

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

Кафедра «Водные биоресурсы и марикультура»

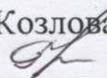
Козлова Г.В.

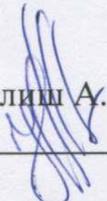
**ИСКУССТВЕННОЕ  
ВОСПРОИЗВОДСТВО РЫБ**

Методические указания  
по выполнению контрольной работы  
для студентов направления подготовки  
35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура  
заочной формы обучения

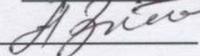
Керчь, 2016 г.

УДК 639.3.041.2

Составитель: Козлова Г.В., преподаватель кафедры ВБ и МК ФГБОУ ВО «КГМТУ» 

Рецензент: Кулиш А.В., канд. биол. наук, доцент кафедры ВБ и МК ФГБОУ ВО «КГМТУ» 

Методические указания рассмотрены и одобрены на заседании кафедры ВБ и МК ФГБОУ ВО «КГМТУ», протокол № 2 от 6 октября 2015 г.

Зав. кафедрой  А.П. Золотницкий

Методические указания утверждены и рекомендованы к публикации на заседании методической комиссии ТФ ФГБОУ ВО «КГМТУ», протокол № 10 от 06.05. 2016 г.

© ФГБОУ ВО «КГМТУ», 2016 г

## СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

ВВЕДЕНИЕ.....	4
РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ КУРСА.....	7
Тема 1. Теоретические основы разведения рыб.....	7
Тема 2. Разведение карпа и селекционная работа в рыбоводстве.....	11
Тема 3. Разведение рыб в естественных и искусственных условиях.....	21
Тема 4. Разведение карпа и растительноядных рыб в искусственных условиях.....	29
Тема 5. Разведение нетрадиционных объектов рыбоводства.....	34
ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНЫМ РАБОТАМ.....	36
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	43

## ВВЕДЕНИЕ

Методические указания к контрольной работе по дисциплине «Искусственное воспроизводство рыб» составлены в соответствии с учебным планом направления подготовки 35.03.08 «Водные биоресурсы и аквакультура».

Целью дисциплины «Искусственное воспроизводство рыб» является дать студентам необходимую теоретическую базу для практической работы в рыбоводстве.

Задачами дисциплины «Искусственное воспроизводство рыб» являются:

- обеспечение рационального воспроизводства рыбы на основе использования эффективных методов содержания, кормления и разведения;
- планирование и проведение научных исследований по воспроизводству объектов аквакультуры;
- изучение современного состояния и перспектив развития искусственного воспроизводства рыб;
- изучение структуры, типов рыбоводных заводов и нерестово-выростных хозяйств, их сооружений и оборудования.

В результате освоения дисциплины студент должен:

### **Знать:**

- периоды онтогенеза рыб;
- традиционные и генетические методы в селекции рыб;
- биологию, экологию и особенности промысла основных объектов рыболовства и рыбоводства;
- основы искусственного воспроизводства и товарного выращивания гидробионтов;
- достижения науки и техники, передовой отечественный и зарубежный опыт в биотехнике искусственного воспроизводства ценных промысловых рыб.

### **Уметь:**

- определять этапы эмбриогенеза;
- определять биологические параметры популяций гидробионтов;
- применять биотехнику выращивания карпа, форели, растительноядных и других рыб.

### **Владеть:**

- методами идентификации промысловых рыб и других гидробионтов;
- навыками выполнения технологических процессов при искусственном воспроизводстве и выращивании гидробионтов;
- навыками биологического обоснования технологической схемы искусственного воспроизводства и выращивания гидробионтов.

### **Знать:**

- закономерности эволюции живой природы;
- методы анализа и моделирования эволюционных процессов;
- роль эволюционной идеи в биологическом мировоззрении;
- основные понятия и термины, используемые в эволюционных теориях;
- основные теории эволюции, концепции видообразования;

- вклад отечественных учёных в теорию эволюции;
- механизмы появления и эволюции адаптаций;
- место генетики популяций в эволюционной теории.

**Уметь:**

- аргументировать современный эволюционный подход к изучению биологических процессов;
- систематизировать и классифицировать знания об эволюции органического мира;
- ориентироваться в современных методах исследования эволюционного процесса;
- использовать теоретические знания об эволюции органического мира при изучении специальных дисциплин;
- проводить оценку состояния популяций промысловых рыб и других гидробионтов, водных биоценозов, участвовать в разработке биологических обоснований оптимальных параметров промысла.

**Владеть:**

- способностью применять современные методы научных исследований в области водных биоресурсов и аквакультуры;
- способностью участвовать в обеспечении экологической безопасности рыбохозяйственных водоемов, процессов, объектов и продукции аквакультуры, управлении качеством выращиваемых объектов.

По плану заочного обучения на освоение дисциплины «Искусственное воспроизводство рыб» отводится 26 часов, из которых 12 часов – лекции и 14 часа – практические занятия. На самостоятельное изучение дисциплины отводится 118 часов.

В основу заданий контрольной работы положена самостоятельная проработка студентом всего учебного материала по рекомендуемой основной и дополнительной литературе.

Усвоив задание, в целях закрепления материала необходимо ответить на вопросы для самопроверки и только после этого приступить к выполнению контрольной работы. Студент должен выполнить одну контрольную работу и сдать ее на проверку на кафедру до начала экзаменационной сессии.

Рекомендуемый объем контрольной работы 15-20 страниц текста.

Текст должен быть оформлен на стандартных листах формата А4 (210×297 мм) при соблюдении следующих размеров полей: левое – 20 мм, нижнее и верхнее поле – 15-20 мм, правое – 10-15 мм. Текст документа следует печатать через 1-1,5 интервала, шрифт – 12-14 пунктов, Times New Roman.

Абзацный отступ должен быть одинаковым по всему тексту и равным пяти знакам (1,25 см), выравнивание текста – по ширине.

Все латинские названия в тексте работы выделяют курсивом. Сокращения слов и словосочетаний в документе - в соответствии с действующими стандартами по библиотечному и издательскому делу.

Страницы работы следует нумеровать арабскими цифрами, соблюдая сквозную нумерацию по всему тексту работы. Номер страницы проставляют в центре сверху или внизу страницы без точки в конце.

Титульный лист включают в общую нумерацию страниц работы. Номер на титульном листе и второй странице документа не ставится.

Заголовки структурных элементов работы и заголовки разделов следует располагать посередине строки и печатать прописными буквами без точки в конце, не подчеркивая. Заголовки подразделов, пунктов и подпунктов работы следует начинать с абзацного отступа и печатать строчными буквами, кроме первой прописной, не подчеркивая, без точки в конце.

Если заголовок состоит из двух или более предложений, их разделяют точкой. Переносы слов в заголовке раздела не допускаются. Не допускается размещать наименование раздела, подраздела, а также пункта и подпункта в нижней части страницы, если после него расположена только одна строка текста.

Небольшие иллюстрации (чертежи, рисунки, графики, схемы, диаграммы) следует располагать в документе непосредственно после текста, в котором они упоминаются впервые, или на следующей странице. Под каждым рисунком в тексте отмечается его номер и название (Рис. 1 ...). Таблицу обозначают перед ее началом (Таблица 1 ...). Крупные иллюстрации необходимо выносить в конец документа, оформляя их как Приложения (Приложение 1, 2, 3....). Иллюстрации и таблицы, расположенные на отдельных страницах, включают в общую нумерацию страниц документа.

Список использованной литературы включает полное библиографическое описание использованных источников и помещается после основной части работы перед приложениями. В списке использованной литературы приводятся все использованные при написании работы источники (книги, статьи, стандарты и т.д.).

Библиографическое описание использованной литературы размещаются в алфавитном порядке на языке оригинала, сведения об источниках, включенных в список, необходимо представить в соответствии с требованиями ГОСТ 7.1 – 2003 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Библиографическое описание. Общие требования и правила составления» и ГОСТ 7.80 – 2000 «Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Библиографическая запись. Заголовок. Общие требования и правила составления».

# РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКИХ ВОПРОСОВ КУРСА

## **Тема 1. Теоретические основы разведения рыб**

Развитие женских половых клеток (овогенез) и мужских половых клеток (сперматогенез) – длительный и сложный процесс. Каждая половая клетка, прежде чем она окончательно созреет, должна пройти в своем развитии ряд стадий.

Стадии зрелости половых желез можно определять при помощи разработанных для каждой группы рыб, так называемых шкал зрелости. О.Ф. Сакун и Н.А. Буцкая разработали две универсальные шкалы для промысловых групп рыб. Первая шкала отражает общий ход созревания половых продуктов у самок, а вторая - у самцов. Эти шкалы позволяют определять стадии зрелости половых желез по их внешнему виду и гистологическому строению. На основании этих 2-х шкал разработана единая универсальная шкала зрелости половых желез самок и самцов с кратким описанием овогенеза и сперматогенеза.

I-стадия – (ювенальная), неполовозрелые особи. Половые железы имеют вид тонких. В основном прозрачных тяжей, прилегающих к стенкам полости тела. Половые клетки у самок представлены или только оогониями, или оогониями и молодыми овоцитами периода протоплазматического роста. Половые клетки самцов представлены только сперматогониями.

II-я стадия – (стадия покоя) – созревающие особи или особи с развивающимися половыми продуктами после нереста. Яичники прозрачны и почти бесцветны. Вдоль них проходит крупный кровеносный сосуд, дающий боковые ответвления. При рассмотрении яичников через лупу хорошо различимы ооциты периода протоплазматического роста, составляющие основную массу половых клеток. Вокруг ооцитов закладывается слой фолликулярных клеток, образующихся из зародышевого эпителия яичников, их которых впоследствии формируется фолликулярная оболочка.

Наряду с ооцитами, прошедшими период протоплазматического роста, в яичниках присутствуют также оогонии и ооциты начальных фаз периода протоплазматического роста. Эти половые клетки представляют собой резервный фонд, который может быть использован организмом самки полициклических рыб (нерестящихся несколько раз в течение жизни) после будущего нереста в следующем цикле созревания половых продуктов.

Семенники имеют вид округлых тяжей или тонких лент сероватого или бело-розового цвета. Половые клетки у самцов представлены сперматогониями (самыми крупными мужскими половыми клетками) в состоянии размножения. В результате деления из каждой исходной сперматогонии образуется группа более мелких сперматогоний окруженной общей оболочкой. Такие группы мелких половых клеток носят название цист. В результате размножения сперматогоний семенники увеличиваются в размерах, теряют прозрачность и становятся мутными

III-я стадия (стадия созревания) – половые клетки хорошо развиты. Яичники занимают от трети до половины объема брюшной полости и содержат ооциты, видимые невооруженным глазом. Ооциты растут в основном за счет наполнения, а плазме питательных (трофических) веществ (гранул желтка и капель жира) и в меньшей степени за счет увеличения объема протоплазмы. Этот период в развитии ооцитов назван периодом трофоплазматического роста, или большого роста. Ооциты становятся непрозрачными, мутными и приобретают за счет жировых капель и гранул желтка окраску от светло-желтой с различными оттенками до ярко-оранжевой.

Соответственно изменяется и цвет яичников. У осетровых благодаря наполнению в поверхностном слое цитоплазмы мелких гранул буровато-черного пигмента ооциты приобретают характерную для них темную окраску. На этой стадии формируются оболочки ооцита – внутренняя – *zona radiata*, фолликулярная, и внешняя – соединительно-тканная. Над *zona radiata* у ооцитов многих рыб формируется еще наружная оболочка гомогенного или ворсинчатого строения. *Zona radiata* состоит из межклеточного вещества и пронизана канальцами, в которых располагаются микроворсинки ооцита.

Питательные вещества из отростков фолликулярных клеток поступают в межклеточное пространство, где они захватываются микроворсинками ооцита посредством пиноцетоза. Фолликулярная оболочка окружает ооцит и вместе с оболочкой *zona radiata* образуют фолликул. У рыб, икра которых после вымета развивается в толще воды, где возможность травмирования и гибели яиц от механических воздействий со стороны окружающей среды незначительная и требуется максимальное облегчение яиц для обеспечения хорошей их плавучести оболочки ооцитов представлены только *zona radiata* и в некоторых случаях сверху покрыты очень тонким гомогенным слоем.

