерестилищ, но и может значительно её превышать.

Для рыбака (сырти) искусственные нерестилища строят в русле рек на перекатах и ниже их, образуя насыпи из гравия и галечника или из гравийно-каменистого грунта. Нерестилища располагают на глубине 0,2-2,0 м при скорости течения 0,6-0,7 м/сек. Площадь нерестилища должна быть не менее 3-5 га.

Искусственные нерестилища для фитофильных рыб (лещ, сазан, тарань, судак, щука и др.) в преднерестовый период создают донные и плавучие нерестилища. Донные нерестилища на мелководье (в озерах, водохранилищах, лиманах, дельтах рек) на участках, защищенных от господствующих ветров с глубинами 0,5-2 м со скоростью течения не более 0,2 м/сек. На дне каменных участков размещают растительный субстрат (ветки, ели, можжевельника, отмытые корневища тростника, камыша, рогоза), или искусственный субстрат (пучки из старых капроновых нитей).

Полотнища и рамы с нерестовым субстратом закрепляют на дне при помощи кольев. Площадь донного нерестилища не должна превышать 1 га.

Плавучие нерестилища устанавливают в водохранилищах, озерах, заливах рек, в протоках между островами и на других участках с глубиной 2-5 м, где наблюдаются ветроволновые явления, создающие движение воды. Основу такого нерестилища составляет рама из деревянных жердей, либо из стеблей рогоза, камыша или ивы. Ширина рамы – около 1 м, а длина должна быть различной и зависит от гидрологических условий в местах установки. К раме через каждые 30 см привязывают поводки из мочала или капроновых бечевки длиной 1,5-3,0 м. К поводкам через каждые 30 см привязывают пучки из старой капроновой дели или веничка из веток ели, можжевельника, промытых корней тростника, камыша, рогоза с таким расчетом, чтобы верхний пучок располагался на 0,5 м ниже поверхности воды, а нижний не доходил на 0,25 м до дна.

Нерестилища обычно устанавливают в водоеме не раньше чем за 1-2 дня до начала массового нереста, так как выставленные раньше нерестилища заиливаются и не используются производителями. Их устанавливают вне зоны влияния колебания уровня воды в водоеме и действия волнобоя на отложенную икру. Но они должны быть расположены как можно близко к естественным нерестилищам, которые осушаются в результате падения уровня воды в водоеме.

Не следует устанавливать нерестилища в открытых плессах с большими глубинами, или на мелководьях, подверженных сильным ветровым воздействиям. Не следует устанавливать нерестилища в неглубоких заливах со стоячей водой, так как в этих условиях искусственный субстрат заиливается и икра погибает.

Во избежание дрейфа нерестилищ к ним прикрепляют грузы. Для защиты отложенной икры от хищных рыб рекомендуется каждую нерестовую конструкцию после окончания икрометания ограждать мелкоячеистой делью или устраивать специальные плавучие садки, куда помещают субстрат с икрой для инкубации.

Для судака делают гнезда – круглые каркасы из проволоки или веток ивы, которые обтягивают капроновой сетью. На сетку кладут отходы от изготовления капронового волокна, гнезда устанавливают на дно водоема.

За искусственными нерестилищами необходимы постоянные наблюдения, так как со временем субстрат и икра заиливаются, появляется сапролегния. Осмотр необходимо проводить через каждые 3-4 дня, субстрат промывают водой. При резком понижении уровня воды или при действии сгонно-нагонных ветров нерестилища нужно переставлять в другие участки.

Плавучие и донные нерестилища оставляют в воде после выклева предличинок на 3-4 дня. В этот период они служат убежищем для предличинок. После выхода личинок из искусственных нерестилищ их убирают, просушивают и хранят до следующего года. Отход икры во время инкубации на плавучих нерестилищах составляет всего 10-15%, что значительно ниже, чем на естественных нерестилищах.

**Способы улучшения качества воды и почвы.** Мелиоративные мероприятия по улучшению качества воды заключаются в нейтрализации повышенной кислотности, удалении избытка закисного железа, очистке воды и аэрации.

Нейтрализация воды с повышенной кислотностью достигается путем внесения в воду извести или пропуска воды через установленную на водопадающем канале известковую мельницу. При внесении извести уменьшается кислотность как воды, так и почвы. Известкование водоемов проводят также с целью борьбы с заилением, возникновением заболеваний, для дезинфекции водоемов, устранения дефицита кальция.

Для удаления закисных солей железа, отрицательно влияющих на рыбу и кормовую базу прудов, устанавливают аэрирующие приспособления и известковые фильтры.

Вредные стоки промышленных или сельскохозяйственных предприятий подвергают полной механической и биологической очистке на очистных сооружениях, а затем сбрасывают в водоем. Если сточные воды с сельскохозяйственных полей содержат в своем составе гербициды и минеральные удобрения, то их направляют в специальные каналы и сбрасывают в нижний бьеф водоема или используют после предварительной очистки в отстойниках.

Нужного насыщения воды кислородом достигают с помощью аэраторов путем разбрызгивания её или продувания через неё воздуха. Аэраторы устанавливают в водопадающих каналах или прудах. Число и мощность их определяют расчетом.

Для улучшения качества почвы рыбоводных водоемы осушают после вегетационного сезона на осенне—зимне-весенний период, а через 5-3 лет и на летний период (проводят летование). Между рыбоводными сезонами и в период летования ложе водоема расчищают и используют для посадки сельскохозяйственных культур.

**Борьба с заилением и зарастанием рыбохозяйственных водоемов. Биологическая мелиорация.** Заиление водоемов ухудшает условия обитания рыб. Толщина или ежегодно увеличивается на 5 мм. При слое 10-20 см ил полезен, так как под действием кислорода он минерализуется и обеспечивает питание растения и кормовых беспозвоночных.

При дальнейшем увеличении слоя или снижается рыбопродуктивность, замедляются процессы минерализации, создаются условия для развития врагов рыб и распространения болезней, происходит закисание почв, ухудшается качество воды, образуется сероводород.

