

РГБ 04

На правах рукописи

24 ноя 1997

КОЗЛОВА Нина Ивановна

**ЭКОЛОГИЯ БАЙКАЛЬСКОГО ОМУЛЯ В РАННЕМ ПОСТЭМБРИОГЕНЕЗЕ
(COREGONUS AUTUMNALIS MIGRATORIUS (GEORGI))**

03.00.16 - экология

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата биологических наук



Иркутск-1997

Работа выполнена в лаборатории ихтиологии
Научно-исследовательского института биологии
при Иркутском государственном университете

Научный руководитель:

доктор биологических наук,
профессор О.М.Кожова

Официальные оппоненты:

доктор технических наук,
профессор С.С.Тимофеева

кандидат биологических наук,
профессор П.Я.Тугарина.

Ведущая организация:

Бурятский институт биологии
Сибирского отделения
Российской Академии наук.

Защита диссертации состоится "4" декабря 1997 г в 15 часов на заседании диссертационного совета Д 063.32.06. Иркутского государственного университета по адресу: г.Иркутск, ул.Сухэ-Батора,5, биолого-почвенный факультет ИГУ, ауд.219.

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Иркутского государственного университета.

Автореферат разослан " 4 " ноября 1997 г

Ученый секретарь диссертационного
совета

Е.С.Купчинская

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность проблемы. В онтогенезе рыб, в том числе и у омуля, ранний постэмбриогенез считается наиболее важным периодом развития. В этот период происходит морфофизиологическое формирование организма и его поведенческих реакций. Даже небольшие отклонения абиотических и биотических показателей от оптимальных отрицательно сказываются на выживаемости молоди, а следовательно, на численности поколений. Именно в этот период молодь в массе погибает от недостатка корма, болезней, истребления хищниками, изменения гидрологических условий и других причин. Поэтому многие исследователи, особенно последние два десятка лет, стали интенсивно изучать молодь рыб.

Особенности биологии молоди омуля Байкала изучали К.И.Михарин (1942), И.И.Мантельман (1958), Г.Л.Шкорбатов (1966), И.Г.Топорков (1963,1987), П.Я.Тугарина (1963), Л.А.Волкова(1972,1984), В.Н.Сорокин, А.А.Сорокина (1972, 1988), Ж.А.Черняев (1972,1981), С.П.Кухарчук (1986), И.И.Широбоков (1988), З.М.Долгоаршинных (1990), И.В.Войнова (1991), С.М.Семенченко (1992), но обобщенных сведений по экологии раннего постэмбриогенеза омуля нет, а они необходимы особенно в рыболовной практике.

Цели и задачи исследования. Выяснить влияние абиотических и биотических факторов на развитие и рост молоди байкальского омуля на разных этапах постэмбриогенеза, определить причины внутривидовой экзогенной разнокачественности. Для решения поставленной цели сформулированы следующие задачи исследования:

- 1.Изучить у омуля, на всех этапах личиночного и малькового периодов развития термопреферендум, толерантные и верхние летальные температуры воды.

- 2.Определить уровень потребления кислорода, оптимальные и пороговые его концентрации.

- 3.Выяснить влияние температуры воды и величины суточного рациона на продолжительность этапов развития личинок и мальков омуля.

- 4.Оценить влияние на рост молоди омуля качества и количества живых кормов.

5. Установить особенности индивидуальной изменчивости линейно-весовых параметров молоди омуля, в зависимости от темпера-

туры воды и количества кормовых организмов.

6. Проанализировать роль разнокачественности раннего постэмбриогенеза омуля в формировании численности поколений.

Научная новизна работы. В результате экспериментальных исследований молоди байкальского омуля в раннем постэмбриогенезе получены оригинальные данные, которые дополняют знания по экологии молоди: впервые определены конкретные значения оптимальных, толерантных и верхних летальных границ температуры воды для каждого этапа развития; выявлено влияние видового и количественного состава живого корма на рост молоди; исследованы индивидуальные особенности роста и развития личинок и мальков омуля, в зависимости от абиотических и биотических факторов; выявлено влияние температуры воды и уровня пищевой обеспеченности на внутривидовую разнокачественность молоди омуля; дана количественная характеристика разноразмерных классов молоди и их роль в популяции омуля.

Практическое значение. Результаты работы могут быть использованы в рыбоводной практике при подраживании молоди омуля, для создания благоприятных условий в питомниках и помогут подбирать естественные водоемы, в которых температурные и кислородные параметры не выходят за пределы оптимальных границ. Полученные результаты, моделирующие естественную биоритмику термопреферендума, дают возможность воздействовать температурным фактором на увеличение показателей роста и развития молоди омуля. На основе оценки роста молоди омуля, выращиваемой на живых кормах, предложен видовой состав кормовых организмов, повышающий качество подраживаемых личинок и мальков.