У рыб, которые мечут икру на грунт или растения в придонных слоях воды, где вероятность повреждения от механического воздействия окружающей среды большая, ооциты, помимо *zona radiata* имеют наружную оболочку или же, вместо последней, выросты над *zona radiata*. Когда яйцо попадает в воду, наружная оболочка или выросты набухают, приобретает клейкость и является приспособлением для прикрепления яйца к субстрату.

На 3-й стадии зрелости в яичниках полициклических рыб помимо ооцитов трофоплазматического роста присутствуют и половые клетки резервного фонда, состоящего из оогоний и ооцитов протоплазматического роста.

Семенники на 3-й стадии зрелости значительно увеличиваются в объеме, они плотные и упругие. Цвет семенников в начале этой стадии – розовато-серый, а в конце – желтовато-белый. В начале стадии семенные канальцы заполнены цистами с делящимися сперматогониями, сперматоцитами 1-го и 2-го порядка. В конце стадии появляются группы зрелых сперматозоидов. Сперматозоиды неподвижны в спермальной жидкости и приобретают подвижность только в воде. Это самые мелкие клетки из всех исходных половых клеток, содержащихся в семенниках. Если разрезать семенники лезвием бритвы, то края разреза не оплывают, а остаются заостренными. В конце 3-й стадии зрелости семенников

лезвие бритвы остается чистым, а в конце её, в связи с появлением первых групп сперматозоидов содержатся беловатые следы спермы.

IV-я стадия (стадия зрелости). Яичники крупные, достигли или почти достигли полного развития и занимают большую часть полости тела. Их цвет обычно желтый с различными оттенками или оранжевый, а у осетровых – серый или почти черный в зависимости от степени пигментации ооцитов. В яичниках присутствуют ооциты, закончившие трофоплазматический рост и предназначенные для вымета во время предстоящего нереста. В яичниках полициклических рыб содержатся наряду с этими половыми клетками оогонии и ооциты протоплазматического роста, составляющие резервный фонд. В этот период ядро ооцита смещается к микропиле. Костистые рыбы имеют одно микропиле, у осетровых их несколько. В процессе смещения ядра в ооците, ядро и желток располагаются полярно. На одном полюсе (анимальном) находится ядро и основная масса цитоплазмы, на другом (вегетативном) – желток. Затем происходит слияние желтка с жиром и ооциты становятся прозрачными.

Семенники на 4-й стадии зрелости достигают наибольшей величины. Они имеют молочно-белый цвет. При разрезании семенника его края оплывают, закругляются и на срезе выступает капля густой спермы. При надавливании на брюшко рыбы из полового отверстия появляется капля спермы. В семенных канальцах семенников содержатся зрелые сперматозоиды, вышедшие из цист. Семенники содержат также и запасной фонд половых клеток, представленных сперматогониями.

V стадия (текущие половые продукты). При поднятии рыбы за голову или легком надавливании на их брюшко икра и сперма свободно вытекает из полового отверстия. В течение этой стадии завершается подготовка к оплодотворению. Фолликулы разрываются, и ооциты у большинства рыб выпадают в полость яичников, а у лососевых и осетровых рыб, имеющих незамкнутые яичники – в полость тела. Лопнувшие фолликулы остаются в яичниках, где они в дальнейшем рассасываются. Яичники полициклических рыб содержат, кроме лопнувших фолликул, также резервный фонд половых клеток.

В семенниках образуется семенная жидкость, которая сильно разрежает концентрацию сперматозоидов и вызывает их вытекание. Семенники мягкие на ощупь. По мере вытекания спермы размер семенников постепенно уменьшается.

VI – стадия (выбой). Половые продукты выметаны. Яичники небольшого размера, дряблые и воспаленные. Они часто имеют багрово-красный цвет от кровоизлияний, возникших при разрыве фолликул. Присутствующие в яичниках опустевшие фолликулы и оставшиеся не выметанными единичные зрелые икринки рассасываются (резорбируются). После этого в яичниках полициклических рыб остается лишь резерв незрелых половых клеток (находятся на II стадии зрелости), отсутствующий у моноциклических рыб. Семенники уменьшились в размерах сжались и имеют вид тонких тяжей. После этой стадии семенники полициклических рыб переходят во вторую стадию зрелости, так как содержащиеся в них сперматогонии вступают в период размножения и начинается новый половой цикл.

Данная шкала стадий зрелости половых желез может быть использована при анализе рыб с единовременным нерестом. У рыб с порционным икрометанием (многие карповые, некоторые сельди и окуневые) самки мечут икру несколько раз в год. У этих рыб ооциты предназначены для вымета в данном году, созревают не одновременно. Асинхронность развития ооцитов проявляется в период трофоплазматического роста (на III стадии зрелости яичников). При переходе в IV стадию зрелости все ооциты одновременно завершают трофоплазматический рост. Поэтому после вымета самкой первой порции икры яичник переходит в VI а в III стадию зрелости, которую принято обозначать III<sub>2</sub> и VI-III. На этой стадии в яичниках присутствуют лопнувшие фолликулы и ооциты трофоплазматического роста. После вымета самкой второй порции икры яичник переходит в III<sub>3</sub> стадию зрелости. Такая смена стадий зрелости яичников продолжается до момента вымета самкой всех порций икры, когда яичники переходят в VI стадию зрелости. Самцы выметывают сперму обычно порционно. Сперматогенез продолжается во время нереста, поэтому стадии зрелости семенников меняются.

В течение жизни рыб можно выделить большие отрезки в развитии – периоды, характеризующиеся определенными качествами. Все периоды делятся на более мелкие части – этапы, внутри которых происходят количественные изменения. При переходе на следующий этап развития происходят скачкообразные качественные изменения. Этапы состоят из стадий, т. е. Моментов в развитии (например, стадия 2 бластомеров)

У рыб выделяют 7 периодов:

1. Эмбриональный - от оплодотворения до выклева, развитие идет внутри икринки;
2. Предличиночный – с момента выклева до перехода на смешанное питание;
3. Личиночный – с начала смешанного питания до полного перехода на внешнее питание;
4. Мальковый – до момента, когда молодь приобретает все морфологические характеристики взрослых особей;
5. Ювенальный – до начала функционирования половых желез;
6. Зрелость – отрезок времени, когда организм активно продуцирует половые клетки;
7. Старость – угасание половой функции.

I. Эмбриональный период начинается с момента оплодотворения – слияния 2-х половых клеток: сперматозоида и икринки.

Эмбриональный период делится на 5 этапов.

1. Оплодотворение.
2. Дробление.
3. Гастроула.
4. Развитие эмбриона от конца гастроулы до начала пульсации сердца.
5. Развитие эмбриона от начала пульсации сердца до вылупления. II.

### **Вопросы для самостоятельного изучения:**

1. Основные этапы в истории развития рыбоводства и искусственного воспроизводства рыб.
2. Воспроизводительная система круглоротых.
3. Этапы эволюции развития воспроизводительной системы у самок рыб (круглоротые-хрящевые-лососевые-осетровые-костистые).
4. Этапы эволюции развития воспроизводительной системы у самцов рыб (круглоротые-хрящевые-лососевые-осетровые-костистые).

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какой вклад в искусственное воспроизводство рыб внесли такие ученые как С.Л. Якоби, Ж.В. Коста.
2. Какой вклад в искусственное воспроизводство рыб внесли такие ученые как: В.П. Врасский, М.Л. Гербильский.
3. Каковы основные задачи и проблемы современного рыбоводства.
4. Охарактеризуйте овогенез рыб на различных стадиях зрелости.
5. Охарактеризуйте сперматогенез рыб на различных стадиях зрелости.
6. В чем заключается принципиальное отличие овогенеза у полициклических рыб с единовременным и порционным икрометанием?
7. Как обозначаются стадии зрелости половых желез у самок после вымета первой, второй и третьей порции.
8. Дать характеристику основных этапов эмбрионального развития карпа.
9. Дать характеристику личиночного и малькового периодов развития карпа.
10. Дать характеристику периода, этапа, стадии.
11. Дать общую характеристику критических стадий эмбриогенеза.
12. Дать характеристику основных этапов эмбриогенеза осетров
13. Дать характеристику малькового периода развития осетровых рыб.
14. Дать характеристику основных этапов развития растительноядных рыб.

Литература: [1; 2; 3; 7]

## **Тема 2. Разведение карпа и селекционная работа в рыбоводстве**

Порода – это достаточно многочисленная группа животных одного вида, сложившаяся под влиянием направленной деятельности человека в конкретных условиях и характеризующаяся определенными физиологическими и морфологическими свойствами: типом конституции, экстерьером, продуктивностью, которые стойко передаются по наследству.

Порода имеет относительно устойчивую генетическую структуру.

Фактор изоляции и направленный отбор приводят к повышению уровня гомозиготизации, но лишь до определенного предела. Только гетерозиготность обеспечивает возможность дальнейшей селекции. Каждая порода создается для определенной технологии разведения и выращивания, а также для определенной климатической зоны. Например, карп «Алтайский зеркальный» создан для

природных и экологических условий Западной Сибири – короткое лето и суровая продолжительная зима. Данная порода имеет высокую выживаемость при зимовке.

Татайский карп (г. Таты Венгрия), одна из старейших пород Венгрии, история которой известна с 19 века, включен в генетическую коллекцию Венгрии. Имеют низкую жирность филе и отличается повышенной продуктивностью (25 ц/га). Универсальные породы отсутствуют (нельзя быть приспособленным ко всему).

Одна из важнейших характеристик породы - ее численность. Это важно для предотвращения инбридинга. Также характеристикой породы является ее гетерогенность. Порода должна быть достаточно пластичной, что обеспечивается формированием внутривидовой структуры: расчленение ее на внутривидовые типы, отводки и линии.

Внутривидовые типы - внутривидовые группы, имеющие основные признаки породы, но отличающиеся друг от друга по некоторым хозяйственно-ценным признакам и биологическим особенностям.

Породная группа – племенная группа, прошедшая несколько поколений селекции, но еще недостаточно сложившаяся для признания ее в качестве породы.

Порода рыб может быть однородна или может состоять из нескольких параллельно селекционируемых групп разного происхождения, называемых отводками.

Экологические (зональные) типы предполагают экологическое расчленение породы. Экологические типы имеют общее происхождение и отличаются друг от друга в основном по приспособленности к специфическим условиям конкретных зон. Отводками в рыбоводстве называют генетические обособленные племенные группы внутри породы. В качестве исходного материала для отводок используют существующие породы, породные группы или беспородные (чаще всего аборигенные) популяции, а так же их помеси. Внутривидовые отводки могут отличаться друг от друга по комплексу морфологических признаков, чешуйному покрову, окраске, экстерьерным показателям т.п. В связи с общим направлением селекции и сходными условиями выращивания отводки обычно сходны по важнейшим хозяйственно ценным свойствам, характерным для породы в целом или для определенного внутривидового типа.

Каждую отводку воспроизводят отдельно и поддерживают в «чистоте». Вследствие репродуктивной изоляции отводки существенно отличаются по генетической структуре и благодаря этому дают эффект гетерозиса при скрещивании друг с другом.

Линией в рыбоводстве называют группу рыб, имеющих общее происхождение и характеризующихся сравнительно высокой степенью инбридинга. Линиями называют так же группы рыб, создаваемых на основе расчленения племенных отводок. В этом случае линия означает наиболее мелкую внутривидовую структурную единицу.

Например, на базе одной отводки могут закладываться линии, различающиеся по чешуйному покрову, окраске и т.п. Например, есть линии с

белой окраской, черные мозаичные карпы, есть линия «белый металлик» - ранее не встречавшийся тип окраски, выраженный металлический блеск чешуи, кожи головы, и плавников, связанный с интенсивным развитием в поверхностном слое кожи пигментных клеток гуанофоров.

Иногда закладываются линии с применением специальных методов: например с помощью индуцированного мутагенеза (мутагенные линии) и индуцированного гиногенеза (гиногенетические линии).

Семьей в рыбоводстве называют потомства пары или одного гнезда (одна самка и два самца) производителей. В случае парных скрещиваний все особи в потомстве являются братьями и сестрами (сибсы). Иногда семью получают от скрещивания одной самки с несколькими самцами и, наоборот, спермой от одного самца осеменяют икру от нескольких самок. В этом случае семья представлена сибсами и полусибсами.

В зависимости от способа оценки животных используют такие методы отбора как массовый (групповой), индивидуальный и комбинированный. В рыбоводстве широко используют первый из них.