Очистка водоемов от ила очень трудоемка, поэтому целесообразно принимать меры, замедляющие этот процесс. Применяют следующие профилактические способы с заилением:

1. Запрещение распашки склонов на расстоянии не менее 200 м от уреза воды, склоны водосборной площади за пределами этого расстояния вспахивают в горизонтальном направлении - поперек склона.
2. Устройство нагорных каналов, отводящих стекающую со склонов воду за пределы прудов;
3. Залужение (зарастание земельных участков травянистой растительностью) прибрежной полосы водоемов.
4. Посадка на расстояние не менее 10-22 м от уреза воды лесных полос шириной 15-25 м, чередующихся с посевом полосами луговых трав.
5. Устройство на водозаборных сооружениях фильтров для очистки воды.
6. Закрепление оврагов плетневыми запрудами из живых ивовых кольев от разных видов ив.
7. Выведение спускных водоемов на летование, посадка сельскохозяйственных культур.

Настоящим бичем рыбоводных хозяйств и особенно НВХ является их чрезмерное зарастание высшей водной растительностью. Жесткая растительность ухудшает газовый режим, снижает содержание биогенных элементов, препятствует освещению и прогреву воды. Все это приводит к обеднению кормовой базы, снижению рыбопродуктивности выростных водоемов, выживаемости молоди, уменьшению её конечной массы. В заросших водоемах

нецелесообразно применять удобрения, так как они будут использованы растениями зарослей.

Рыбоводная практика показала, что даже многократное выкашивание камышекосилками жесткой водной растительности не дает высокого эффекта.

Лучший эффект приносит вспашка ложа прудов осенью и последующее летование. Хороший эффект подавления жесткой растительности обеспечивает разноглубинная вспашка и посев с/х культур. Например, вспашка на глубину 30-45 см с последующим посевом озимой ржи снижает биомассу тростника более чем на 70-74%. Можно использовать яровой ячмень. Посев злаковых создает лучшие условия для нереста в НВХ, так как они используются в качестве нерестового субстрата полупроходными и туводными видами рыбам. Хорошим нерестовым субстратом являются многолетние травы. Доказано, что очень устойчив к продолжительному глубокому затоплению (40 дней) мятлик болотный, канареечник тростниковый. Эти культуры могут многократно использоваться рыбами в качестве нерестового субстрата.

В качестве биологических конкурентов жесткой растительности следует использовать однолетние с/х культуры, которые за короткий период после осушения рыбоводных водоемов достигают технической или полной спелости. Наиболее перспективными являются суданская трава, гречиха, чина (сем. Бобовых). Эти культуры подавляют развитие высшей водной растительности на 80%, улучшают физико-химические свойства почвы, предотвращают заболевание. При этом рыбопродуктивность прудов увеличивается в 1,5-2 раза, а реализация выращенной травы окупает все затраты на агроулучшительные работы и дает прибыль. Перспективны посевы кукурузы на силос. Во время летования ложе прудов целесообразно засеивать овсом, викой (кормовые растения из рода горошек), кормовой свеклой, картофелем, капустой, огурцами, кабачками, зернобобовыми

**Биологическая мелиорация.** Для борьбы с водной растительностью в рыбохозяйственных водоемах разводят нутрий, ондатр, уток, гусей. Одна утка за день поедает до 1 кг зеленого корма, а нутрия за сезон уничтожает до 500 м зарослей. Весьма активно поедает водную растительность белый амур.

Как показала практика, механический и химический метод борьбы с «цветением» оказались малоэффективными. Больше всего для борьбы с чрезмерным развитием фитопланктона подходят толстолобики: белый (питается фитопланктоном) и пестрый (питается зоопланктоном). Они успешно поедают и усваивают синезеленые водоросли. Для борьбы с сорной рыбой используют хищных рыб – щуку, судака, угря, сома, форель.

**Борьба с врагами и конкурентами рыб в питании.** К числу мелиоративных мероприятий, направленных на улучшение условий жизни рыб, относится борьба с врагами выращиваемых рыб и их конкурентами в питании.

Молоди рыб серьезный ущерб наносят некоторые беспозвоночные животные. В осетровых прудах очень большой вред наносят молоди листоногие рачки – щитни, и лептостерии, которые являются конкурентами молоди рыб в питании, а иногда и потребляют её. Для борьбы с этими б/п используют хлорную известь и гипохлорид кальция. Вместе с тем щитня можно использовать в качестве основного корма для белуги. Для этого залитие прудов совмещают с посадкой в них молоди белуги массой 200-300 мг.

В нерестовых водоемах и на полях (залитых половодьем пойменных участках рек) большой ущерб рыбоводству наносят циклопы, жуки и их личинки, поедающие икру и личинки рыб. Например, один жук – водолюб поедает за сутки – 360 икринок, а одна личинка стрекозы – до 50 личинок рыб.

Для борьбы с хищниками б/п нерестовые пруды заливают непосредственно перед нерестом, а воду в них подают через фильтры. Уменьшению количества хищных б/п способствует ежегодная обработка ложа прудов известью, уничтожение водной растительности.

Для уничтожения многих вредных насекомых используют также высшие жирные спирты, которые образуют на поверхности воды пленку, губительно действующую на вредителей (0,6 кг/га)

Большой ущерб рыбоводству наносят земноводные и пресмыкающиеся. Взрослые лягушки, например, поедают большое количество молоди, а головастики – зоопланктон и комбикорм. С ними борются путем отлова (икры, головастиков, взрослых особей) отцеживающими орудиями лова. Эффективна установка в нерестово-выростных водоемах и прудах специальных ловушек, представляющих собой ящики или бочки, возвышающиеся над водой на 7-10 см. В ночное время над ними на высоте 60-70 см горят лампы.