Апробация работы. Основные материалы диссертации докладывались на IV конференции молодых ученых ИГУ (Иркутск, 1986), на III Всесоюзной конференции "Проблемы экологии Прибайкалья" (Иркутск, 1988), на конференции, посвященной столетию со дня рождения М.М.Кожова (Иркутск, 1992), на V Международной конференции "Сиб-Эко-93", на V Всесоюзном совещании по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб (Москва, 1993), на конференции, посвященной 100 со дня рождения К.И.Мишарина (Иркутск, 1996).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 работ.

Структура и объем диссертации. Работа содержит 121 страницу машинописного текста, в том числе 11 рисунков, 31 таблицу. Она

состоит из введения, 4 глав, выводов. Список использованной литературы содержит 218 работ, в том числе 80 иностранных.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Глава. 1. Материалы и методы исследований

Работа выполнялась на базе Байкальской биологической станции НИИ биологии с 1990 по 1994 гг.

Личинок омуля в возрасте суток доставляли с Большереченского рыбоводного завода и в дальнейшем выращивали в стеклопластиковых бассейнах, объемом 2 м³. Постоянное наблюдение за кислородным и температурным режимами позволило установить их среднемесячные значения. Содержание кислорода в воде бассейнов не снижалось ниже 7,0 мгО₂/л. Плотность посадки в каждом опытном бассейне находилась в пределах от 50 до 150 экз/м³ (75 опытов). Кормление личинок проводили два раза в сутки, используя живой корм (коловратки, ветвистоусые рачки науплиальных стадий). Мальки получали также живой корм, состоящий из ветвистоусых рачков, гаммарид, веслоногих рачков, личинок бычка желтокрылки. Проведено 200 опытов для определения степени влияния суточных рационов по разным кормам (10-80% от массы тела), а также определено воздействие температуры воды на развитие и рост молоди омуля на разных этапах личиночного и малькового периодов развития. Термоизбирание в горизонтальном градиент-приборе исследовано у 300 личинок и мальков омуля. Зоны толерантных и верхних летальных температур на каждом этапе развития определены у 200 экз (в 2-3 повторностях). Молодь омуля предварительно перед экспериментами акклиматизировали к температуре воды 5, 10, 15°C. Зависимость между термопреферендумом и температурой акклиматизации использовалась для составления уравнений регрессии.

Для определения этапов развития, линейного, весового роста по методам Я.Щербаковски (1981), Н.О.Лангре, Е.Н.Дмитриева (1981), Ж.А.Черняева (1982) исследовано 3400 экз., для выяснения разнокачественности проанализировано 6050 экз.

Для характеристики интенсивности потребления кислорода молодь омуля использовали метод Б.С.Смирнова, Л.Б.Кляшторина (1981), всего проведено 150 экспериментов. Среднесуточный при-

рост рассчитывали по формуле И.И.Шмальгаузена (1935), преобразованной Г.Т.Винбергом (1956). Полученные результаты обработаны с применением методов вариационной статистики и регрессионного анализа (Плохинский, 1970; Лакин, 1973)

Глава 2. Ранний постэмбриогенез байкальского омуля в природных условиях

Рассматриваются абиотические и биотические условия роста и развития личинок и мальков байкальского омуля в местах его обитания. Выклев личинок и скат на мелководья байкальского омуля в естественных условиях начинается в последних числах апреля-первых числах мая при температуре воды от 0,2 до 6,5°C (Мишарин, 1942; Топорков, 1972). Молодь покидает прибрежную зону Байкала при температуре воды выше 18°C. (Топорков, 1974). В природных условиях в местах нагула молодь омуля распределяется неравномерно, молодь с медленным ростом обитает в речной воде в прибрежье Байкала, а с быстрым у границы зоны стыка речных и соровых вод, где температура воды 15-17°C (Топорков, 1974). Мальки омуля, обитающие в дельте р.Селенги, могут переносить суточные колебания температуры воды от 11,5 до 30°C (Сорокин, Сорокина, 1988). В природных условиях молодь омуля может выдерживать кратковременный дефицит кислорода до 1,42 мг/л при температуре воды 17°C. При содержании кислорода в воде 1,01 мг/л отмечалась массовая гибель молоди (Сорокин, Сорокина, 1991). Личинки омуля потребляют кормовые организмы избирательно, бросками с расстояния 3-5 мм (Топорков, Тугарина, 1963; Топорков, 1967) и до возраста 30 суток интенсивно питаются планктонными организмами при освещенности 5-10 лк (Волкова, 1979). Спектр питания мальков состоит более чем из 55 видов беспозвоночных, принадлежащих к 15 различным группам (Топорков, 1977).