Массовый отбор - это отбор и сохранение на племя группы особей, лучших по тем признакам, которые являются целью селекции. При массовом отборе не учитывается генотип отобранных особей, что делает высокой вероятность ошибочного выбора.

Основными признаками при массовом отборе являются:

- скорость роста (учитывают массу и размеры рыб);
- конституция (экстерьер, физиологические и биохимические показатели);
- устойчивость к неблагоприятным факторам внешней среды и возбудителям заболеваний;
- репродуктивные показатели.

Отбор по скорости роста тесно связан с продуктивностью, поскольку именно скорость роста, наряду с выживаемостью, определяют выход продукции с единицы площади за период выращивания. При отборе по скорости роста необходимо учитывать следующие особенности:

1. Наиболее интенсивно рыбы растут до начала полового созревания, в последующем рост существенно замедляется. Поскольку самцы созревают раньше самок, они, как правило, имеют меньшие размеры;

2. Скорость роста сильно подвержена влиянию факторов внешней среды, что часто приводит к значительным различиям в массе у особей одного происхождения и возраста.

3. Скорость роста относится к признакам с относительно низкой наследуемостью (менее 0,2), что определяет низкую эффективность отбора по этому признаку.

4. Так как при совместно выращивании разновозрастных рыб крупные особи угнетают рост более мелких, точная оценка по скорости роста может быть дана только при их отдельном выращивании.

5. Вариация массы тела рыб в популяции с возрастом уменьшается (в популяции мальков коэффициент вариации составляет 40-50%, сеголетков - 20-

30%, двухлетков 10-15%), трехлетков 12-15%), более старших возрастных групп - в пределах 10%).

Массовый отбор животных по конституции (экстерьеру) должен сопровождать селекцию по всем хозяйственно-полезным признакам, поскольку односторонний отбор только по продуктивным показателям может привести к снижению жизнеспособности селекционируемого материала. Большое значение в оценке экстерьера имеют экстерьерные индексы, рассчитываемые как отношение различных частей к общей длине тела рыбы и друг к другу.

Для различных пород и породных групп приняты стандарты по индексам телосложения, отклонение от которых недопустимо, поскольку может привести к ухудшению физиологического состояния организма и снижению жизнеспособности. Для определения индексов необходимо определить массу тела рыбы  $P$  (в граммах), длину тела  $Z$ , максимальную высоту тела  $H$ , максимальную толщину тела  $Vr$ , наибольший обхват тела  $O$  (в сантиметрах). Для взятия промеров пользуются бонитировочной доской и мерной лентой.

По данным взвешиваний и измерений рассчитывают селекционные индексы. Наиболее часто при отборе пользуются следующими индексами телосложения рыб:

- коэффициент упитанности  $K_u$ , определяемый как отношение массы тела, умноженной на 100 к длине тела (в см.) в третьей степени;
- индекс прогонистости  $L/H$ ;
- индекс обхвата тела  $O/L$  (в %);
- относительную толщину  $Vr/L$  (в %).

Массовый отбор по жизнеспособности и резистентности к заболеваниям. Жизнеспособность животных, в том числе и рыб, при доместикации снижается. Так, в идентичных условиях карп имеет более низкую выживаемость, чем сазан. Породные карпы менее устойчивы к воздействию неблагоприятных факторов, чем беспородные. Снижение жизнеспособности отселекционированных карпов частично компенсируют созданием оптимальных условий выращивания.

Жизнеспособность и резистентность к заболеваниям может быть повышена за счет селекции по этим признакам. Отбор по жизнеспособности и резистентности к заболеваниям целесообразно проводить на, так называемом "провокационном фоне", то есть искусственно усиливать действие неблагоприятных факторов, вводить возбудителей заболевания и т.п. При отборе по жизнеспособности необходимо учитывать корреляцию с другими хозяйственно полезными признаками. Это позволяет повысить эффективность селекции и избежать негативных последствий одностороннего отбора.

Массовый отбор по репродуктивным показателям. При отборе по репродуктивным признакам обращают внимание на такие признаки как плодовитость, скорость полового созревания, сроки нереста и приспособленность к заводскому способу получения личинок. В селекции рыб широко используют коэффициент зрелости, выражаемый процентным отношением массы гонад к общей массе тела. Коэффициент зрелости созревших рыб коррелирует с плодовитостью и является важным селекционным признаком. Плодовитость

характеризуются широкой изменчивостью. Коэффициент вариации рабочей плодовитости, относительной плодовитости и коэффициент зрелости у карпа составляет 30% и более, у белого толстолобика - до 50%, пестрого - до 30%.

Большое значение имеют качественные характеристики половых продуктов. У самок учитывают размер икринок, степень зрелости, оплодотворяемость и выживаемость, у самцов - концентрацию спермиев в 1 мл спермы и их активность, а также оплодотворяющую способность спермы.

Скорость полового созревания имеет большое значение при работе с поздно созревающими рыбами (осетровые и растительноядные). В ряде случаев отбор по скорости созревания особей актуален и для карпа. Так в северных районах половое созревание карпа наступает поздно, вследствие чего возникает необходимость селекции на более раннее созревание. В южных районах и при выращивании на теплых водах часто возникает необходимость отдалить наступление полового созревания, поскольку при переходе яичников в III фазу зрелости отмечается значительное снижение темпов роста рыб.

Селекция на приспособленность к заводскому способу воспроизводства направлена на повышение стрессоустойчивости рыб, синхронизации созревания, положительную реакцию на стимуляцию гонадотропными гормонами, а также на повышение показателей жизнеспособности икры и молоди в условиях инкубационных цехов. В связи с простотой контроля перечисленных признаков при заводском способе воспроизводства отбор по ним не представляет большой сложности.

Индивидуальный отбор (отбор по родственникам), в отличие от массового отбора является, в основном, отбором по генотипу. При проведении такого отбора на племя оставляют особей, продуктивность которых определена по качеству их родственников. На практике применяют две формы индивидуального отбора:

- 1) семейную селекцию;
- 2) оценку производителей по потомству.

Широко применяемый в животноводстве метод оценки по происхождению, т.е. продуктивности родственников по восходящей линии (отец, мать и т.д.), в рыбководстве неприемлем, поскольку родословные для рыб обычно не ведутся.

Индивидуальный отбор наиболее эффективен на поздних этапах селекции, при снижении генетической изменчивости признака (достижении селекционного плато). Однако на ранних этапах селекции индивидуальный отбор из-за более низкой интенсивности может оказаться менее эффективным, чем массовый отбор.

При проведении первой формы индивидуального отбора - семейной селекции потомство от нескольких пар производителей (гнезд) выращивают в сходных условиях, отбирая лучшие из них для дальнейшего разведения.

Выращивание рыб разных семейств можно проводить как отдельно, так и совместно, при условии мечения. Каждый из способов имеет преимущества и недостатки. Так, при отдельном выращивании требуется большое количество прудов (садов), что представляет значительные трудности. При совместном выращивании весьма проблематично провести мечение большого числа рыб разных семейств.

При осуществлении семейной селекции в рыбоводстве необходимо придерживаться следующих правил.

1. Выращивание производителей, из которых формируются гнезда необходимо проводить в сходных условиях, обеспечивающих их созревание.

2. Скрещивания для получения оцениваемых семейств необходимо проводить одновременно.

3. Использование искусственного осеменения икры, создание идентичных условий инкубации икры (содержание кислорода в воде, температура, освещенность, водообмен).

4. Производить выращивание рыб оцениваемых семейств в условиях, близких к производственным, с одинаковой плотностью посадки.

5. Создавать хорошую кормовую базу, позволяющую максимально ослаблять пищевую конкуренцию

6. При раздельном выращивании необходимо повторять опыты 3 -4 раза, поскольку изменчивость условий выращивания в подавляющем большинстве случаев превышает генетическую изменчивость семейств.

7. При совместном выращивании рыб разных семейств необходимо уравнивание их массы при посадке и применять поправочные коэффициенты при интерпретации результатов.

8. Оценку продуктивных показателей семейств необходимо производить после исчезновения у них материнского эффекта - влияние условий содержания самок на их потомство (для карпа - в конце первого года жизни).

9. Отбор лучших семейств необходимо проводить в возрасте достижения рыбами товарной массы.

Вторая форма индивидуального отбора - оценка производителей по потомству - в рыбоводстве впервые применена А.И. Куземы при селекции украинского карпа и более детально разработана В.С. Кирпичниковым и А. Г. Ненашевым.

Проверка качества производителей по потомству проводится различными способами. Наиболее простым является сравнение потомств, полученных от разных гнезд (пар) производителей. В этом случае оцениваются не сами производители, а их сочетания - отбор на общую комбинационную изменчивость. Часто применяется упрощенные диаллельные скрещивания, при котором самцы или самки скрещиваются с одним или двумя представителями другого пола. Диаллельное скрещивание позволяет выбрать лучших представителей каждого пола. Для объективности оценки производителей необходимо осуществлять совместное выращивание сравниваемых семейств с многократной повторностью и внесением поправок на разницу в исходной массе. Оценку потомства можно производить по отдельным хозяйственно-полезным признакам, либо использовать систему индексов.

Гибридизация находит широкое применение в рыбоводстве благодаря легкой скрещиваемости рыб в пределах семейства, использованию искусственного осеменения при заводском разведении, а также большой, по

сравнению с сельскохозяйственными животными, плодовитость рыб, что позволяет получать гибриды в массовом количестве.

К преимуществам гибридных форм относятся также стерильность, способствующая сохранению высокого темпа роста в течение длительного периода, приспособленность к выращиванию в индустриальных и пастбищных хозяйствах и высокая жизнестойкость при жизненных стрессах. Выделяют основные предпосылки использования гибридов:

а) возможность сочетания в гибриде желательных качеств двух или нескольких видов, например большой потенции роста проходных видов с приспособленностью к пресным водам, скороспелостью и высокими вкусовыми качествами;

б) деспециализация, разрушение консервативных адаптаций вида и, как следствие этого, - повышение пластичности гибридов, увеличение их приспособленности к необычным условиям среды;

в) увеличение доли генотипической изменчивости при гибридизации, и в результате повышение эффективности селекционных работ;

г) использование гетерозисного эффекта, т.е. способности гибридов первого поколения превосходить по жизнестойкости, плодовитости и другим признакам лучшие из родительских форм.

Создание гибридных форм ставит задачу их приспособленности к новым, иногда далеким от природных условиям жизни, в частности к условиям "стойлового" (садкового, бассейнового и аквариумного) содержания.

Гибридизация происходит как между видами, так и между разными родами. Гибриды спонтанно возникают в природе благодаря смежности или общности нерестилищ у некоторых видов, при синхронном икрометании.

В эмбрионально - личиночном развитии всех изученных гибридов сочетаются признаки обоих родителей и часто наблюдается промежуточное наследование некоторых признаков. Наиболее четко промежуточное наследование выражено в количестве туловищных сегментов, которые у гибридов больше, чем у родителей с малым числом, и меньше, чем у родителей с большим числом. Кариологический анализ показал, что гибриды обладают примерно промежуточным числом хромосом по сравнению с родительскими. Величина ядер в плавниковой кайме гибридов оказалась достоверно меньшей, чем у родителей. То есть наследование средних значений происходит не по всем признакам.

Также существуют современные методы селекции рыб.

Индукцированный мутагенез - способ повышения генетической изменчивости за счет возникновения мутаций при обработке гамет мутагенами физической (ионизирующее и ультрафиолетовое излучение) или химической (нитрозозетилмочевина, диметилсульфат и др.) природы. В качестве мутагенов в селекции рыб целесообразно применять алкилирующие соединения и ультрафиолетовое излучение, поскольку они индуцируют в основном генные мутации. Использование ионизирующих излучений приводит к образованию хромосомных перестроек, обуславливающих значительное (до 100%) снижение

жизнеспособности и появление большого числа уродств и аномалий. Поэтому оно не нашло применения в селекции рыб.

Для получения мутагенного потомства икру осеменяют спермой, обработанной мутагенами. Впервые попытка использования индуцированного мутагенеза была сделана при селекции краснодарского карпа. Химический мутагенез был также использован в селекции казахстанского карпа, что позволило значительно увеличить селекционный дифференциал и повысить эффективность отбора.

Использование индуцированного мутагенеза особенно актуально при снижении генетической изменчивости селекционируемого материала, когда применение традиционных методов селекции малоэффективно.