Для предотвращения попадания сорных рыб в рыбоводные водоемы на водоподводящих сооружениях устанавливают рыбозаградительные устройства в виде решеток, сеток, гравийно-песчаных и гравийно-стеклянных фильтров. Регулярно проводят отлов сорных рыб.

В водохранилищах, озерах, прудах устраивают искусственные плавучие нерестилища, которые после нереста сорных рыб сразу извлекают из водоемов.

Большой ущерб рыбоводству наносят также птицы (цапли, чайки, выпи, бакланы и др.). Борьбу с птицами ведут в основном экологическими методами, то есть создают условия, мешающие обитанию птиц – ихтиофагов: уничтожают прошлогоднюю растительность, устанавливают блестящие и гремящие устройства; отпугивают птиц с помощью ракет и выстрелов.

Очень эффективна трансляция с помощью радиоустановок записанных на магнитофон криков птиц, предупреждающих об опасности. Запись воспроизводят через разные промежутки времени и с разной тональностью, что не позволяет птицам привыкнуть к ним.

Спасение молоди – из остаточных после половодья водоемов является частью работ по рыбохозяйственной мелиорации.

Значительная часть молоди после спада половодья остается в отшнуровавшихся частях поймы, ильменях (мелкие заросшие озера) и ериках (приток в пойме реки). Своевременный спуск отшнуровавшихся водоемов, из которых скатилась не вся молодь, или облов и перевозки мальков в реку, способствует сохранению и увеличению рыбных запасов.

Работы по спасению молоди проводят рыбодобывающие организации в межсезонный для промысла рыбы период (июнь-август). К выполнению этих работ широко привлекаются школьники.

Способы спасения молоди рыб зависят в основном от высотного расположения пойменного водоема по отношению к реке или протоке. Если отметка дна выше меченого горизонта воды в реке или протоке, вода из пойменных водоемов вместе с молодью может быть выпущена в основной водоем через канавы.

В тех случаях, когда водоем не может быть полностью спущен, либо расположен на значительном расстоянии от реки и требуется большие затраты сил и средств на его спуск, а количество задержавшейся молоди невелико, молодь спасают путем облова и перевозки. Существует комбинированный способ - спуск пойменного водоема по канаве до возможного предела с последующим обловом молоди в неспущенной части. Для проведения облова в пойменном водоеме его предварительно необходимо расчистить от растительности

Облов и перевозку молоди нужно проводить в утренние и вечерние часы, когда вода прохладнее и молодь лучше переносит перевозку. Во избежание травмирования и гибели молоди выпускать её в водоем нужно осторожно не допуская падения с большой высоты.

Учет молоди, спасенной путем спуска отшнуровавшегося водоема производят сплошным способом или по средним пробам. При этом определяют и видовой состав.

Молодь, спасенную при обловах учитывают следующим образом. Перед посадкой мальков в транспортную тару подсчитывают молодь в 2-3 ведрах, определяют видовой состав молоди. В дальнейшем посадку мальков в транспортную тару осуществляют с помощью ведра.

Общее число отловленных и перевезенных мальков определяют по количеству ведер. На работы по спасению молоди составляется акт, который подписывают те, кто спасал и районный инспектор рыбоохраны.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Что такое пассивная и активная акклиматизация?
2. Задачи рыбохозяйственной мелиорации.
3. Коренные и текущие мелиоративные работы
4. Способы улучшения качества воды и почвы.

Литература: [1-5, 9-14]

**ТЕМА 10. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ РЫБ ОТ ПОПАДАНИЯ В ВОДОЗАБОРНЫЕ СООРУЖЕНИЯ. СКАТ МОЛОДИ РЫБ, ПОВЕДЕНИЕ РЫБ В ПОТОКЕ ВОДЫ**

Покатные миграции молоди – важнейший этап жизненного цикла многих рыб. Они направлены на увеличение площадей нагула расселение вида и, в конечном итоге, на увеличение или поддержание численности на определенном уровне. Особое значение она имеет для проходных и полупроходных рыб. Покатная миграция наблюдается и у туводных рыб – она способствует пространственному распределению молоди в ареале обитания.

По характеру покатные перемещения рыб подразделяются на:

- пассивные, при которых рыбы сносятся течением в неориентированном по отношению к потоку состоянии;
- активные, когда рыба активно движется вниз по потоку;
- активно-пассивные, когда рыбы ориентированы головой против течения, слабо сопротивляясь ему, сносятся потоком.

Наиболее характерен для большинства рыб пассивный скат в состоянии предличинки, личинки и мальков. Активный и активно-пассивный скаты для малькового периода встречаются редко.

Распределение покатных рыб в потоке во времени и пространстве зависят от их вида, периода развития, времени суток, сезона и гидравлических характеристик потока. Скат молоди приурочен к сезону, в который происходит размножение рыб. Наиболее интенсивно он проявляется в весенне-летний период. В зависимости от термического и гидрологического режимов сроки покатной миграции могут значительно сдвигаться. В суточном цикле скат молоди происходит в основном в сумеречно-ночной период. В светлое время суток личинки и мальки проявляют реореакцию (реакцию на течение). Поэтому обычно держится против течения.

Реореакция является основным поведенческим приспособлением по отношению к течению. Эта реакция врожденная и проявляется в том, что находясь в потоке воды, рыба, как правило, двигается против течения. Реореакция свойственна всем изученным рыбам независимо от их экологических особенностей. Реореакция у рыб проявляется уже в первые часы после выклева и лишь при воздействии определенных факторов (испуг, физиологическое состояние, скорости течения ниже пороговых и др.) реореакция может не проявляться или затормаживаться.

Основное биологическое значение реореакции заключается в том, что она способствует сохранению рыбами района их обитания и достижению жизненно важных районов, расположенных в верхних участках рек (нерестилищ). При отсутствии реореакции почти все речные рыбы были бы вынесены в море. Проявление реореакции связано со способностью рыб ориентироваться в потоке воды и сопротивляться существующим скоростям течения.