Глава 3. Ранний постэмбриогенез байкальского омуля в искусственных условиях

3.1. Значение абиотических условий в раннем постэмбриогенезе омуля

Кислород, его оптимум и пределы. У омуля в возрасте от 15 до 150 суток при температуре воды 10-11°C исследованы некоторые особенности интенсивности потребления кислорода. Установлено, что максимальное удельное потребление кислорода - 0,9 мгО₂/г/час происходит у личинок на X-XI этапах развития, что отмечено и для других видов рыб (Кляшторин, 1981; Herbing, 1994). С ростом молоди интенсивность потребления кислорода на единицу массы постепенно снижается в два раза (0,4 мгО₂/г/час в возрасте 130 суток). Разноразмерная молодь одного возраста характеризуется разным уровнем потребления кислорода. У мальков на XIV этапе развития длиной 30 мм и массой 139 мг интенсивность дыхания определяется 0,6 мгО₂/г/час, у более крупной молоди (длина 76 мм, масса 3550 мг) уровень дыхания снижается до 0,35 мгО₂/г/час. С повышением температуры воды от 5°C до 15°C потребление кислорода увеличивается у личинок в 2,5 раза, у мальков в 2 раза.

С ростом и развитием молоди зона кислородного оптимума расширяется. Личинки омуля чувствительны к содержанию кислорода в нижних пределах 6,4 - 6,9 мгО₂/л, мальки в возрасте от 50 до 85 суток - 5,8 - 6,2 мгО₂/л. Верхняя граница зоны кислородного оптимума не превышает 12,5 мгО₂/л на всех этапах личиночного и малькового периодов развития. Экспериментально установлено, что зона критической концентрации кислорода для личинок в возрасте от 12 до 30 суток при температуре воды 10-14°C определяется пределами от 3,1 до 3,8 мгО₂/л, или 29,0 - 33,3% насыщения. Мальки омуля менее чувствительны - у них угнетение дыхания наблюдается в пределах 15,1% насыщения, или при концентрации кислорода 1,7 мгО₂/л.

Термопреферендум. При изучении терморегуляционного поведения в раннем постэмбриогенезе байкальского омуля предварительно акклиматизировали к температуре воды 5, 10, 15°C, в течение 5-10 суток. Результаты исследований полученные по термоизбиранию омуля для каждого этапа личиночного и малькового периодов развития можно описать уравнениями регрессии:

$$\text{X этап} \quad P = 8,23 + 0,006A + 0,0195A^2$$

$$\text{XI этап} \quad P = 8,934 + 0,138A + 0,0156A^2$$

$$\text{XII этап} \quad P = 9,328 + 0,1065A + 0,025A^2$$

$$\text{XIII этап} \quad P = 14,323 - 0,76A + 0,066A^2$$

$$\text{XIV этап} \quad P = 4,53 + 0,6692A - 0,01143A^2,$$

где P - избираемая температура, A - температура акклимации.

Анализ всех данных (600 опытов) показал, что квадратические равенства адекватно отражают взаимосвязь между температурой стабильного выбора и температурой акклимации. Наиболее чувствительны к изменениям температуры воды личинки омуля, на мальков температура акклимации и время ее действия оказывают незначительное влияние.

У молоди байкальского омуля прослеживается устойчивая закономерность терморегуляционного поведения, характеризующаяся возрастной динамикой (рис.1).

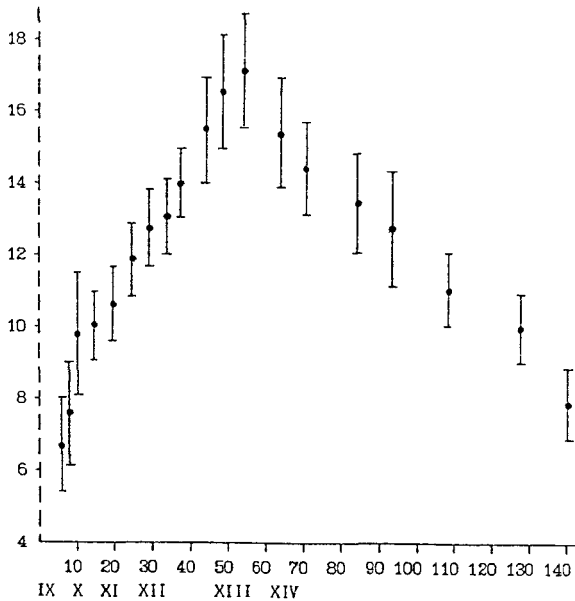


Рис.1 Термопреферендум омуля в раннем постэмбриогенезе. По оси ординат - температура °C, по оси абсцисс - возраст, сутки.