Индуцированный мутагенез - способ повышения генетической изменчивости за счет возникновения мутаций при обработке гамет мутагенами физической (ионизирующее и ультрафиолетовое излучение) или химической (нитрозоэтилмочевина, диметилсульфат и др.) природы.

Гормональная и генетическая регуляция пола является перспективным направлением в рыбоводстве, поскольку самцы и самки часто представляют разную хозяйственную ценность. Так у осетровых и лососевых рыб самки продуцируют высокоценный пищевой продукт - черную и красную икру, в карповодстве южных районов самки на 10-20 % крупнее самцов, вследствие более раннего созревания последних и, соответственно, снижения темпов их роста.

Наиболее простым способом получения однополо-женских потомств является переопределение пола при действии на генотипических самцов женскими половыми гормонами - эстрогенами. Существенным недостатком этого метода является необходимость обработки гормонами очень большого числа рыб. Это сложно выполнять в промышленном рыбоводстве.

Более перспективной является генетическая регуляция пола, при которой интактные самки скрещиваются с инвертированными гормональным воздействием самцами. При этом отпадает необходимость обработки гормонами большого числа рыб, необходимо иметь небольшое число инвертированных самцов, используя их в качестве производителей.

Для получения инвертированных самцов генотипических самок обрабатывают мужскими половыми гормонами - андрогенами до начала цитологической дифференцировки пола. При обработке андрогенами двуполых потомств возникает необходимость разделения обычных самцов (XY) и инвертированных (XX). С этой целью ставят анализирующие скрещивания с обычными самками. Обычные самцы в этом случае дают обоеполое потомство. Инвертированные самцы производят потомство, состоящее только из самок. При использовании в качестве исходного материала однополого женского потомства, полученного методом индуцированного гиногенеза, необходимость в анализирующем скрещивании отпадает.

Регуляция пола у рыб может быть использована для решения разных селекционных и рыбохозяйственных задач. В первую очередь методы регуляции пола разрабатываются для получения особей какого-либо одного желаемого пола,

представители которого имеют преимущественную хозяйственную ценность. У большей части объектов рыбоводства преимущество при товарном выращивании имеют самки, поскольку они позднее созревают и в связи с этим лучше, чем самцы, растут. Проблема получения однополо-женских потомств особенно актуальна для лососевых и осетровых рыб, самки которых продуцируют деликатесный пищевой продукт - красную и черную икру. Выращивание однополых потомств предотвращает бесконтрольный нерест производителей и тем самым обеспечивает возможность регуляции численности рыб.

Гиногенез - это форма полового размножения организмов, при которой сперматозоид, проникая в яйцеклетку, стимулирует её развитие, но его ядро не сливается с ядром яйца и не участвует в последующем развитии зародыша. Это процесс называют ложным оплодотворением - псевдогамией. По этой причине иногда гиногенез рассматривают как одну из форм партеногенеза.

Естественный гиногенез обнаружен у некоторых нематод, костистых рыб, земноводных и многих видов покрытосеменных растений. Иногда в гиногенетических популяциях самцы не известны и яйца осеменяются спермой других видов (например, икра карася молоками щуки).

Под индуцированным гиногенезом понимают получение гиногенетических потомств у видов рыб, размножающихся обычным половым путем. Принципиальная возможность решения такой задачи была показана еще в 1913 г. немецким исследователем К. Опперманом в опытах с радужной форелью. Систематические исследования по индуцированному гиногенезу как методу селекции рыб были начаты в конце 50-х и начале 60-х годов под руководством К.А. Головинской и Д.Д. Ромашова. К настоящему времени гиногенетические потомства получены и исследованы у многих видов рыб: карпа, белого амура, белого толстолобика, радужной форели, нескольких видов камбал, тилапий, двух видов индийских карпов и других рыб.

Гиногенез используют для получения строго гомозиготных организмов, а также особей одного, обычно женского, пола. В рыбоводстве для получения высокоинбредных линий, предназначенных для промышленной гибридизации, применяется индуцированный гиногенез.

При получении диплоидных гиногенетических самок необходимо решить две задачи: как генетически инактивировать мужские хромосомы и как обойти редукцию хромосомного комплекса.

Для инактивации мужских хромосом сперму обрабатывают высокими дозами мутагенов. С этой целью сперму облучают  $\gamma$ -, X-, и ультрафиолетовыми лучами (радиационный гиногенез), реже обрабатывают химическими веществами (химический гиногенез). При этом подбираются такие дозы мутагенов, при которых мужские хромосомы оказываются полностью разрушенными, но спермий сохраняет способность проникать в яйцеклетку и активировать ее.

Для диплоидизации женского набора хромосом используют чаще всего воздействие на икру низкими или высокими сублетальными температурами (температурный шок). Это воздействие проводят до осеменения (стадия метафазы

II), вскоре после осеменения (стадия анафазы II) или в период первого деления дробления зародыша.

С помощью гиногенеза можно решить такие важные вопросы, как определение степени паратипической изменчивости, точная оценка величины инбредной депрессии у рыб, быстрое выявление и анализ наследования рецессивных генов и др.

В селекции индуцированный гиногенез используется, прежде всего, для ускоренного получения инбредных линий с целью последующей промышленной гибридизации на получение эффекта гетерозиса.

Андрогенез - это такая форма размножения организмов, при которой в развитии зародыша участвует мужское ядро, привнесённое в яйцо сперматозоидом, а женское не участвует. Явление андрогенеза используют при исследовании роли ядра в наследственности, изучения ядерно-цитоплазматического взаимодействия, для получения строго гомозиготных организмов, а также животных одного пола. Андрогенез представляет особый интерес в связи с проблемой сохранения генофондов исчезающих видов рыб. Сохранить редкие и исчезающие виды рыб можно при осеменении криоконсервированной спермой исчезающего вида инактивированных яйцеклеток самок близкого вида и удвоении мужских хромосом.

Андрогенез, как и гиногенез можно использовать при создании клонов рыб и для получения высокоинбредных самцов без применения гормональной инверсии пола. В настоящее время получены андрогенетические потомства у радужной форели, карпа и некоторых других видов рыб.

#### **Вопросы для самостоятельного изучения:**

1. Основные породы карпа, используемые в рыбоводстве.
2. Методы индивидуального отбора в рыбоводстве.
3. Методы массового отбора в рыбоводстве.
4. Основные направления массового отбора в селекции рыб.
5. Основные формы индивидуального отбора, применяемые в селекции рыб.
6. Методика и цель применения искусственного мутагенеза в рыбоводстве?

#### **Вопросы для самоконтроля:**

- 1 Охарактеризуйте основные породы карпа, используемые в рыбоводстве.
- 2 Охарактеризуйте такие группы как породная группа и линия.
- 3 Что представляют собой экологические типы?
- 4 Каковы основные направления селекции карпа?
- 5 Какова методика проведения искусственного гиногенеза у рыб?
- 6 С какой целью при искусственном воспроизводстве используют искусственный гиногенез?
- 7 Какова методика проведения андрогенеза?

- 8 С какой целью используют андрогенез при искусственном воспроизводстве рыб
- 9 Для каких рыбохозяйственных задач используется регуляция пола у рыб.
- 10 Охарактеризуйте основные породы карпа, используемые в рыбоводстве.
- 11 Охарактеризуйте такие группы как породная группа и линия.
- 12 Что представляют собой экологические типы?
- 13 Каковы основные направления селекции карпа?

Литература: [1; 3; 4; 7]

### **Тема 3. Разведение рыб в естественных и искусственных условиях**

Для стимуляции созревания половых клеток у рыб применяют три метода:

1. Экологический метод.
2. Физиологический метод.
3. Комбинированный метод или эколого-физиологический.

Экологический метод заключается в том, что производителей до созревания половых продуктов выдерживают в садках, бассейнах, где создаются условия близкие к естественным. Экологический метод применяется в настоящее время для рыб с осенне-зимним икрометанием (лососи).

Разработал данный метод академик АН АзССР А. Н. Державин. Он считал, что при выдерживании производителей следует создавать условия внешней среды, соответствующие естественным, в которых происходит развитие половых продуктов. Поскольку в природе икра и сперма созревают во время хода рыбы 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 т. д.). На дно таких садков насыпается галька. Водоснабжение в садке механическое, расход воды 20 л/с. Улучшение циркуляции воды достигается устройством в средней части садка по его длине бетонной стены протяженностью 19 м. В каждый садок помещают по 50 рыб; самок и самцов отдельно. Наряду с течением в садках создают благоприятный температурный и кислородный режим. Однако опыт работы с такими садками показал, что в них созревает только одна треть производителей, к тому же трудно определить момент, когда надо брать икру.

Экологический метод ориентирован на стимуляцию созревания производителей в искусственных условиях за счет максимального приближения к нерестовой ситуации в природных условиях.

Физиологический метод стимулирования половых клеток у рыб разработал профессор Н.Л. Гербильский. Сущность метода заключается в том, что введение гормона гипофиза или его искусственных заменителей производителям рыб с

половыми клетками, находящимися в IV-й стадии зрелости, ускоряет их созревание.

При заготовке гипофизов рыб для инъекций следует руководствоваться следующими правилами:

1. Не следует заготавливать гипофизы от неполовозрелых рыб;
2. Не следует заготавливать гипофизы сразу после нереста;
3. Нужно заготавливать гипофизы от рыб, имеющих гонады в IV стадии зрелости;
4. Наилучшим периодом заготовки гипофизов является преднерестовая миграция;
5. Для заготовки гипофизов необходимо использовать живую рыбу;
6. Не допускать раздавливания или разрыва гипофиза при извлечении.

Извлечение гипофиза. Для извлечения гипофиза необходимо вскрыть череп рыбы. Эта операция проводится по-разному у осетровых и частиковых рыб. Для вскрытия у осетровых используется трепан – металлический цилиндр с пилообразными зубцами по нижнему краю. Он служит для просверливания отверстия в черепе.

У частиковых срезают крышку черепа и мозг приподнимают пинцетом. При этом у судака гипофиз остается прикрепленным к мозгу или лежит в ямке в основании черепа, откуда его можно извлечь пинцетом.

У карповых гипофиз лежит в ямке в основании черепа, почти целиком покрытом тонкой пленкой, через которую его хорошо видно.

Ацетонирование гипофиза. Для длительного хранения извлеченные гипофизы обрабатывают ацетоном и высушивают. Химически чистый ацетон обезвоживает и обезжиривает ткань гипофиза. Основной смысл обработки гипофизов ацетоном заключается в быстром извлечении воды из ткани гипофиза. При этом ацетон постепенно сам насыщается водой и в результате перестает выполнять свою задачу, а гонадотропный гормон, содержащийся в гипофизе, может вымываться водой, поглощенной ацетоном. Поэтому необходимо постоянно следить, чтобы объем ацетона всегда в 10-15 раз превышал объем находящихся в нем гипофизов.

Сушка и хранение гипофизов. После ацетонирования гипофизы раскладывают на фильтрованной бумаге и просушивают на воздухе. Высушенные гипофизы помещают в сухую пробирку с притертой стеклянной пробкой, плотно закрывают, снабжают этикеткой, в которой указывают количество гипофизов, вид рыбы, дату заготовки.

Инъекцирование производителей. Перед инъекцирование рыб рассчитывают среднюю массу самок, определяют необходимое количество гипофиза, взвешивают гипофиз, навеску растирают в фарфоровой ступке в порошок, который тщательно перемешивают с физиологическим раствором. Полученную суспензию гипофиза при помощи шприца вводят в спинные мышцы производителей.

Доза гипофизов различна, зависит от качества гипофизов, вида рыбы, массы производителей, степени зрелости половых клеток и других факторов, поэтому перед инъекированием проводят тестирование гипофизарных препаратов.

До настоящего времени не существует способа химического анализа содержания гонадотропных гормонов, поэтому для определения количества гормона используются личные реакции органов животных, получивших инъекцию исследуемых препаратов. Такой способ оценки содержания гормона носит название биологического тестирования, а используемые животные – тест-объекта. Наиболее удачным тест-объектом для оценки гонадотропной активности рыб можно считать выюна.

Эколого-физиологический метод является наиболее универсальным методом стимулирования созревания половых продуктов у рыб. Так как исследования показали, что метод гипофизарных инъекций не принесет желаемого эффекта без экологического обеспечения ряда параметров нереста.

Для получения зрелых половых клеток у осетровых, карповых в настоящее время применяется комбинированный метод, сочетающий экологический и физиологический методы воздействия на половые продукты.