Способность рыб сопротивляться течению связана с их двигательной активностью и может быть охарактеризована тремя количественными показателями: пороговыми, критическими скоростями течения и плавательной способностью рыб в потоке воды. Пороговыми показателями называются минимальные скорости потока, при которых возникает реореакция. Критическая скорость течения – это минимальная скорость потока, при которой рыб сносит течением. Под плавательной способностью понимают способность рыб противостоять потоку или преодолевать его течение соответствующего периода времени.

У молоди большинства костистых рыб основным механизмом ориентации в потоке является зрительная (оптомоторная реакция), поэтому по мере снижения освещенности их реореакция ослабевает и сносится течением. В мутных потоках оптомоторная реакция рыб не проявляется и суточная динамика ската почти не связана с освещенностью.

В отличие от костистых рыб, у молоди осетровых ведущий механизм ориентации в потоке – тактильный (ощущение прикосновения), поэтому суточный цикл их ската мало зависит от освещенности и их отрыв от дна в большей степени связан с суточной ритмикой выклева предличинок и вертикальной миграцией кормовых организмов.

Таким образом, суточная динамика покатной миграции определяется в основном прекращением ориентации рыб в потоке (зрительной или тактильной) или невозможностью личинок сопротивляться существующим в реке скоростям течения.

Пространственное распределение покатной молоди зависит от вида рыб и степени их развития. У костистых рыб ранние личинки распределяются у поверхности, поздние в поверхностном горизонте и в толще, мальки – в толще и в придонном горизонте. То есть по мере роста молодь в большей степени предпочитает придонные горизонты.

Покатная молодь осетровых на весь период развития распределяется в основном в придонном 3-4 метровом горизонте.

Вертикальное распределение скатывающейся молоди зависит от её плавучести, фотореакции, вертикального распределения кормовых организмов и гидравлических особенностей потока. Последний фактор определяет также горизонтальное распределение рыб в потоке.

Значение временного и пространственного распределения покатной молоди позволяет использовать эти закономерности при заборе воды из рек на хозяйственные нужды и существенно сократить гибель рыбы.

Так, следует избегать забора воды вблизи нерестилищ и у вогнутого берега, на мелководьях, ограничивать работу водозаборов в ночное время; располагать оголовки водозаборов по глубине потока в зонах с наименьшей концентрацией рыбы.

Причины и закономерности попадания рыб в водозаборные сооружения.

В период ската большая часть молоди, да и взрослых рыб попадают в водозаборные сооружения. Какие же причины попадания рыбы в эти сооружения? Попадание молоди в водозаборные сооружения связано с одной стороны, с физической невозможностью сопротивляться течению, а с другой стороны – отсутствием условий для ориентации рыб в потоке и, в первую очередь, условий для зрительной ориентации.

Основной причиной попадания молоди в водозаборные сооружения является её пассивный снос потоком воды (пассивный тип попадания). Активное движение по течению (активный тип попадания) – встречается значительно реже (в основном наблюдается у лососевых), не носит систематического характера и по доли причиняемого ущерба незначителен.

Весной часто в водозаборные сооружения попадают и производители. Это связано в основном с их преднерестовым и посленерестовым состоянием, и в частности, покатной миграцией отнерестившихся производителей. В этот период у них ослабевает реореакция и плавательная способность резко снижается. Так, например, у леща после нереста критическая скорость равна всего лишь 0,3-0,5 м/сек, тогда как в норме она составляет 1,2

м/сек. При этом многие рыбы хотя и ориентированы против течения, сносятся даже при скорости 0,3 м/сек.

Суточная динамика и ритмика попадания молоди рыб в водозаборные сооружения зависит от закономерностей её ската и поведения в потоке воды.

Принципы защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения.

Академик Д.С. Павлов выделяет три принципа защиты рыб от попадания в водозаборные сооружения и зоны гидроузлов: экономический; поведенческий и физиологический.

Экологический принцип защиты предусматривает использование закономерностей, связанных с образом жизни (распределением, миграцией) и особенностями их попадания в водозаборные сооружения. Поведенческий принцип – использование поведенческих реакций на те или иные раздражители – свет, звук, электрополе и т. д.

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

Названным принципам защиты соответствуют три группы способ защиты под такими же названиями. Причем способы защиты, основанные на поведенческом принципе, относят к активным, а на экологическом и физическом принципам – пассивным.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Как готовят молодь на рыбозаводах к выпуску в естественные водоемы?
2. Методы снятия эффекта «одомашнивания».
3. Что такое адаптационные водоемы для выдерживания молоди перед выпуском?
4. Основные требования к выпуску проходных и полупроходных рыб.

Литература: [2-15]

## **ТЕМА 11. БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИНДУСТРИАЛЬНОГО РЫБОВОДСТВА**

Индустриальное рыбоводство – разведение и выращивание рыбы в небольших рыбоводных емкостях (бассейны, садки, установка оборотного водоснабжения, системы замкнутого водоиспользования) с применением пресной и морской воды, отличающиеся высокой интенсивностью и производительностью.

Индустриальное рыбоводство – новое направление рыбного хозяйства, которое имеет широкие перспективы развития. Технология индустриального рыбоводства основывается на выращивании рыбы при высокой плотности посадки путем создания благоприятных условий культивирования, кормления полноценными кормами, механизации и автоматизации всех производственных процессов и получении товарной продукции в течение круглого года.

О высокой производительности аквакультуры можно судить по следующим цифрам.

При пастбищной аквакультуре выход продукции – до 100 кг/га, экстенсивной форме прудового хозяйства – до 1 т/га, интенсивной форме прудового хозяйства – до 10 т/га и более в условиях индустриальной аквакультуры. При замкнутом цикле водообеспечения – дл 50-100 т/га.