Личинки омуля предпочитают низкие температуры ($7,0 \pm 0,6^\circ\text{C}$). С ростом и развитием молоди наблюдается медленное увеличение границ температурного предпочтения до максимальной величины 17,5°C в мальковый период развития ($17,5 \pm 0,7^\circ\text{C}$), затем наблюдается обратная картина, термопреферендум медленно снижается ($8,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ к возрасту 140 суток) и в дальнейшем почти не изменяется, что полностью согласуется с экологией молоди омуля в естественных условиях. Термопреферендум у одновозрастной, но разноразмерной молоди омуля в основном совпадает. Диапазон оптимальных температур у мелких особей шире на $2-3^\circ\text{C}$, в сторону более низких значений.

Термопреферендум позволяет молоди омуля занимать "термальную нишу", обусловленную биологическими свойствами популяции и особенностями среды обитания и отличается у представителей различных экологических групп (Шкорбатов, 1966; Stauffer, 1985; Городилов, 1987; Coutan, 1987; Batty, 1994)

Термальная толерантность и верхние летальные температуры. Терморезистентность специфична у различных видов рыб и обуславливается генетическими, физиологическими особенностями, а также условиями среды обитания (Голованов, Линник, 1981; Winkler, 1985; Ильина, 1987; Scott, 1987). У личинок и мальков омуля при акклимации к температуре воды 5, 10, 15°C терморезистентность разная. В личиночный период развития влияние температуры акклимации на терморезистентность сильнее, порог верхних летальных температур изменяется на 1,5-5,2°C. В мальковый период развития наиболее активный процесс приспособления происходит в течение первых суток акклимации, при более длительной акклимации видимых изменений в отношении к верхним летальным температурам не замечено. У личинок и мальков байкальского омуля наблюдается возрастная динамика термоустойчивости (табл. 1).

Таблица 1

Толерантные и верхние летальные температуры у байкальского омуля на разных этапах развития

Период	Этап	Температура, °C				CV%
		Переносимая	Предостерегающая	Сублетальная	Летальная	
Личинка	IX	16.5±0.5	18.0±0.9	21.5±0.9	24.7±5.2	43
Чичерин	X	18.3±0.4	21.7±0.4	25.3±0.3	26.7±3.3	19
Ночный	XI	19.2±0.3	22.2±0.6	25.7±0.3	27.7±2.3	16
Маль	XII	19.3±0.2	23.4±0.2	27.1±0.3	28.7±2.1	10
Маль	XIII	21.7±0.6	24.0±0.5	27.9±0.5	30.6±0.8	5.6
Ко-вы	XIV	20.4±0.5	23.1±0.4	27.3±0.3	29.1±0.9	5.8
Вы	XIV	18.4±0.5	23.1±0.4	27.0±0.4	29.1±0.7	

Наиболее чувствительны к изменениям температуры воды личинки, порог верхних летальных температур у них на этапе смешанного

питания в среднем составляет $24,7 \pm 5,2$ °C, коэффициент вариации максимальный - 43%. В мальковый период развития границы верхних летальных температур сужаются и в дальнейшем почти не изменяются, на уровне 28-29°C, коэффициент вариации - 5,6%. Различия величин верхних летальных температур у разноразмерной молодежи омуля в личиночный период развития составляет 1,8°C, в мальковый - 0,4°C (табл.2).

3.2. Значение биотических условий в раннем постэмбриогенезе омуля

Внутривидовые взаимоотношения при разной плотности посадки и скорости перемещения в пространстве. При выращивании в бассейнах молодежи омуля благоприятные внутривидовые отношения при избытке рачкового корма и в границах оптимальных температур, констатируются в личиночный период развития при плотности посадки 50-75 экз/м³, в мальковый - 25 экз/м³. Выживаемость в личиночный период развития составляет 91%, в мальковый - 97%. При большей плотности посадки наблюдается замедление роста и развития молодежи омуля и увеличение смертности у личинок до 28%, у мальков до 15%. Возрастная элиминация, обусловленная различной чувствительностью личинок и мальков омуля к результатам воздействия абиотических и биотических условий, отмечалась также и другими исследователями (Мишарин, 1942; Топорков, 1967; Иванова, 1977; Ризванова, 1980; Зубарева, 1980; Зданович, 1988)