Сущность этого метода заключается в том, что сначала производителей выдерживают в специальных садках, бассейнах, преднерестовых прудах, а затем для окончательного созревания у них половых клеток применяют инъекции суспензии гипофиза или его заменителей. При применении эколого-физиологического метода самок севрюги применяют методику двухкратного инъекирования.

С 1970-х гг. в рыбохозяйственной науке активно разрабатывается научное направление как «рыбоводная физиология» - одна из прикладных отраслей экологической физиологии и биохимии рыб.

Анализ физиологического состояния производителей, получаемых половых продуктов и жизнестойкого потомства необходим прежде всего для изучения направленного воздействия на гаметогенез и репродуктивные признаки, ослабление повышенной элиминации на начальных этапах развития.

Заводской метод инкубации икры предусматривает инкубацию в специально приспособленных помещениях – инкубационных цехах.

Аппараты, применяемые при использовании заводского метода инкубации, разделяются на следующие группы:

1. Аппараты для инкубации икры, находящейся в неподвижном состоянии (лососи, форель);
2. Аппараты для инкубации икры во взвешенном состоянии (карповые, сиговые, окуневые);
3. Аппараты для инкубации икры, находящейся периодически во взвешенном состоянии (осетровые, рыбец, кутум);
4. Аппараты для инкубации необесклеенной икры рыб (икра находится в прикрепленном состоянии).

Во всех случаях основное требование, предъявляемое к аппаратам, заключается в хорошей омываемости икры водой.

### **Аппараты для инкубации крупной икры, находящейся в неподвижном состоянии горизонтального типа.**

Аппарат Коста представляет собой продолговатый ящик, изготовленный из дерева, жести или глазированной глины, в котором на некотором расстоянии от дна помещается рамка для икры. Рамка обтягивается сеткой с такой ячейкой, чтобы икра не проваливалась.

Вода поступает у одного края аппарата, свободно протекает над икрой и сливается через носик, расположенный с противоположного края. Рабочая емкость такого аппарата 2,0 – 2,5 тыс. икринок, расход воды составляет 0,6 л/мин, преимущества этого аппарата в простоте устройства и эксплуатации, недостаток – небольшая рабочая емкость. Габаритные размеры аппарата 50×20×10 см.

Аппарат Шустера состоит из двух ящиков. Наружный ящик служит водоприемником, а во внутреннем, который имеет сетчатое дно, помещается икра. Поступающая в наружный ящик вода проходит снизу через сетчатое дно внутреннего ящика, омывает икру и сливается через носик аппарата.

Для предохранения от возможного выноса током воды икры или личинок перед сливным носиком установлена под углом защитная сетка. В аппарат вмещается от 5 до 30 тыс. икринок лососевых рыб, расход воды составляет 1 л/мин. Габаритные размеры: наружный ящик – 50×30×18, внутренний ящик – 40×29×18 см.

Американский лотковый аппарат Девиса. Аппараты этого типа представляют собой деревянные или бетонные желоба различной длины, в которые устанавливаются стопки рамок с икрой. Желоба делаются длиной до 6 м, шириной 0,4 м и высотой 0,5 м. В желоб на некотором расстоянии друг от друга устанавливаются стопки рамок с икрой. Каждая стопка содержит 10 рамок по 2,5 тыс. икринок лосося или форели. Вода подается в передний конец желоба и прямым током проходит через все стопки с икрой.

### **Аппараты для инкубации крупной икры, находящейся в неподвижном состоянии вертикального типа.**

Инкубатор ИВТ (инкубатор вертикального типа) представляет собой затемненный двухсекционный шкаф этажерного типа, внутри которого в специальных гнездах расположены собственные инкубационные аппараты – кюветы с рамками. Каждая секция имеет независимую водоподачу. При извлечении любого аппарата водоснабжение не нарушается. Вода подается сверху, проходит последовательно через все аппараты секции и отводится в канализацию. Икра размещается на сетках рыболовных рамок инкубационных аппаратов. В ИВТ предусматривается как инкубация икры, так и выдерживание выклюнувшихся эмбрионов.

Аппарат ИВТМ (модернизированный аппарат ИВТ) представляет собой затемненный двухсекционный шкаф этажерного типа, на направляющих (роликоопорах) которого крепятся инкубационные аппараты, представляющие собой кюветы с размещенными в них рамками. Аппарат вмещает 2 стопки кювет по 7 шт. в каждой.

Инкубационный аппарат ИМ предназначен для многослойной инкубации икры форели и лососей, выдерживания предличинок до личиночного периода. Благодаря особенностям устройства аппарата и циркуляции воды в вертикальном направлении снизу вверх перпендикулярно плоскости рамки, икра размещается в 10 – 12 слоев.

Аппарат представляет собой 10 спаренных емкостей для икры, установленных одна над другой в двух секциях каркаса (по 5 шт. в каждой секции). Каждая емкость – секция инкубационного аппарата состоит из двух цилиндрических сосудов, вложенных один в другой. Внутренний сосуд предназначен для размещения икры. Он имеет сетчатое дно, приподнятое над дном внешнего сосуда, и закрывается крышкой. Внешний сосуд служит для приема воды. Общая вместимость аппарата составляет около 300 тыс. икринок, расход воды в аппарате – 15 л/мин.

#### **Аппараты для инкубации икры во взвешенном состоянии.**

Аппарат Вейса представляет собой стеклянный или из органического стекла сосуд, суживающийся книзу (перевернутая большая бутылка без дна). Нижнее отверстие аппарата (горло) закрыто пробкой со вставленной по центру металлической трубкой диаметром 0,8 – 1,0 см. Наружный конец этой трубки соединен со шлангом, который идет на кран, подающий воду. Токи воды, идущие из крана, поступают под напором в нижнюю часть сосуда и поднимают вверх помещенную в аппарат икру. В верхней части сосуда напор воды ослабевает, поэтому икринки начинают постепенно опускаться в нижнюю его часть, где подхватываются струями воды и вновь увлекаются вверх. Таким образом, вся икра находится во взвешенном состоянии.

Сброс воды из аппарата происходит через сливной носик, сделанный в обруче, обтягивающем верхний край сосуда. Емкость аппаратов Вейса составляет 7 – 20 л, норма загрузки икры 35 - 110 тыс. штук икринок, расход воды - до 6 л/мин, перед вылуплением эмбрионов проточность увеличивается до 10 л/мин.

Обычно аппараты размещают на стойках в специально подготовленные гнезда. Их монтируют по 10 – 20 шт. на одной стойке, причем для каждого из них обязательно независимое водоснабжение.

Водоструйный аппарат Казанского представляет собой модернизированный аппарат Вейса. Используется для инкубации икры белорыбицы, сиговых, карповых и осетровых рыб. Вместо трубки, по которой в аппарат Вейса поступает вода, вмонтирована водоструйная головка с отверстиями: одно центральное (диаметр 5 мм) и 6 боковых (диаметр 3 мм). По центральному отверстию подается вода в аппарат строго вертикально, а через боковые струи воды идут под углом 15° к вертикали боковых стенок сосуда в нижней части сосуда. Расход воды в аппарате составляет 3 – 4,5 л/мин. Рабочая емкость такая же, как и в аппарате Вейса.

#### **Аппараты, применяемые для инкубации икры, находящейся периодически во взвешенном состоянии.**

Аппарат Ющенко (1959) применяется для инкубации икры и выдерживания предличинок рыбака, кутума. Основными частями аппарата являются: инкубатор,

подвижная лопасть, сифонный ковшик, фильтр аэратора и стол. Инкубатор состоит из металлической ванны размером 140×50×15 см и вставленного в него металлического вкладыша 120×45×10 см с сетчатым дном с ячейей размером 1 – 1,1 мм. Вкладыш разделен выдвижной перегородкой на две части: меньшая – инкубационная, большая – для выклева свободных эмбрионов. В инкубационной части помещается около 250 – 300 тыс. обесклеенных икринок рыба.

Вода из водопровода (расход 7 – 8 л/мин) поступает на фильтр аэратора, который состоит из трех металлических ящиков, вложенных один в другой. Расстояние между днищами ящиков составляет 2 см. В дне первого внутреннего ящика имеется 400 круглых отверстий диаметром 1 мм. Второй внутренний ящик сделан из металлической сетки с ячейей размером 5 мм. В этот ящик вложен ватно-марлевый фильтр.

Наружный ящик не имеет одной продольной стенки со стороны инкубатора. Из фильтра аэратора вода вытекает в ванну. Образование струй происходит равномерно по всему сетчатому дну. Это приводит к тому, что вся икра хорошо омывается водой и периодически поддерживается во взвешенном состоянии. В начале инкубации икры (в течение первых 5 – 6 ч) лопасть движется 1 раз в 5 мин. Затем скорость движения лопасти увеличивают до одного хода в минуту.

Перед началом вылупления предличинок перегородку вкладыша удаляют и икра током воды, образующимся в результате движения лопасти, размещается равномерным слоем по всему его сетчатому дну. Вылупившиеся предличинки проходят через сетку вкладыша и попадают на дно ванны, а оболочки икринок задерживаются на стенке вкладыша.

Аппарат Ющенко (Ю-IV) образца 1961 г. применяется для инкубации обесклеенной икры осетровых. Аппарат металлический, сложный по устройству, но простой в эксплуатации. Основная часть аппарата – ванна размером 70×62×21 см, которая установлена на раме, сделанной из 21-миллиметровых металлических труб.

Рама снабжена парными стойками в виде ножек с небольшими колесами. Внутри ванны помещен блок четырех лопастей. Сверху лопастей на кронштейнах уложена сетчатая рама, размер ячеей которой меньше диаметра инкубируемых икринок. В ванну подают воду, а на сетчатую раму загружают до 2,5 – 3 кг икры. При расходе воды в аппарате – 4 л/мин лопасти начинают работать через каждые 40 с. При увеличении подачи воды в аппарат значительно сокращается период времени между двумя последующими движениями лопастей и тем самым увеличивается время пребывания икры во взвешенном состоянии в толще воды. Максимально возможный расход воды в аппарате равен 27 л/мин.

Аппарат Ющенко (Ю-II) образца 1954 г. (предназначен для инкубации обесклеенной икры осетровых. Этот аппарат отличается от описанного выше тем что имеет не одну, а 4 – 5 инкубационных секций и монтируется на столе.

Нормы загрузки всех пяти инкубационных секций аппарата икрой рыб следующие: белуги – 10–15 кг (300–450 тыс. икринок), осетра – 10–12 (600–750 тыс. икринок), севрюги – 8–10 (600–750 тыс. икринок). При указанных нормах загрузки аппарата икрой лопасти должны двигаться 3–4 раза в минуту.

Инкубатор «Осетр» предназначен для инкубации обесклеенной икры осетровых и отделения жизнестойких предличинок после выклева. Емкость этой установки по загружаемой икре белуги – 1200 тыс. штук, осетра – 1440, севрюги – 1760 тыс. шт. Расход воды на 1 инкубационный ящик, которых в установке всего 8 – 16, составляет 2 – 6 л/мин.

Инкубатор «Осетр» состоит из аппарата и сортировочного устройства, соединенных между собой в технологическую линию. Принцип действия основан на том, что рыбоводный ящик в процессе инкубации совершает вертикально возвратно-поступательные движения. В результате этих движений вода, поступающая в рыбоводный ящик через сетчатое дно и проходя через слой икры снизу вверх, перемешивает последнюю. Колебания рыбоводного ящика способствуют также равномерному распределению икры в нем с одновременной концентрацией мертвой икры на выходе из ящика и обеспечивают выход выклюнувшихся предличинок в лоток через гибкий желоб, которым рыбоводный ящик соединен с емкостью.

Сортировочное устройство предназначено для отделения жизнестойких предличинок от больной и мертвой икры. Принцип действия основан на способности жизнестойких предличинок совершать вертикальные движения.

#### **Аппараты для инкубации необесклеенной икры.**

Лоточный инкубатор конструкции Садова и Коханской применяется для инкубации икры осетровых. Состоит из металлической рамы 150×38×180 – 210 см, внутри ее закрепляются дюралюминиевые уголки размером 2×5×150 см, на которые устанавливаются лотки из пластика 140×36×2 см. В одном аппарате имеется 21 лоток: на один лоток размещают 1 кг икры белуги, 800 г икры осетра, 500 г икры севрюги. Икру загружают специальной сеялкой. После приклеивания икринок лотки устанавливают наклонно в раму аппарата, так чтобы уклон двух последовательно установленных лотков был направлен в противоположные стороны. При такой установке вода, поступающая из крана в самый верхний лоток, самотеком проходит по всем лоткам и омывает всю икру. Расход воды в аппарате составляет 18 л/мин.