При этом затраты природных ресурсов на 1 кг готовой продукции расходуется следующим образом:

- При пастбищном методе – 100 м<sup>2</sup> земли и 130 м<sup>3</sup> воды.
- При традиционном экстенсивном прудовом методе - 10м<sup>2</sup>земли, 10-20 м<sup>3</sup> воды.
- При интенсивном прудовом способе – 1 м<sup>2</sup> земли, 5-10 м<sup>3</sup> воды.
- В условиях индустриальной аквакультуры – 0,01 м<sup>2</sup> земли, 0,05 м<sup>3</sup> воды.

Как известно, пресноводная аквакультура включает в себя: нагульное (пастбищное) рыбоводство, прудовое рыбоводство и индустриальное рыбоводство. Индустриальное



рыбоводство состоит из бассейнового и садкового хозяйств, систем с оборотным водообеспечением (СОВ), живорыбных заводов для повторного использования и установок с замкнутым циклом (УЗВ).

Бассейновые хозяйства. Преимущества выращивания рыб в бассейнах:

1. Высокая плотность посадки благодаря интенсивному водообмену.
2. Компактное размещение бассейнов, экономия земельного фонда.
3. Постоянный визуальный контроль за выращиваемой рыбой, её состоянием.
4. Возможность оборотного водоснабжения
5. Хорошая промываемость, а следовательно слабое накопление илов, легкая очистка.
6. Отсутствие застойных зон.
7. Минимальные потери от хищников.
8. Благоприятные условия механизации и автоматизации облова и кормления.

Преимущества организации садковых хозяйств. Зародившись на базе традиционных форм ведения прудового хозяйства, садковое рыбоводство обладает рядом преимуществ, что делает перспективным выращивание рыбы в садках:

1. Садковое хозяйство можно располагать непосредственно в водоемах, в том числе комплексного назначения, что позволяет использовать одну и те же водные ресурсы как для рыбоводства, так и других отраслей народного хозяйства.
2. Не требуется изъятия значительных площадей земли из сельскохозяйственного оборота, так как выращивание рыбы происходит в садках непосредственно в водоемах. На берегу располагаются лишь подсобные помещения и жилые дома. Затраты на основные рыбоводные фонды и гидротехнические сооружения в садковых хозяйствах значительно меньше, чем в прудовых хозяйствах.
3. В отличие от бассейновых хозяйств при выращивании рыбы в садках не требуется принудительного водообмена и расхода энергии на перекачку воды. В садках за счет волнового перемешивания и движения большой массы рыбы создается пассивный водообмен, не требующий затрат труда и средств.
4. Садковые рыбоводные хозяйства на водохранилищах и озерах позволяют использовать кормовые ресурсы этих водоемов (малоценную рыбу, беспозвоночных и растения).
5. В садках создается такой же физико-химический режим как и в водоемах, в которых они установлены. Это дает возможность подбирать для разных видов рыб водоемы с благоприятными для них температурными и гидрохимическими режимами, что позволяет расширить по сравнению с прудами количество выращиваемых объектов за счет высокоценных рыб.
6. Садковые хозяйства могут располагаться вблизи или на территории крупных населенных пунктов и использовать преимущества последних (наличие подъездных путей, линии электропередач, обеспеченность рабочей силой и т. д.

Бассейновый и садковый способы выращивания в пресноводной аквакультуре широко применяются в озерах, водохранилищах и теплых водах ТЭС и АЭС. Наиболее перспективно садковое выращивание рыб, так как они быстрее сооружаются, чем хозяйства бассейнового типа, а их стоимость ниже, чем бассейнов.

Главные требования, которым должны отвечать объекты культивирования в садках следующие: быстро адаптироваться к ограниченному водному объему; активно потреблять и максимально использовать кормовые смеси; ускоренно расти и развиваться при плотной посадке и достигать а минимальные сроки планируемой массы тела.

Набор объектов садкового выращивания зависит от структуры водоема и гидрохимического состава его воды. Качество воды формируется благодаря взаимодействию комплекса фактора и экосистемой водоема.

Выбор водоема для успешного садкового выращивания имеет большое значение. Наиболее благоприятные условия для садкового содержания рыбы создаются в проточных

водоемах, где в садки приносится много кормовых организмов и быстро удаляются продукты метаболизма рыб (для карповых – 0,1-0,2 м/сек, для форели 1 м/сек.). В проточных водоемах плотность посадки рыбы в садках может быть выше, чем в непроточных. Высокая проточность обеспечивает смену воды в садках 4 раза в 1 час. Улучшает режим среды в садках и ветровое перемешивание воды.

Садки устанавливают в местах с наибольшими глубинами, чтобы отходы погружались на дно, откуда в результате стратификации вод они не могут выноситься в верхние слои водоема.

Садки устанавливают в водоемах с чистой водой. В загрязненной воде, к которой особенно чувствительна молодь рыб, взвеси затрудняют дыхание, вызывают снижение активности питания и роста, могут быть причиной гибели рыб.

Садковый метод выращивания более целесообразен по сравнению с другими методами в водоемах, которые трудно осушить или обловить и его можно успешно применять в водоемах, где много хищников.

Основными показателями, определяющими пригодность водоема для рыбоводных целей и подбор объектов культивирования является: глубина, течение, температура, содержание в воде кислорода, Рн, загрязненность, окисляемость, содержание диоксида углерода, нитратов, нитритов, аммонийных соединений сульфатов, хлоридов, а также удобство подъездов, возможность электроснабжения, наличие площадей для береговых сооружений. Подогретая вода должна быть свободна от перенасыщения растворами в ней газами, особенно от азота, насыщение которым не должно превышать 105%.

Вода, содержащая повышенные концентрации железа (до 3 мг/л), может быть пригодна для водоснабжения после её аэрации и отстаивания, а в отдельных случаях после фильтрации через песчано-гравийный фильтр.

При выращивании рыбы в установках с замкнутым водоснабжением особое внимание необходимо уделять очистке воды. Хорошо зарекомендовал биологический метод очистки воды от растворенных в воде метаболитов рыб и физические методы отделения взвешенных веществ.