Скорость движения молодежи омуля обуславливается в основном размерами и температурой воды. Личинки двигаются со скоростью $1,3 \pm 0,7$ см/сек, мальки $22,2 \pm 5,9$ см/сек. У молодежи омуля одного возраста, но разной длины более высокая крейсерская скорость характерна для крупных личинок и мальков. Так, личинки в возрасте 15 суток, длиной 14 мм перемещаются со скоростью $3,2 \pm 0,4$ см/сек, более крупные (длина 21 мм) уже с - $5,3 \pm 0,5$ см/сек. Мальки в возрасте 88 суток с медленным ростом (длина 60 мм) двигаются со скоростью $10,4 \pm 0,8$ см/сек, у молодежи с быстрым ростом (длина 80 мм) скорость движения увеличивается до $21,2 \pm 2,1$ см/сек, что позволяет им находить благоприятные условия обитания, увеличивая их выживаемость в природных условиях. При увеличении температуры воды в диапазоне оптимальных границ, крейсерская скорость возрастает

Таблица 2

Толерантные и верхние детальные температуры у разноразмерной молодежи байкальского омуля

Период	Этап	Возраст, сутки	Длина, мм	Масса, г	Температура, °C			
					Переносимая	Предостерегающая	Сублетальная	Летальная
Личиночный	IX	5	9.3±0.7	12.3±1.7	16.5±0.5	18.0±0.9	21.5±0.9	24.0±0.8
	X	16	10.5±0.3	14.2±1.6	16.8±0.5	18.5±1.0	21.0±0.9	26.4±0.8
		16	14.0±0.6	16.6±1.6	17.0±0.6	22.0±1.5	25.6±0.7	28.2±0.9
		16	19.6±0.3	25.0±2.5	18.6±0.5	23.5±1.3	26.0±0.9	29.3±1.3
	XI	22	17.3±0.3	27.2±2.9	19.5±0.5	22.5±1.1	25.6±1.0	27.2±0.6
		22	21.6±0.9	60.0±5.2	20.2±0.1	22.3±1.3	26.6±1.2	28.9±0.4
		22	25.5±0.5	93.5±8.4	20.0±0.6	23.0±1.7	26.6±1.1	29.2±0.9
	XII	40	28.8±1.4	110.0±13.0	19.3±0.9	22.4±1.2	27.1±1.3	28.7±0.8
		40	30.6±1.6	196.6±18.5	20.0±1.5	23.0±1.8	27.3±1.4	29.5±1.2
		40	38.0±1.8	328.0±20.1	20.6±1.4	23.8±1.6	27.0±1.9	30.5±1.5
Мальковый	XIII	55	32.0±1.3	259.0±12.7	21.3±1.3	24.0±1.5	26.5±1.5	28.9±1.9
		55	40.0±2.4	365.5±15.6	21.3±1.2	24.0±1.2	26.5±1.4	29.7±1.7
		55	51.0±3.8	1776.0±19.8	20.3±1.4	23.1±1.4	27.2±1.1	30.5±1.8
	XIV	90	46.7±2.9	745.0±16.8	20.2±1.4	22.6±1.4	26.5±1.2	29.6±1.6
		90	64.3±6.3	1900.0±25.4	21.0±1.1	23.5±1.3	26.6±1.3	29.4±1.5
		90	70.0±6.7	2023.0±27.6	20.5±1.2	24.0±1.2	26.5±1.1	29.2±1.1
	XIV	120	48.0±3.7	570.0±18.9	18.5±0.8	22.0±1.0	26.2±1.6	28.2±1.2
		120	65.0±4.7	1500.0±26.5	19.0±0.7	23.6±1.4	26.0±1.4	28.1±1.2
		120	93.0±6.5	5060.0±19.6	19.5±0.9	23.1±1.5	26.2±1.2	28.2±1.3

личинки в 2,3 раза, у мальков в 1,3 раза), при толерантных - уменьшается (у личинок в 1,6 раза, у мальков в 2,4 раза) (табл.3).

Таблица 3.

Возрастные изменения скорости движения молоди омуля, см/сек.

Период развития	Этап	Возраст, сутки	Температура воды, °C	Длина, мм	Масса, мг	Скорость движения, см/сек.
Личиночный	X	10	10	15	18	1.3±0.8
	XI	16	12	20	36	4.2±1.3
	XII	36	14.5	33	268	8.8±2.7
Мальковый	XIII	54	16	45	552	15.6±3.9
	XIV	72	12.5	52	1240	17.9±4.5
		250	10	70	2490	22.2±5.9