Моросильная камера Войнаровича применяется для инкубации мелкой и клейкой икры (судака, леща, сазана и др.) во влажной среде. Камера представляет собой помещение размером 5×2,5×2,5 м с хорошей вентиляцией. Для создания необходимой влажности по обеим его боковым стенкам на высоте 2,2 м уложены водопроводные трубы, в которые через 30 – 50 см вмонтированы водораспылители. Пол имеет уклон к центру, где устроен водоспуск. В середине камеры установлены поперечные стойки длиной 1,5 м и высотой 1,6 – 1,8 м, на которые вешают гнезда с оплодотворенной икрой. Вдоль стен камеры оставлен проход шириной 0,5 м. За несколько часов до выклева гнезда с икрой переносят в желоба, ванны или непосредственно в водоем, где происходит доинкубация. Норма загрузки икры судака в моросильную камеру составляет 20 млн. икринок.

### **Вопросы для самостоятельного изучения:**

1. Классификация препаратов, применяемых для физиологического метода стимулирования созревания половых продуктов у рыб.
2. Проанализируйте преимущества и недостатки данных препаратов, по сравнению с гипофизарными инъекциями.
3. Критические периоды онтогенеза.
4. Перечислить нечувствительные стадии в эмбриональном развитии сиговых рыб.
5. Каковы способы применения данных препаратов.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какова классификация рыб по отношению к нерестовому субстрату.
2. Каковы преимущества и недостатки экологического метода стимулирования дозревания половых продуктов.
3. Охарактеризуйте физиологический метод стимулирования созревания половых клеток у рыб.
4. Как проводить заготовку гипофизов, их обработку и хранение?
5. Как осуществляется тестирование гипофизов?
6. Какова классификация рыб по отношению к нерестовому субстрату.
7. Каковы преимущества и недостатки данного метода стимулирования дозревания половых продуктов.
8. В чем состоит эколого-физиологический метод стимулирования созревания половых продуктов у рыб?
9. Каковы преимущества и недостатки данного метода стимулирования дозревания половых продуктов.
10. На какие типы можно подразделить аппараты для инкубации икры при использовании заводского метода?
11. Что представляют собой аппараты для инкубации икры, находящейся в неподвижном состоянии?
12. Какие инкубационные аппараты относятся к группе аппаратов для инкубации икры, находящейся периодически во взвешенном состоянии?
13. В каких инкубационных аппаратах инкубируется икра лососевых, осетровых рыб?
14. Дайте характеристику аппаратов вертикального типа для инкубации икры в неподвижном состоянии.
15. Какие аппараты используются для инкубации необесклеенной икры рыб?
16. В каких аппаратах инкубируется икра сиговых, карповых, окуневых рыб?
17. Икру каких видов рыб инкубируют во взвешенном состоянии?

Литература: [1; 5; 6; 7]

#### **Тема 4. Разведение карпа и растительноядных рыб в искусственных условиях**

Технология заводского метода воспроизводства отвечает современным требованиям индустриального рыбоводства и имеет значительные преимущества по сравнению с традиционными методами разведения, главные из которых следующие:

1. Полностью исключается совместное содержание производителей и потомства, благодаря чему личинки, полученные заводским способом, не заражаются возбудителями инвазионных и инфекционных заболеваний.

2. При заводском способе нет необходимости содержать дорогостоящие нерестовые пруды, так как процесс получения икры происходит от производителей, содержащихся в заводских помещениях.

3. Значительно сокращается площадь летних и зимне-маточных прудов за счет более рационального использования самцов.

4. Использование системы терморегуляции позволяет увеличить продолжительность вегетации на один месяц за счет более раннего получения потомства. Это обеспечивает рост рыбопродуктивности выростных прудов и способствует улучшению качества рыбопосадочного материала.

5. Осуществляется процесс управления всеми процессами воспроизводства рыб: подготовка производителей к нересту, получение половых продуктов, искусственное осеменение и инкубация икры, получение личинок

Технологические процессы заводского разведения карпа и растительноядных рыб начинаются из ряда последовательных этапов, которые включают в себя:

1. Подготовительный период. Заготовка производителей ранней весной, путем их облова из зимних маточных прудов, последующая бонитировка и рассадка самцов и самок отдельно в специальные преднерестовые пруды или садки, или в освободившиеся зимовальные пруды, кормление производителей. В подготовительный период осуществляется подготовка, проверка всех узлов инкубационного цеха.

2. Проведение работ в инкубационном цехе – выдерживание производителей в течение 4-5 суток в условиях близких к естественным и применение гипофизарных инъекций, оплодотворение, инкубация икры, получение и пересадка предличинок в садки.

3. Заключительный период – выдерживание предличинок в садках, наблюдение за их состоянием и обеспечение благоприятного общего режима содержания, получение личинок и выпуск их в пруды или реализация другим организациям.

Заготовка производителей карпа производится ранней весной, после таяния льда на зимовальных маточных прудах. Их облавливают, тщательно осматривают и производят жесткую бонитировку, при которой отбраковывают больных и травмированных особей. Одновременно производится разделение производителей по полу и рассадка их в соответствующие специальные пруды или садки. Для

рассадки производителей можно использовать освободившиеся зимовальные пруды. При этом их глубина должна быть около 1 м, на каждые 2-3 экземпляра должно приходиться не менее 100 м<sup>2</sup> площади водного зеркала.

Отбирают производителей только с хорошо выраженными вторичными половыми признаками (у самок брюшко заметно увеличено) внешние поверхности тела блестящие, хорошо покрыты слизью; у самцов внешняя часть жаберной крышки, спинные и брюшные плавники имеют брачный наряд (бугорки) или шероховатость, при легком нажатии на брюшко вытекают молоки.

Производители с плохо выраженными вторичными признаками выбраковываются, участие их в работах по заводскому воспроизводству карпа исключено.

Для предотвращения самопроизвольного нереста недопустимо наличие в преднерестовых прудах свежей зеленой наземной растительности и совместное содержание самок и самцов. Для исключения «дикого» нереста следует понижать в преднерестовых прудах уровень воды на 20-25 см в течение суток, с последующим поднятием уровня воды. Это мероприятие оказывает тормозящее воздействие на икрометание самок карпа.

Бонитировка и рассадка производителей самцов и самок карпа предусматривает создание 2-х групп: I группа – производители с ярко выраженными вторичными половыми признаками, наиболее подготовленные к нересту; II –я группа производители с выраженными вторичными половыми признаками, менее подготовленные к нересту. Для заводского разведения используется в первую очередь материал I группы, а затем II группы, который после дозревания (обычно после использования производителей I группы) дает хорошие результаты при воспроизводстве.

Инкубация икры карпа. Икра карпа обладает значительной клейкостью, что характерно для всех фитофильных рыб, откладывающих икру на растительные субстраты. При заводском способе воспроизводстве карпа могут быть использованы разные конструкции аппаратов, позволяющие инкубировать икру как во взвешенном, так и в приклеенном состоянии (аппарат Садово-Коханской, морсильная камера Войновича). Но абсолютное большинство существующих рыбозаводов оснащены аппаратурой для инкубации икры во взвешенном состоянии, что требует предварительного обесклеивания.

Технология заводского метода разведения карпа предусматривает выдерживание производителей в течение 4-5 суток при создании необходимых экологических условий содержания и гипофизарной инъекции. В диапазоне оптимальных температур можно применять однократное инъектирование из расчета 2,0 мг вещества гипофиза на 1 кг массы самок. При формировании процесса созревания, путем искусственного повышения температуры воды, лучшие результаты дает 2-х кратное инъектирование: предварительная инъекция – 0,3 мг/кг, а через 12-24 часов – разрешающая – 2 мг на 1 кг массы самки. Самцы менее требовательны к дозировке гипофиза и нормально созревают при однократном инъектировании половинной дозы самок.

Продолжительности созревания самок карпа в зависимости от температуры воды при раннем получении икры и критерии зрелости самок после инъектирования гипофизарных инъекций приводились в лабораторной работе №6 (пункт 2а).

При осеменении икры применяется сухой способ, икру каждой самки оплодотворяют молоками 2-3 самцов (3-5 см<sup>3</sup> молок). Перед закладкой икры в аппараты Вейса устанавливают проточность 0,5 л/мин; оплодотворенную икру разных самок инкубируют отдельно.

После загрузки аппаратов устанавливают нормативный водообмен, продолжительность эмбриогенеза зависит от температуры воды.

Выклев предличинок растягивается на 10-15 часов, что усложняет работу, но формировать выклев путем уменьшения водообмена не следует.

Предличинок переносят из аппаратов Вейса в садки, где они находятся 2-3 дня. По истечении этого срока личинки используют для зарыбления мальковых или выростных прудов.

Растительоядные рыбы. По экологии нереста растительоядные рыбы относятся к пелагофильным, теплолюбивым рыбам, откладывающим икру в толщу воды, для нормального развития которой обязательно турбулентное движение, что необходимо учитывать по воспроизводству этих рыб в заводских условиях.

Для созревания половых продуктов растительоядных рыб требуется более высокая температура, чем для карпа. Поэтому работы по получению потомства растительоядных рыб совпадают с окончанием искусственного воспроизводства карпа, когда среднесуточная температура воды находится на уровне 20°C и выше.

При длительном содержании производителей в диапазоне нерестовых температур возможно перезревание, поэтому работы по воспроизводству следует проводить в сжатые сроки – 20-25 дней.

Заготовку производителей растительоядных рыб для заводского воспроизводства начинают при температуре 10-14°C, путем облова маточных зимовальных прудов хамсоросовым неводом. В процессе их облова осуществляется дифференцировка производителей на группы, при этом самок подразделяют на три, а самцов – на две группы. Критерием при создании групп является готовность к нересту, о чем следует судить по степени выраженности вторичных половых признаков. В первую группу самок должны включаться особи с мягким, выраженным брюшком, припухлостью и легким покраснением в области генитального отверстия. Во вторую группу следует включать особей с мягким, слегка выраженным брюшком и некоторой припухлостью в области генитального отверстия. В третью группу следует включать самки, не отличающиеся по внешнему виду от самцов, которых следует сразу опривить на нагул, исключив из работ по воспроизводству.

В первую группу самцов включают особей, имеющих хорошую выраженность шипиков (для толстолобика) и шероховатостей (для амура) на грудных плавниках. Во вторую группу включают самцов со слабой выраженностью шипиков и шероховатостей на грудных плавниках.

В процессе разгрузки зимовальных прудов производителей рассаживают в преднерестовые пруды, которые должны легко облавливаться и быстро спускаться. Содержание производителей предусматривает интенсивный водообмен, препятствующий резкому колебанию температуры и оптимизацию физико-химических и гидробиологических параметров среды.

Начинают работать с белым амуром, который созревает раньше других растительноядных рыб, потом с белым толстолобиком и далее с пестрым толстолобиком. При стабилизации температуры воды на уровне 20 °С и выше самки достигают завершённой четвертой стадии зрелости, после чего их подвергают дробной гипофизарной инъекции: внутримышечно вводится предварительная доза суспензии гипофиза, составляющая 1/8-1/10 часть общей дозы, а через 12-24 часа вводится разрешающая доза – до 9/10 общего количества сухого вещества гипофиза. Для дозревания половых продуктов и получения эффекта овуляции средним самкам (5-6 кг) необходимо 3-4 мг сухого вещества гипофиза на 1 кг массы тела, для более крупных самок – 5-6 мг. Самцов подвергают однократной инъекции, используя половину дозы самок. После предварительной инъекции самок помещают в садки, где они выдерживаются 12-24 часа, что определяется особенностями эксплуатации инкубационного цеха. По истечении этого срока самок отлавливают, вводят внутримышечно разрешающую дозу гипофиза, одновременно инъецируют самцов и рассаживают в отдельные садки для созревания половых продуктов.

Продолжительность созревания половых продуктов после разрешающей инъекции варьирует в значительных пределах:

За 1,5 – 2 часа до наступления расчетного времени получения икры, самок проверяют; последующие проверки осуществляют через 1 час. У хорошо созревших самок икра вытекает струёй. Для предупреждения потерь икры при отлове самок применяют матерчатый рукав, закрывая при этом генитальное отверстие.