В циркуляционных рыбоводных системах с биологической очисткой воды параметры среды нужно поддерживать в пределах, обеспечивающих оптимальный рост выращиваемых рыб и не влияющих отрицательно на микрофлору системы биологической очистки.

Наибольшую опасность для рыб представляет свободный аммиак  $\text{NH}_3$ , который токсичен для рыб. Количество этого вещества зависит от РН и температуры воды.

Количество взвешенных веществ в рыбоводных бассейнах не должно превышать 25 мг/л. Качество воды должно соответствовать действующим нормативам.

Скорость течения в районе установок садков для выращивания ремонт и содержания производителей и годовиков должна быть 0,1-0,2 м/сек., а форели не более 1 м/сек.

Водоем для рыбоводных целей должен удовлетворять следующим требованиям:

1. В местах установки садков грунты должны быть плотными, лучше песчано-каменистыми, проточность 0,1-0,5 м/сек. С целью избежания загрязнения водоема органическими веществами (остатками корма, экскрементами рыб) для размещения садков используют только одну тысячную часть площади водоема. Количество взвешенных веществ не должно превышать 25 мг/л.
2. Водоем, в котором размещается садковое хозяйство, по физико-химическим и биологическим свойствам должен оптимально удовлетворять физиологическим потребностям рыб.
3. Температура воды в водоеме для выращивания форели не должна превышать 20 С. При температуре 20-25 С в течение продолжительного времени выращивать форель в садках нельзя. Для выращивания карпа оптимальная температура в водоеме 25 – 28 С.

4. Содержание в воде кислорода для карпа должна быть не менее 5,5 мг/л, форели – 7 мг/л. При более низких концентрациях кислорода ухудшается поедаемость корма и снижается темп роста. Потребность форели в кислороде и кислородный баланс находятся в тесной связи с температурой воды. Недопустимо перенасыщение воды растворенными в ней газами, особенно азота (допустимое насыщение азота 105%).
5. Активная реакция среды РН – 7,0-7,5; следует избегать водоемов с сильным цветением воды, которое понижает содержание кислорода и повышает РН до 9 и более. Повышенное РН вызывает ожоги жабр и другие нарушения жизнедеятельности органов рыб.
6. Отсутствие загрязнения водоема ядовитыми веществами и бытовых предприятий (особенно сероводорода, NH<sub>3</sub>, повышенных концентраций F<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, гербицидами и другими ядохимикатами, применяемых в сельском и лесном хозяйстве).
7. Глубина воды в местах установок садков должна быть 3-4 м. Между дном садка и дном водоема допустимо минимальное расстояние - 1 м.

Рекомендуется устанавливать садки вдали от берегов и зарослей подводной растительности (не ближе 50 м от берега), где обычно концентрируются промежуточные хозяева ряда паразитов, свободноживущие стадии, а также кладки яиц. При выборе водоемов для целей рыбоводства обязателен ихтиопатологический контроль. Необходимо следить за санитарным состоянием садков, не допускать сильного их заиления и обрастания. Для лучшего использования искусственных кормов рыбами в садках при высоких плотностях их посадки частота кормления подращиваемых личинок, молоди и годовиков карпа должна быть не менее 12 раз в день, 2-х леток – не менее 20; а форели – 2 раза в день.

**Биологические основы морского рыбоводства.** В марикультуре можно выделить три основных вида хозяйств: пастбищное, нагульное (товарное) и полносистемное.

Пастбищное морское рыбоводство основывается на искусственном воспроизводстве различных рыб, выращивании молоди до жизнестойких стадий и возраста за счет потребления естественных кормовых ресурсов морских водоемов. При этом особо положительный эффект получают при акклиматизации новых объектов.

Нагульное товарное выращивание в морских условиях проводится в основном в садках. Садковые хозяйства имеют ряд преимуществ перед прудовыми:

1. Для их создания не требуется длительного времени и больших начальных капиталовложений.
2. Садки просты по конструкции и изготавливаются из широко применяемых в рыбной промышленности сетематериалов.
3. Постройка и установка садков осуществляется без применения сложных, дорогостоящих материалов.
4. Садковые хозяйства не занимают значительных земельных площадей.
5. Не используют пресную воду, которая в ряде районов становится всё более дефицитной.

Технология садкового выращивания рыб проста и во многом напоминает технологию выращивания рыб в прудовых хозяйствах. В связи с этим, морские садковые хозяйства могут быть созданы при рыбзаводах. Однако наиболее перспективными, по видимому, будут большие промышленные комплексы, включающие не только садковое, но и прибрежное бассейновое хозяйство. Такие товарные хозяйства могут быть оснащены новейшим оборудованием для кормления рыб, ухода за садками и бассейнами.

Развитие индустриальных методов в морском рыбоводстве позволит перейти от выращивания небольшого пока количества деликатесных рыб к массовому воспроизводству и товарному выращиванию радужной форели и других лососевых и осетровых рыб.

Нагульное морское рыбоводство – основано на выращивании рыбы до товарной массы с использованием посадочного материала, выращенного в данном хозяйстве или завезенного из других хозяйств. Выращивание осуществляют помимо садков также в бассейнах, в отчлененных от моря заливах, фиордах, лагунах и лиманах (лагунное или лиманное рыбоводство).

Отгораживание прилегающих к берегу акваторий морских заливов и лагун проводится с помощью нейлоновых или металлических полотен или ряжевых плотин. Ряжевая плотина – отгораживание с помощью бревна с задорами (ряжами) между ними, а для заполнения ряжей использованы крупные камни. Дамба такой конструкции не только защищает бассейн от разрушительного действия волн, но и хорошо пропускает воду (применяются на Балтийском море).

Пруды или бассейны обеспечиваются водой во время приливов и отливов. Если естественный водообмен не обеспечивает в прудах или бассейнах нормального кислородного режима, то для повышения содержания кислорода применяют аэрационные установки. Бассейновый метод позволяет использовать для рыбоводства засоленные прибрежные земли, которые не пригодны для сельского хозяйства.