Качество и количество корма при разной температуре воды. В личиночный период развития самый высокий темп роста отмечен при кормлении смешанным кормом (коловратки + ветвистоусые рачки науплиальных стадий) при среднесуточном рационе 50-60% от массы тела в границах термооптимума от 8°C до 17°C. Личинки, получавшие корм исключительно только из коловраток или только ветвистоусых рачков науплиальных стадий, росли медленнее. В мальковый период развития эффективное использование пищи на рост отмечено при кормлении мальков веслоногими рачками - эпишурой, молодью бычка желтокрылки. Молодь росла медленнее на монокормах из ветвистоусых рачков или гаммарид. Личинки и мальки омуля на всех этапах развития, выращиваемые при суточном рационе 40% от массы тела на живом корме из ветвистоусых рачков при низком температурном диапазоне (6-11°C), имели незначительную среднесуточную скорость роста, в личиночный период развития среднесуточный прирост массы составил 4,6%, а в мальковый - 4,9%. Неблагоприятное влияние высоких и низких толерантных температур на темп роста на ранних этапах онтогенеза отмечено и для других видов рыб (Elliot, 1975; Hokanson, 1977; McCormick, 1978; Захарова, Кабанова, 1982).

Продолжительность этапов развития раннего постэмбриогенеза омуля при разных величинах суточного рациона и температуры воды. IX этап - смешанного питания при максимальном суточном рационе

(смешанный корм) и в границах верхнего термооптимума (10°C) продолжается 6-7 суток, при температуре воды 8°C развитие личинок замедляется до 10-12 суток. Продолжительность X этапа развития при выращивании личинок в диапазоне термооптимума ($11-13^{\circ}\text{C}$) составляет 8 суток, длина колеблется от 12,6 до 18 мм. При более низких температурах воды происходит задержка в развитии на 5 суток. На XI этапе развития индивидуальная изменчивость линейных размеров колеблется от 15 до 21 мм, данный этап начинается с возраста 15 суток и продолжается 5 суток. При более низких температурных значениях (8°C) развитие личинок замедляется в 2,4 раза (табл.4).

Таблица 4

Продолжительность этапов развития байкальского омуля в зависимости от величины рациона и температуры.

Этап	Рацион, % от массы					
	60			20		
	Высокая опт. t $^{\circ}\text{C}$	Средняя опт. t $^{\circ}\text{C}$	6-10 $^{\circ}\text{C}$	Высокая опт. t $^{\circ}\text{C}$	Средняя опт. t $^{\circ}\text{C}$	6-10 $^{\circ}\text{C}$
IX	7	10	15	20	20	30
X	8	8	13	13	20	30
XI	5	8	12	15	10	20
XII	10	12	15	14	15	20

Последний этап личиночного периода развития (XII) характеризуется линейными размерами от 18 до 28 мм. Личинки омуля, подращиваемые в границах температурного оптимума, переходят на данный этап с возраста 20 суток с продолжительностью развития 10 суток. В экспериментах при низких значениях температуры воды ($6-10^{\circ}\text{C}$) данный этап бывает растянут до 15 суток. У личинок омуля, выращиваемых при минимальной концентрации кормовых организмов (20% от массы тела) на всех этапах, наблюдается десинхронизация развития. Мальковый период развития (XIII этап) при среднесуточном рационе 40% от массы тела и при температуре воды 15°C продолжается 20 суток. При температуре выращивания в пределах от

8 до 11°C морфогенез замедляется на 25 суток. XIV этап малькового периода развития, когда минимальные линейные размеры мальков определяются в 45 мм, в границах термооптима начинается с возраста 54 суток, при толерантных температурах воды - с возраста 70 суток. Видовые особенности развития обусловленные влиянием основных экологических факторов (температура, пища) характерны и для других видов рыб (Лебедева, Мешков, 1975; Ryzhkov, 1979; Казаков, Яндовская, 1980; Павлов, 1984). Таким образом, число и последовательность этапов развития при разных рационах и температурах воды сохраняется, но изменяется их длительность.

Глава 4. Влияние абиотических и биотических условий на развитие и рост молоди омуля

4.1. Линейный рост и прирост массы омуля на разных этапах личиночного и малькового периодов развития

Индивидуальная изменчивость линейного и весового роста байкальского омуля начинает проявляться на самых ранних этапах развития. В период выклева вариabельность длины ($2,0 \pm 0,4\%$) и массы ($5,4 \pm 0,8\%$) личинок минимальная. С момента перехода их на полное экзогенное питание наблюдается увеличение вариabельности размеров. Внутривидовая дифференциация молоди обуславливается как разноразмерностью выклюнувшихся личинок, так и разнообразием условий их обитания (наличия необходимого количества доступного корма, температурным и газовым режимами). Коэффициент вариации длины в личиночный период развития при благоприятных суточных рационах (60-65% от массы тела) и оптимальной температуре воды (10-17°C) составляет $5,2 \pm 0,2\%$, в возрасте 40 суток в мальковый период развития (35-40% от массы тела) увеличивается в 2,8 раза. При подрачивании молоди омуля при низких суточных рационах коэффициент вариации длины в личиночный период развития (рацион 20-35% от массы тела) возрастает до $13,3 \pm 2,2\%$, а в мальковый увеличивается в 3,7 раза. Существует тесная корреляция между величиной коэффициента вариации длины и массы молоди омуля и температурой воды. Низкие температуры усиливают вариabельность размеров даже при обилии корма. В личиночный период развития уровень изменчивости линейных размеров к возрасту 50 суток возрастает

тает до $8,5 \pm 1,8\%$. Толерантные температуры и недостаток необходимого количества корма усиливают вариабельность длины и массы личинок и мальков омуля и молодь значительно отстает в росте (табл.5).