Для сбора икры от самок применяют сухие эмалированные тазы, а для сбора молок – широкие пробирки или бюксы. На каждого самца требуется индивидуальная емкость.

Для эффективного оплодотворения икры в процессе осеменения используют 2-3 самца из расчета 5 мл спермы на 1 кг икры. Осеменяют икру сухим способом; общая продолжительность осеменения – 10-15 минут. Не ожидая завершения набухания, икру следует загрузить в инкубационные аппараты. Продолжительность эмбриогенеза зависит от температуры воды.

Оптимальной температурой для инкубации растительноядных рыб является 22-24°С. Выклев предличинок или свободных эмбрионов растягивается до 8-12 часов, в процессе которых в зависимости от биотехники воспроизводства или остаются в универсальных системах, или способных обеспечить инкубацию икры и выдерживание предличинок.

Продолжительность выдерживания определяется временем заполнения газами плавательного пузыря и наступает при температуре 18-20°С – через 90 часов, при 20-23°С – через 80 часов, при 26-27°С – через 48 часов.

Для инкубации используют аппараты Вейса системы ВНИИПРХ, ИВЛ-2, аппарат «Днепр –1» и «Амур». Перешедшие на смешанное питание личинок, после выдерживания, отправляют на дальнейшее выращивание в лотки, мальковые или выростные пруды. Выращивание сеголеток растительноядных рыб осуществляют 2-мя методами:

1. Выращивание путем зарыбления выростных прудов 4-5 суточными личинками, где они вырастают до сеголеток».

2. 4-5 суточных личинок выпускают в небольшие (мальковые) пруды, где их подращивают, а затем пересаживают в выростные пруды.

Второй способ предпочтительнее, так как подрощенные личинки в мальковых прудах более жизнеспособные и у них наблюдается небольшой отход при выращивании в выростных прудах.

Для подращивания личинок до жизнестойких стадий, при отсутствии мальковых, могут быть использованы зимовальные пруды, которые в этот период свободны.

Перед посадкой личинок на подращивание пруды дезинфицируют, промывают, вносят органо-минеральные удобрения, в соответствии с рыбоводными нормативами. Водосборные сооружения герметически закрывают для предотвращения ухода личинок из пруда. Заполнение водой мальковых прудов следует начинать за 3-4 суток до посадки личинок, через мелкоячеистую металлическую сетку с диаметром ячеей – 1 мм; в этот период желательна посадка маточной культуры зоопланктона.

Подращивание осуществляется только в монокультуре. В зависимости от целей подращивания молоди, плотность посадки личинок и конечная масса молоди различные. Так, для реализации подрощенной молоди другим хозяйствам применяют плотность посадки личинок от 3 до 5 млн. шт./га, подращивают до 30-50 мг, что позволяет эффективно использовать транспортные емкости.

Выход подрощенной молоди составляет 60-70%. Продолжительность подращивания составляет 15-30 суток, что вынуждает даже при хорошем развитии зоопланктона подкармливать молодь соевой мукой или пылевидными фракциями комбикорма. Для подращивания каждые 100 тыс. личинок на протяжении 30 дней необходимо затратить 120 кг корма. При облове подрощенной молоди используют обычно рыбоуловители и мальковые брешки.

#### **Вопросы для самостоятельного изучения:**

1. Основные технологические процессы заводского воспроизводства карпа.
2. Основные технологические процессы заводского воспроизводства растительноядных рыб.

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Перечислите основные технологические процессы заводского воспроизводства карпа и растительноядных рыб.

2. Охарактеризуйте основные технологические процессы заводского воспроизводства карпа.

3. Охарактеризуйте основные технологические процессы заводского воспроизводства растительноядных рыб; в какие календарные сроки производится отлов производителей этих рыб?

4. Какие основные методы выращивания сеголеток растительноядных рыб Вы знаете, в чем их преимущество и недостатки?

5. Какова продолжительность подращивания молоди растительноядных рыб и какие мероприятия необходимо осуществлять для улучшения кормовых условий?

6. Какова плотность посадки и конечная масса подрощенной молоди растительноядных рыб при подращивании для собственных нужд хозяйства и при реализации другим хозяйствам?

Литература: [1; 4; 5; 6]

## **Тема 5. Разведение нетрадиционных объектов рыбоводства**

При изучении данной темы необходимо рассмотреть рыбоводно-биологические характеристики нетрадиционных объектов рыбоводства. Рассмотрим данный вопрос на примере разведения осетровых.

В рыбоводных хозяйствах выращивается порядка 50-ти видов рыб. Большое значение среди них имеют проходные рыбы осетровых пород: белуга, осётр, севрюга, шип, стерлядь, сибирский осётр, гибриды бестера.

В ходе нерестовых миграций в реки вблизи мест нереста осетровых отлавливают ставными неводами на рыбоводные заводы на этих же реках. Здесь отловленные производители выдерживаются до полного созревания и получения зрелых производителей. Разведение начинается с заготовки производителей.

Рыб разных биологических групп заготавливают в разные сроки (напр., ярового осетра в апреле-мае, озимого в октябре). Рыбозаводы могут использовать несколько партий производителей за год, что значительно повышает их производительность. Обычно в качестве производителей отбирают особей определенного размера, массы (осетр, севрюга – не более 15-20 кг, белуги - не более 120 кг). Больные и травмированные особи отбраковываются. Уже созревших производителей использовать для получения потомства, незрелых выдерживают до полного созревания половых продуктов.

Существует 2 формы разведения осетровых рыб: экстенсивная и интенсивная. При экстенсивной форме личинок, переходящих на активное питание, выпускают в водоем. При интенсивной – в ест. водоем выпускается подростя, прошедшая метаморфоз молодь (малек навеской 1,5-2 г.), в результате выживаемость гораздо выше.

При интенсивной форме производителей выдерживают в береговых садках, икру инкубируют в инкубационных цехах, молодь выращивают различными методами, а для кормления использовать живые корма. Биотехнология состоит из звеньев: получение зрелых производителей, получение икры и спермы,

оплодотворение икры, подготовка икры к инкубации, инкубация, выдерживание личинок и выращивание молоди, а параллельно выращивание живых кормов, выпуск молоди, транспортировка икры, личинок и молоди.

Производителей осетровых к месту работы доставляют с помощью живорыбных судов либо специальных носилок. После доставки на завод, производителей выдерживают в специальных садках либо прудах до наступления необходимой температуры. Далее проводят гипофизарные инъекции. Самок выдерживают в брезентовых носилках и определяют точное время взятия икры. Готовность определяется по визуальным признакам: мягкое брюшко, хвостовой стебель тоньше. Пробы ооцитов берут методом щупа.

Выращивание личинок осуществляется прудовым, бассейновым, комбинированным методом.

**Бассейновый метод.** Для выдерживания предличинок, подращивания личинок и выращивания молоди осетровых применяют круглые бетонные бассейны, диаметром 2,5-3,0 м. По сравнению с прямоугольными бассейнами или лотками в круглых бассейнах молодь распределяется более равномерно.

Преимущество бассейнового метода состоит в возможности выращивания большого количества жизнестойкой молоди на небольших площадях и при меньшем расходе воды, что позволяет резко сократить мощность насосных станций.

**Прудовый метод выращивания осетровых.** Предличинок выдерживают в сетчатых садках. Плавающие садки устанавливают в выростные пруды, привязывая их недалеко от берега так, чтобы расстояние от дна было не менее 50 см. На один гектар пруда устанавливают до 40 садков, количество предличинок в каждом садке составляет 20-25 тыс. шт. После перехода на активное питание предличинок пересаживают в пруд, где и выращивают молодь до массы 3-5 г. Площадь прудов для выращивания осетров составляет от 2 до 4 га, глубины от 1,5 до 2 м, на ложе пруда не должно быть растительности. В течение периода выращивания пруды удобряют и следят за гидрохимическими показателями, а также проводят кормление молоди специальными кормами и паразитологический контроль.

**Комбинированный метод выращивания осетровых.** При этом методе молодь выращивают в бассейнах до массы 60-150 мг, а затем пересаживают в пруды, где выращивают до стандартной массы 2-3 г. Плотность посадки зависит от кормовой базы пруда.

Подготовку производителей осетровых рыб к использованию можно разделить на несколько этапов:

1. Осенняя бонитировка или отбор производителей осеннего хода;
2. Зимовка производителей;
3. Весенняя бонитировка или отбор производителей весеннего хода;
4. Предварительное тестирование производителей;
5. Определение температурных режимов и сроков преднерестового выдерживания;
6. Тестирование производителей перед инъекцией гормональных препаратов.

### **Вопросы для самостоятельного изучения:**

1. Рыбоводно-биологическая характеристика осетровых
2. Рыбоводно-биологическая характеристика лососевых.
3. Рыбоводно-биологическая характеристика сомовых.
4. Рыбоводно-биологическая характеристика чукучановых.
5. Рыбоводно-биологическая характеристика выслоносковых.

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Краткая рыбоводно-биологическая характеристика щуковых, окуневых (полосатого и речного окуня). Особенности воспроизводства и хозяйственного использования.
2. Краткая рыбоводно-биологическая характеристика канального и речного. Особенности воспроизводства и хозяйственное использование.
3. Характеристика технологии разведения кефалевых рыб на примере пиленгаса.

Литература: [1; 2; 5; 7]

## ЗАДАНИЯ К КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

В процессе самостоятельной работы над дисциплиной выполняется одна контрольная работа. Вариант каждой работы включает 3 вопроса, отражающих основное содержание тем курса. Для выбора вопросов контрольной работы следует руководствоваться таблицей вариантов заданий. Номер варианта определяется двумя цифрами шифра зачетной книжки. На пересечении вертикальных и горизонтальных строк в таблице студент находит номера вопросов контрольной работы.

Ответы на вопросы должны точно отражать содержание задания, быть обстоятельными, аргументированными. При выполнении работы обязательным является использование литературы, рекомендованной для изучения дисциплины, и тех источников, которые приводятся в перечне литературы для выполнения контрольных работ. По мере надобности текст ответов следует сопровождать рисунками, схемами, таблицами.

### Вопросы к контрольной работе

1. Теория этапности развития рыб В.В. Васнецова. Характеристика интервалов развития: периодов, этапов, стадий по Васнецову.
2. Теория экологических групп рыб по месту кладки и условиям развития Крыжановского. Эколого-морфологические особенности развития рыб разных экологических групп.
3. Репродуктивная система рыб. Нерест.
4. Экологические группы рыб по Никольскому Г.В: фитофилы, пелагофилы, псаммофилы, остракофилы.
5. Значение знаний об экологической группе рыб для рыборазведения. Рыбы, нерестящиеся в весенне-летний период.
6. Краткая история развития рыбоводства и искусственного рыборазведения. Вклад в развитие рыбоводства ученых С.Л. Якоби, Ж.В. Коста, В.П. Врасского, М.Л. Гербильского и др.
7. Направления и этапы эволюции развития воспроизводительной системы у самок рыб (круглоротые-хрящевые-лососевые-осетровые-костистые).
8. Направления и этапы эволюции развития воспроизводительной системы у самцов рыб (круглоротые-хрящевые-лососевые-осетровые-костистые).
9. Характеристика зрелости половых желез у самок рыб по стадиям в соответствии с универсальной шкалой разработанной О.Ф. Сакун и Н.А. Буцкой.
10. Характеристика зрелости половых желез у самцов рыб по стадиям в соответствии с универсальной шкалой разработанной О.Ф. Сакун и Н.А. Буцкой.
11. Дифференциация особей по полу, функциональный гермафродитизм. Овуляция и спермация, определение, основные периоды развития половых желез рыб.
12. Продолжительность жизни сперматозоидов и хранение спермы.