Недостатком выращивания морских рыб в прудах, бассейнах и в ограниченных участках моря является слабая циркуляция воды и её постоянное взмучивание, наносы песка – особенно при штормах.

Лучшие условия для выращивания морских рыб обеспечиваются в садках различного типа (ставные, плавающие, закрепленные на буйях или понтонах, а также погруженные в штормоустойчивые садки). Садки обычно устанавливают в закрытых акваториях моря, где меньше влияние штормов, что улучшает их обслуживание, но при этом на закрытых акваториях моря должна быть достаточная циркуляция воды для поддержания нормального содержания кислорода в воде и выноса остатков корма, экскрементов рыб и продуктов метаболизма.

Выращивание рыбы в нагульных морских хозяйствах осуществляется с применением искусственных кормов, при постоянном контроле за состоянием среды, проведении профилактических и лечебных мероприятий. Нагульное морское хозяйство гораздо сложнее, чем пастбищное морское рыбоводство, так как рыбоводный процесс здесь длится более продолжительное время (от нескольких месяцев до нескольких лет) пока рыба не достигнет товарной массы.

Полносистемные морские рыбоводные хозяйства являются наиболее сложным типом хозяйств. В них содержат маточное стадо рыб, осуществляют контроль среды и управление его на всех этапах разведения и выращивания объектов. В этих хозяйствах необходимо проводить селекционно-племенные работы с маточными стадами.

Основные объекты выращивания в марикультуре. Основные требования, предъявляемые к рыбам для морского разведения или выращивания следующие:

- Целесообразность получения рыбопродукции и её высокое качество;
- Жизнестойкость и быстрый рост;
- Легкость получения потомства;
- Неприхотливость к пище и устойчивость к изменениям солености.

Наиболее соответствуют этим требованиям из рыб: осетровые (в особенности бестер), лососевые (в основном форель), кефали (прежде всего пиленгас), камбаловые, полосатый окунь. Эти группы рыб и являются основными объектами марикультуры.

В Азовско-Черноморском бассейне наиболее перспективными объектами для выращивания являются из рыб: пиленгас, камбала-глосса, камбала – калкан, полосатый окунь, бестер, из беспозвоночных мидии, устрицы, креветки.

Основными методами повышения рыбопродуктивности морских водоемов являются:

1. Акклиматизация и интродукция рыб и беспозвоночных животных с хозяйственно-полезными качествами.

2. Акклиматизация и интродукция пищевых организмов для их дальнейшего использования (мелкие ракообразные и др.) в хозяйствах, выращиваемыми гидробионтами.
3. Создание искусственных рифов.
4. Улучшение качества воды в товарных хозяйствах (путем фильтрации взвесей через песчано - гравийные фильтры, отстаивания воды, использования биологических методов очистки воды и т. д.)
5. Проведение мелиоративных работ. Направленных на улучшение нагула и условий естественного размножения выращиваемых гидробионтов.
6. Создание искусственных нерестилищ.
7. Исключение инвазионных заболеваний гидробионтов.

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Как выращивают рыб в бассейновых хозяйствах; их достоинства и недостатки?
2. Выращивание рыбы в садках.
3. Охарактеризуйте основные типы рыбоводных хозяйств, используемых в марикультуре.

Литература: [4-6, 15]

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная

1. Пономарев С.В. Фермерское рыбоводство / С.В. Пономарев, Л.Ю. Лагуткина - М.: Колос, 2008. - С. 161-187.
2. Практическая аквакультура: разработки ЮНЦ РАН и ММБИ КНЦ РАН / Г. Г. Матишов, Е. Н. Пономарева, Н. Г. Журавлева, В. А. Григорьев, В. А. Лужняк. - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. - 282 с.
3. Серпунин Г. Г. Искусственное воспроизводство рыб: учебник для студентов вузов / Г.Г. Серпунин - М.: Колос, 2010. - 253 с.
4. Хрусталеv Е.И. Марикультура. Методические указания к лабораторным работам для студентов высших учебных заведений, обучающихся по программе направления 110900.68 – Водные биоресурсы и аквакультура и специализации 110900.68.02 – Аквакультура / Е.И. Хрусталеv - Калининград: КГТУ, 2008. - 58 с.

### Дополнительная

5. Баклашова Т.А. Ихтиология / Баклашова Т.А. - М.: Пищевая промышленность, 1980. - 320 с.
6. Батухтина Н.Г. Биологические основы аквакультуры / Н.Г. Батухтина, Т.М. Курапова. – Калининград: Калининградский технический университет, 2003. - 73 с.
7. Бекашев К.А. Мировое рыболовство / К.А. Бекашев, В.Д. Сапронов - М.: Агропромиздат, 1990. - 288 с.
8. Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран / Л.С. Берг - М.-Л. Государственное издательство, 1923. - 467 с.
9. Берг Л.С. Избранные труды, т. V. - М.: Издательство АН СССР, 1962. - 927 с.
10. Бушуев В.П. Некоторые вопросы теории рыбоводства / В.П. Бушуев – Владивосток: Дальтехрыбвтуз, - 1988, 89 с.
11. Веселов Е.А. Определитель пресноводных рыб фауны СССР / Е.А. Веселов - М.: Просвещение, 1977. - 255 с.
12. Детлаф Т.А. Развитие осетровых рыб / Т.А. Детлаф, А.С. Гинзбург, О.И. Шмальгаузен – М.: Наука, 1981. - 224 с.
13. Иванов А.П. Рыбоводство в естественных водоёмах / А.П. Иванов.- М.: Агропромиздат, 1988. - 367 с.
14. Инструкция по разведению радужной форели. М.: ВНИИПРХ, 1985. - 255 с.
15. Казанчеев Е.Н. Рыбы Каспийского моря / Е.Н. Казанчеев - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. - 166 с.
16. Канидьев А.Н. Биологические основы искусственного разведения лососевых рыб / А.Н. Канидьев – М.: Легкая промышленность, 1984. - 216 с.
17. Карпевич А.Ф. Теория и практика акклиматизации водных организмов / А.Ф. Карпевич – М.: Пищ. пром-ть, 1975. - 404 с.
18. Катасонов В.Я. Селекция и племенное дело в рыбоводстве / В.Я. Катасонов, И.Б. Черфас – М.: «Агропромиздат», 1986. - 183 с.
19. Кауфман З.С. Эмбриология рыб / З.С. Кауфман - М.: Агропромиздат, 1990, - 272 с.
20. Коблицкая А.Ф. Определитель молоди пресноводных рыб / А.Ф. Коблицкая - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. - 254 с.
21. Козлов В.И. Справочник рыбовода / В.И. Козлов, Л.С. Абрамович - М.: Россельхозиздат, 1980. - 220 с.
22. Козлов В.И. Справочник фермера-рыбовода / В.И. Козлов - М.: ВНИРО, 1988. - 447 с.