Таблица 5

Коэффициент вариации линейных размеров байкальского омуля в личиночный период развития при разных величинах суточного рациона и температуре воды $6-8^{\circ}\text{C}$

Возраст, сутки	Рацион, % от массы			
	60	50	35	20
2	2.0 ± 0.1	2.0 ± 0.1	2.0 ± 0.1	2.0 ± 0.1
10	3.8 ± 0.3	4.0 ± 0.5	5.0 ± 0.9	5.2 ± 1.2
20	4.8 ± 0.5	5.5 ± 0.8	6.4 ± 0.7	7.4 ± 0.8
30	5.4 ± 0.9	6.3 ± 1.1	7.6 ± 1.3	8.8 ± 1.4
40	6.1 ± 1.1	7.2 ± 1.6	9.4 ± 1.5	11.6 ± 2.0
50	7.6 ± 1.7	8.5 ± 2.4	11.5 ± 2.5	14.8 ± 2.9

4.2. Разнокачественность по длине и массе омуля в раннем постэмбриогенезе

К формированию структуры популяции молоди омуля. Формирующееся в онтогенезе потомство всегда разнородно и детерминировано в основном экзогенной разнокачественностью (Лебедева, 1981; Жукинский, 1986). Если рассматривать длину и массу молоди омуля, используя такие критерии роста как быстрый, средний и медленный, то можно отметить, что на всех этапах развития наибольший процент составляет молодь со средней скоростью роста и значительно меньший с быстрым и медленным ростом. В личиночный период развития в границах термооптимума группа среднего размерного класса составляет $73,4 \pm 2,0\%$, с быстрым ростом $16,8 \pm 1,3\%$ и медленным - $9,8 \pm 0,6\%$. При недостатке кормовых организмов наблюдается увеличение молоди с медленным ростом. При суточном рационе 30% от массы тела доля личинок с медленным ростом возрастает до

35,7±0,9%, со средним ростом снижается до 49,1±0,9% и с быстрым ростом до - 15,2±0,5%. В мальковый период развития при среднесуточном рационе 40% от массы тела, корма из ветвистоусых рачков, наблюдается значительное преобладание мальков со средней скоростью роста (66%). При рационе 15% от массы тела число мальков с быстрым ростом уменьшается с 28,9 до 12,5%, а с медленным увеличивается с 7,2 до 18,7% соответственно. При низком суточном рационе (10% от массы тела) соотношение разноразмерной молодежи изменяется в сторону преобладания мальков со средней и медленной скоростью роста, а доля молодежи с быстрым ростом составила 10%. В раннем постэмбриогенезе омуля экзогенная разнокачественность определяется наличием доступных кормовых организмов, температурой воды. За период исследования, у молодежи байкальского омуля доминировали личинки и мальки со средней скоростью роста, особенно в личиночный период развития. У молодежи омуля, хорошо обеспеченной кормом, значительно преобладали личинки и мальки со средним и быстрым ростом. При низкой концентрации кормовых организмов наблюдалось увеличение доли молодежи с медленным ростом по сравнению с быстро растущими. Таким образом, индикатором условий жизни и общего биологического состояния популяции омуля могут служить данные изменчивости размеров и разнокачественности особей.

ВЫВОДЫ

1. Оптимальное содержание кислорода для личинок и мальков омуля находится в пределах от 6,9 до 12,5 мгО₂/л. Пороговый уровень для личинок составляет 30-33% насыщения, для мальков 13-15%. Потребление кислорода у личинок омуля выше (0,9 мгО₂/г/час), чем у мальков (0,4 мгО₂/г/час). С повышением температуры воды от 5°C до 15°C интенсивность потребления возрастает у личинок в 2,5 раза, у мальков в 2 раза.
2. У личинок и мальков омуля прослеживается устойчивая закономерность термоизбирания. Термопреферендум изменяется от низких значений температур (6-8°C на IX этапе), до высоких (15-17°C) на XII-XIII этапах, и снова низких (7-8°C на XIV этапе), что происходит в полном соответствии с природными условиями обитания молодежи омуля. Диапазон оптимальных температур у разноразмерной молодежи омуля в основном совпадает. Знание тем-

ратурного оптимума каждого этапа развития позволит повысить выживаемость молоди, сохранить высокий темп её роста, что необходимо учитывать при интенсивном рыборазведении.