13. Значение знаний об экологической группе рыб для рыборазведения. Рыбы, нерестящиеся в весенне-летний период. Рыбы, нерестящиеся в осенне-зимний период.
14. Структурирование периодизации онтогенеза рыб углублением и расширением состава экологических групп, введение этологической составляющей.
15. Положения теории критических периодов развития (Трифонов, Никифоров, Привольнев). Характеристика систематических таксонов по особенностям размножения и развития.
16. Эмбриональные адаптации, обуславливающие освоение мест кладок и условий развития.
17. Наименее и наиболее чувствительные (критические) к абиотическим условиям стадии развития эмбрионов, их практическое значение.
18. Аппараты для инкубации икры, устанавливаемые непосредственно в водоеме.
19. Биологические особенности растительноядных рыб.
20. Ареал распространения растительноядных рыб: искусственный и естественный.
21. Наступление половозрелости. Плодовитость. Темп роста. Различия в питании. Особенности разведения растительноядных рыб.
22. Краткая рыбоводно-биологическая характеристика щуковых, окуневых (полосатого и речного окуня). Особенности воспроизводства и хозяйственного использования
23. Гибридизация в рыбоводстве. Стандарты для отдельных пород и типов карпов.
24. Гибридизация в рыбоводстве. Стандарты для отдельных пород и типов карпов
25. Гиногенез и андрогенез, их сущность, практическое применение и значение для рыбоводства.
26. Основные типы инкубационных аппаратов, применяемых для инкубации икры в заводских условиях.
27. Краткая характеристика существующих методов обесклеивания клейкой икры.
28. Способы осеменения икры у рыб, преимущества и недостатки.
29. Технологическая схема заводского разведения карпа.
30. Методы обесклеивания икры карповых рыб.
31. Технологическая схема заводского воспроизводства осетровых рыб.
32. Методы обесклеивания икры осетровых рыб.
33. Строение воспроизводительной системы у круглоротых и акул.
34. Технология обесклеивания икры рыб вручную и механизированным способом.
35. Технологическая схема заводского воспроизводства лососевых рыб на примере радужной форели.
36. Явление клейкости икры рыб, его значение в воспроизводстве.

Основные методы обесклеивания икры рыб по степени механизации и обесклеивающего вещества.

37. Биолого-экологические основы разведения рыб: типы (двуполое, гиногенез, гермафродитизм) и формы (яйцерождение, яйцеживорождение и живорождение) размножения, забота о потомстве. Значение в рыбоводстве.

38. Подготовительные работы в нерестовых прудах и проведение в них нереста карпа.

39. Объемные метод подсчета икры и личинок. Сущность, порядок проведения.

40. Биолого-экологические основы разведения рыб: сроки полового созревания, периодичность нереста, типы нерестового субстрата. Значение в рыбоводстве.

41. Инвентаризация, бонитировка и содержание производителей в период нерестовой компании.

42. Методы стимулирования созревания половых продуктов. Краткая характеристика, технологические приемы, значение в рыбоводстве.

43. Тестирование гипофизов рыб. Техника и приемы введения гонадропных гормонов.

44. Гибридизация в рыбоводстве, ее сущность, виды, практическое значение.

45. Физиологический метод стимулирования созревания половых продуктов у рыб. Краткая характеристика, технологические приемы, значение в рыбоводстве.

46. Цели селекции рыб. Основные направления селекции в современном рыбоводстве.

47. Анализ по полиморфным генам. Коэффициент наследования. Эффективность отбора, селекционный дифференциал.

48. Методы разведения: чистопородное разведение. Гибридизация в рыбоводстве. Стандарты для отдельных пород и типов карпов.

49. Индуцированный мутагенез, реверсия пола, их сущность, практическое применение и значение для рыбоводства.

50. Технологическая схема заводского воспроизводства пестрого толстолобика

51. Перечислите и охарактеризуйте типы горизонтальных инкубационных аппаратов, применяемых для инкубации икры в заводских условиях в неподвижном состоянии.

52. Эмбриогенез и постэмбриогенез. Стадии развития эмбрионов рыб, названия и их краткая характеристика.

53. Эталонный способ подсчета личинок у рыб. Сущность, порядок проведения подсчета.

54. Гиногенез и андрогенез, их сущность, практическое применение и значение для рыбоводства.

55. Дайте характеристику аппаратов вертикального типа для инкубации икры в неподвижном состоянии.

56. В каких аппаратах инкубируется икра сиговых, карповых, окуневых рыб?
57. Перечислите и охарактеризуйте основные типы инкубационных аппаратов, применяемых для инкубации икры в заводских условиях.
58. Сущность искусственного отбора рыб, применяемого в селекционных работах. Методы массового и индивидуального отбора и их значение для рыбоводства.
59. Методы скрещивания, применяемые для выведения новых пород (помесей, гибридов). Сущность воспроизводительного, вводного и поглотительного скрещиваний, их значение.
60. Заводское воспроизводство карпа и растительноядных рыб, технологические операции и их характеристика. Преимущества и недостатки естественного и заводского воспроизводства карпа.
61. Дайте характеристику инкубационных аппаратов, применяемых для инкубации икры в заводских условиях во взвешенном состоянии.
62. Охарактеризовать методы подбора рыб, используемых в практике разведения (однородный, индивидуальный, групповой).
63. Организация облова нерестовых прудов, методы подсчета личинок рыб, методы и правила перевозки.
64. Технологическая схема разведения карпа естественным способом.
65. Весовой способ подсчета икры, личинок, мальков, сеголеток и двухлеток рыб. Сущность, порядок проведения.
66. Плодовитость рыб (абсолютная, рабочая, относительная), ее зависимость от биотических и абиотических факторов среды, значение в рыбоводстве.
67. Заводское воспроизводство растительноядных рыб.
68. Перечислите и охарактеризуйте типы горизонтальных инкубационных аппаратов, применяемых для инкубации икры в периодически встряхиваемом состоянии.
69. Характеристика эмбрионального и постэмбрионального развития рыб на примере осетра: основные этапы и периоды, их краткая характеристика.
70. Технологические правила и способы перевозки половых продуктов, личинок и производителей рыб.
71. Препараты, применяемые для физиологического метода стимулирования созревания половых продуктов: классификация, основные виды, порядок и способы их применения.
72. Биохимический полиморфизм у рыб и его значение для анализа структуры естественных популяций рыб.
73. Использование данных по биохимическому полиморфизму и группам крови в селекционной работе с объектами товарного рыбоводства.
74. Важнейшие направления в селекции рыб.
75. Наследуемость основных селекционных признаков у рыб.
76. Формы и методы отбора при селекции рыб.
77. Типы скрещиваний (инбридинг и аутбридинг), используемых в

рыбоводстве.

78. Инбредная депрессия и гетерозис в рыбоводстве. Селекция на гетерозис.

79. Генетические методы селекции рыб.

80. Гибридизация в рыбоводстве.

81. Промышленное скрещивание в рыбоводстве.

82. Гиногенез, андрогенез и полиплоидия в рыбоводстве

83. Методы клеточной и генной инженерии и их использование в рыбоводстве

84. Механизмы гетерозиса и проблема его закрепления в селекции ры

85. Чистопородное разведение, его сущность, преимущества и недостатки, его значение в рыбоводстве. Понятия: инбридинг, аутбридинг, инбредная депрессия, близкородственное и отдаленное скрещивание.

86. Характеристика технологии разведения кефалевых рыб на примере пиленгаса.

87. Гипофиз и гонадотропные гормоны, их биологическое значение в воспроизводстве. Технология заготовки, ацетонирования, сушки и хранения гипофизов рыб.

88. Подготовительные работы в нерестовых прудах и проведение в них нереста карпа.

89. Технологическая схема заводского воспроизводства белого амура.

90. Влияние температуры, освещенности и газового режима на эмбриогенез разных видов рыб. Наименее и наиболее чувствительные (критические) к абиотическим условиям стадии развития эмбрионов, их практическое значение.

91. Технологическая схема заводского воспроизводства белого толстолобика.

92. Технология эколого-физиологического способа воспроизводства растительноядных рыб: белого и пестрого толстолобика, белого амура.

93. Способы осеменения икры у рыб, преимущества и недостатки.

94. Плодовитость рыб (абсолютная, рабочая, относительная), ее зависимость от биотических и абиотических факторов среды, значение в рыбоводстве.

95. Заводское воспроизводство растительноядных рыб.

96. Перечислите и охарактеризуйте типы горизонтальных инкубационных аппаратов, применяемых для инкубации икры в периодически встряхиваемом состоянии.

97. Организация естественного нереста рыб - леща и линя. Основные требования к прудам, характеристика технологических операций.

98. Охарактеризуйте технологию разведения и выращивания молоди европейского и американского канального сома.

99. Полусухой способ осеменения икры рыб: сущность, порядок проведения, для каких видов рыб используется.

100. Характеристика разведения полосатого окуня и речного угря.

Таблица 1 Варианты заданий на контрольную работу.

Предпоследняя цифра	Последняя цифра шифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1, 42, 58	2, 46, 59	3, 47, 60	4, 48, 61	5, 49, 62	6, 50, 63	7, 51, 64	8, 52, 65	9, 53, 66	10 54, 67
1	11, 22, 68	12, 71, 89	13, 63, 70	14, 69, 71	15, 25, 72	16, 26, 73	17, 27, 74	18, 28, 75	19, 29, 76	20, 62, 77
2	21, 47, 78	22, 43, 79	23, 49, 80	24, 30, 81	25, 31, 82	26, 32, 83	27, 33, 84	28, 37, 85	29, 35, 86	30 63, 87
3	31, 19, 56	32, 57, 89	33, 41, 63	34, 38, 79	35, 29, 67	36, 21, 68	37, 22, 72	38, 23, 73	39, 24, 77	40, 55, 78
4	41, 66, 85	42, 67, 80	43, 68, 81	44, 69, 72	45, 30, 73	46, 31, 74	47, 32, 75	48, 33, 76	19, 34, 77	25, 35, 78
5	51, 36, 59	52, 37, 63	53, 38, 57	54, 39, 56	1, 28, 60	2, 29, 61	3, 19, 65	4, 36, 74	5, 53, 75	6, 17, 79
6	7, 23, 94	8, 34, 95	9, 46, 93	10, 17, 95	11, 23, 98	12, 34, 87	13, 35, 88	14, 36, 89	15, 37, 81	16, 27, 82
7	18, 23, 64	19, 24, 66	17, 25, 67	20, 19, 68	21, 34, 69	22, 23, 70	23, 30, 71	24, 20, 74	25, 23, 72	26, 12, 73
8	27, 54, 83	28, 55, 84	29, 53, 85	30, 52, 86	31, 49, 87	32, 77, 88	33, 67, 89	34, 68, 90	35, 69, 82	36, 70, 81
9	37, 47, 92	38, 49, 93	39, 50, 94	40, 51, 95	41, 52, 96	42, 53, 97	43, 54, 98	44, 55, 99	45, 56, 100	46, 57, 91

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ И РЕКОМЕНДОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Основная литература

1. Власов, В.А. Рыбоводство / В.А. Власов. СПб.: Изд-во «Лань», 2010.-240с.
2. Власов, В.А. Технология производства выращивания и переработки продуктов рыбоводства. / В.А. Власов. Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А.Тимирязева, 2013.-496с.
3. Власов, В.А. Практикум по рыбоводству / В.А. Власов, Ю.А. Привезенцев, А.П. Завьялов.-М.: МСХА, 2012.-326с.
4. Серпунин, Г.Г. Искусственное воспроизводство рыб: учебник./ Г.Г. Серпунин. М.: Колос, 2010. - 256 с.

### Дополнительная литература

5. Козлов, В.И. Аквакультура: учебник. / Козлов В.И., Никифоров-Никишин А.Л., Бородин А.Л М.: Колос, 2006.- 445 с.
6. Мухачев, И.С. Биологические основы рыбоводства. уч. пос./ ТГСХА.- Тюмень, 2005. -260с.
7. Привезенцев, ЮА. Рыбоводство. уч. пос. / Привезенцев Ю.А., Власов В.А. -М.: Мир,2007.-456с.
8. Разведение и селекция рыб / И.М. Шерман, М.В. Гринжевский, И.И. Грициняк. - Киев: БМТ, 1999. - 238 с.
9. Серпунин, Г.Г. Искусственное воспроизводство рыб: учебник./ Г.Г. Серпунин. М.: Колос, 2010. - 256 с.

Галина Викторовна Козлова

## **ИСКУССТВЕННОЕ ВОСПРОИЗВОДСТВО РЫБ**

Методические указания  
по выполнению контрольной работы  
для студентов направления подготовки  
35.03.08 Водные биоресурсы и аквакультура  
заочной формы обучения

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

Заказ № \_\_\_\_\_. Объем 2,15 п.л.

Изд-во ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический  
университет»

298309 г. Керчь, ул. Орджоникидзе, 82.