23. Козлов В.И., Аквакультура / В.И. Козлов, А.Л. Никифоров-Никишин, А.Л. Бородин. – М.: МГУТУ, 2004. – 433 с.
24. Рыбы СССР / В.Д. Лебедев, В.Д. Спановская, К.А. Савваитова, Л.И. Соколов, Е.А. Цепкин - М.: Изд-во «Мысль», 1969. - 325 с.
25. Леманович Э.М. Темп роста и упитанность осетровых на морских пастбищах / Э.М. Леманович // Тр. ЦНИОРХ, 1972. - Т. 7. - С. 97-107.
26. Макеева А.П. Эмбриология рыб / А.П. Макеева - М.: Изд-во МГУ, 1992. - 216 с.
27. Мамонтов Ю.П. и др. Искусственное воспроизводство промысловых рыб во внутренних водоемах России / Ю.П. Мамонтов и др. - Санкт-Петербург: ГосНИОРХ, 2000. - 288 с.
28. Мильштейн В.В. Осетроводство / В.В. Мильштейн. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982. – 152 с..
29. Моисеев П.А. Ихтиология / П.А. Моисеев, Н.А. Азизова, И.И. Куранова - М.: Легкая и пищевая промышленность. 1981. - 381 с.
30. Никольский Г.В. Частная ихтиология / Г.В. Никольский -. М.: Высшая школа, 1971. - 405 с.
31. Павлов Д.С. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. – М.: Наука, 1979. - 120 с.
32. Остроумова И.Н. Биологические основы кормления рыб / И.Н. Остроумова – СПб, 2001. - 372 с.
33. Пономарев С.В., Гамыгин Е.А. и др. Технологии выращивания и кормления объектов Аквакультуры юга России. Астрахань: Нова. 2002. - 263 с.
34. 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.
35. Практикум по прудовому рыбоводству / В.Г. Саковская, З.П. Ворошила, В.С. Сыров, Е.И. Хрусталева - М.: ВО «Агропромиздат», 1991. - 175 с.
36. Привезенцев Ю.А. Рыбоводство / Ю.А. Привезенцев, В.А. Власов. – М.: Мир, 2004. – 456 с.
37. Рыжков Л.П. Морфофизиологические закономерности и трансформация вещества и энергии в раннем онтогенезе пресноводных лососевых рыб. Петрозаводск: Карелия, 1976. – 280 с.
38. Серпунин Г.Г. Биологические основы рыбоводства / Г.Г. Серпунин – Калининград: Изд-во КГТУ, 2003. - 163 с.
39. Серпунин Г.Г. Искусственное воспроизводство рыб / Г.Г. Серпунин - Калининград: Изд-во КГТУ, 2005.- 141 с.
40. Смирнов А.И. Биология, размножение и развитие Тихоокеанских лососей. – М.: МГУ, 1975. - 335 с.
41. Стеффенс В. Индустриальные методы выращивания рыбы. – М.: Агропромиздат, 1985. - 384 с.
42. Суховеров Ф.М. Прудовое рыбоводство / Ф.М. Суховеров, А.П. Сиверцов - М.: Пищевая промышленность, 1975. - 470 с.
43. Титарев Е.Ф. Индустриальное рыбоводство / Е.Ф. Титарев - Практикум, Московская область, п. Рыбное, 2005.- 295 с.
44. Уголев А.М. Пищеварительные процессы и адаптации у рыб / А.М. Уголев, В.В. Кузьмина - СПб, Гидрометиздат, 1993. - 238 с.
45. Федорченко В.И. Товарное рыбоводство/ В.И. Федорченко, Н.П. Новоженин, В.Ф. Зайцев – М.: Агропромиздат, 1992. - 207 с.
46. Черномашенцев А.И., Мильштейн В.В. Рыбоводство / А.И. Черномашенцев, В.В. Мильштейн - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 157 с.
47. Шерман І.М. Технологія виробництва продукції рибництва / І.М. Шерман, В.Г. Рилов - Київ: Вища освіта, 2005. - 348 с.

### Интернет ресурсы

- <http://fishbase.nrm.se> – База данных по ихтиофауне.
- <http://www.fao.org/> - Департамент по рыболовству Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН.
- <http://www.larvalbase.org> – База данных по личинкам рыб.
- <http://www.eti.uva.nl/> - База по таксономии и идентификации биологических видов.
- <http://research.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/> - База по систематике и таксономии рыб.
- <http://nature.ok.ru/> - Редкие и исчезающие животные России и зарубежья.
- <http://www.faunaeur.org/> - Фауна Европы.



Любовь Ивановна Булли, Виталий Александрович Будниченко

## БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ РЫБОВОДСТВА

Конспект лекций

для студентов направления подготовки 35.03.08

«Водные биоресурсы и аквакультура»

очной и заочной форм обучения

Тираж \_\_\_\_\_ экз. Подписано к печати \_\_\_\_\_

Заказ № \_\_\_\_\_. Объем 6,11 п.л.

ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический  
университет»

298309 г. Керчь, Орджоникидзе, 82