3. Терморезистентность молоди омуля различна - наиболее чувствительны к повышению температуры воды личинки на IX-X этапах развития (верхние летальные температуры варьируют от 20°C до 28°C), в мальковый период развития границы верхних летальных температур колеблются от 27 до 29°C. При акклимации молоди омуля к температуре выше или ниже оптимальной, происходит смещение значений критического термического максимума у личинок на 1,5°C, а у мальков на 0,7°C.
4. В границах температурного оптимума при плотности посадки в личиночный период развития 50-75 экз/м³, в мальковый 25 экз/м³ у молоди омуля наблюдается интенсивный рост и высокая выживаемость.
5. Максимальный линейный и весовой рост молоди омуля отмечен в личиночный период развития на смешанном корме (коловратки, ветвистоусые рачки), в мальковый при кормлении молоди веслоногими рачками (эпишура) и молодью бычка желтокрылки.
6. Продолжительность этапов развития личинок и мальков омуля обуславливается, в основном температурой воды и количеством доступных кормовых организмов. В диапазоне термооптимума на каждом этапе развития и высоком суточном рационе, развитие и рост молоди омуля происходит пропорционально, в пределах нормы. Толерантные низкие температуры, недостаток необходимого количества кормовых организмов ниже 20-25% от массы тела в личиночный период развития, 10-15% от массы тела в мальковый замедляют морфогенез, увеличивая продолжительность развития.
7. Экзогенная разнокачественность у личинок омуля с переходом на полное экзогенное питание увеличивается, с доминированием личинок со средней скоростью роста. В диапазоне температурного оптимума, при наличии необходимого количества кормовых организмов, коэффициент вариации длины и массы изменяется незначительно, со значительным преобладанием молоди с быстрым и средним ростом. Низкие концентрации кормовых организмов и толерантные температуры усиливают разнокачественность, с доминированием молоди с медленным ростом. Популяция байкальского омуля формируется из молоди среднего размерного класса, крупный размерный класс обогащает её.

Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Козлова Н.И., Вещева Т.Н. Оптимальная и летальная температура воды для молоди некоторых сиговых рыб (омуль, сиг, пелядь) // Проблемы экологии Прибайкалья. Материалы III Всесоюзной науч. конф.- Иркутск, 1988. - с. 121.
2. Козлова Н.И. Температурный фактор в экологии молоди сиговых рыб. // Сб.Экологические исследования Байкала и байкальского региона. Ч.1. Иркутск, 1992. - с. 201-205.
3. Козлова Н.И., Топорков И.Г. Оптимальная и верхняя летальная температура воды для омуля в раннем онтогенезе. // Оценка состояния водных и наземных экологических систем: Экологические проблемы Прибайкалья.- Новосибирск: ВО "Наука"., 1994.- с. 39-42.
4. Козлова Н.И. Роль экологических факторов в формировании популяции байкальского омуля. // Тез.докл. межд.конф. по экологии Сибири "СибЭко-93". ИПИ, 1993.- с. 20
5. Козлова Н.И. Термопреферендум молоди сиговых рыб оз.Байкал // Тез.докл.V Всесоюз.совещ. по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. Санкт-Петербург, 1994.- с. 77-79.
6. Козлова Н.И., Топорков И.Г., Завьялова Т.Я., Долгоаршинных З.М. Биологическое обоснование к интенсивному воспроизводству байкальского омуля. // Тез.докл.V Всесоюзн. совещ. по биологии и биотехнике разведения сиговых рыб. Санкт-Петербург, 1994.- с. 34-35
7. Козлова Н.И. Термотолерантность байкальского омуля в раннем постэмбриогенезе. // Проблемы экологии. Чтения памяти проф. М.М. Кожова. Материалы V международной конференции, т.2.- Новосибирск: ВО "Наука"., 1995. - с. 303.
8. Козлова Н.И. Индивидуальная изменчивость линейных размеров байкальского омуля в раннем постэмбриогенезе. // "Задачи и проблемы развития рыбного хозяйства на внутренних водоемах Сибири". Материалы конференции по изучению водоемов Сибири. Тез.докл. - Томск, 1996.- с. 28-29.
9. Козлова Н.И., Топорков И.Г. Верхние температурные пределы байкальского омуля в раннем постэмбриогенезе. //Ихтиологические исследования озера Байкал и водоемов его бассейна в конце XX столетия - Иркутск, 1996.- с. 62-65.