

ИТБ ОА

28 АПР 1994

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК  
Уральское отделение  
Институт физиологии

На правах рукописи

ШУБИН ЮРИЙ ПАВЛОВИЧ

**ЭКОЛОГО-ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА  
МОЛОДИ СЕМГИ (SALMO SALAR L.)  
ЗАВОДСКИХ И ЕСТЕСТВЕННЫХ ГЕНЕРАЦИЙ**

03.00.13 - физиология человека и животных

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Сыктывкар 1994

Работа выполнена в Институте биологии Коми научного центра  
Уральского отделения Российской академии наук

Научный руководитель  
Заслуженный деятель науки Российской Федерации  
доктор биологических наук, профессор  
В.И. Лукьяненко

Официальные оппоненты:  
доктор биологических наук  
В.В. Гладиков  
Заслуженный деятель науки Республики Карелия  
доктор биологических наук, профессор  
В.С. Сидоров

Ведущее учреждение  
Институт экологии растений и животных  
Уральского отделения Российской академии наук

Защита состоится "25" мая ..... 1994 г. в 14 час. на  
заседании диссертационного совета Д. 200.25.01 в Институте  
физиологии Уральского отделения Российской академии наук по адресу:  
167610, Республика Коми, Сыктывкар, ул. Первомайская, д.48

С диссертацией можно ознакомиться в научной библиотеке Коми  
научного центра УрО РАН.

Автореферат разослан "15" апреля ..... 1994 г.

Ученый секретарь диссертационного совета  
кандидат биологических наук



Н.А. Черных

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Общие запасы атлантического лосося в морях Европейского Севера резко сокращаются, обедняется генфонд. Среднегодовые уловы семги за последние четыре десятилетия снизились более чем в два раза (Сидоров и др., 1989).

Для восстановления и поддержания численности популяций лосося на промысловом уровне на некоторых реках бассейнов Белого и Баренцева морей созданы рыбзаводы по искусственному выращиванию молоди семги. Однако, их деятельность остается пока малоэффективной (Вахтанжский и др., 1980; Шустов, 1983; Ермолаев, 1984; Казаков, 1990; Черницкий, Лоенко, 1990). Это связано, прежде всего, с недостатками самой биотехники разведения и отсутствием надежных критериев, по которым можно было бы оценить качество рыбодной продукции, то есть биологическую полноценность рыб заводских генераций, их адаптивный потенциал и выживаемость при смене среды: завод-река-море.

В последние годы для ускоренной инкубации икры и выращивания личинных особей практикуется водоподогрев. Ускоренное развитие молоди семги (акселерация) позволяет сократить в 2-3 раза цикл-период и снизить затраты на единицу рыбодной продукции. Однако, при этом необходимо знать, сопряжены ли более высокие метаболические и ростовые процессы с такими онтогенетическими изменениями в организме рыб, которые обуславливают подготовленность к покатному состоянию и жизнестойкость особей. Исследование этого вопроса только начинается (Лейзерович, 1980; Сидоров, 1983; Казаков и др., 1986; Анохина и др., 1989). При его решении исследователи часто опираются на подходы и методы экологической физиологии и биохимии рыб (Шульман, 1972; 1982; Лав, 1976; Хочачка, Сомеро, 1977, 1988; Лукьяненко, 1979, 1988; Шатуновский, 1980; Сидоров, 1983; Нейфах, Горголяк, 1985).

Эффективность биотехники искусственного выращивания молоди лосося будет зависеть от того, насколько эта биотехника будет опираться на знания онтогенетического развития вида и характера воздействия на заводских рыб средовых факторов, которые по своему набору и количественному выражению неадекватны природным. Реализация наследственной программы онтогенеза осуществляется через

последовательный синтез специфических белковых молекул. В этой связи качественный и количественный анализ белков выращиваемых рыб может дать ценную информацию об их развитии и отклонениях в онтогенезе от нормы, свойственной рыбам естественных генераций.

Цель исследования. Сравнить заводскую и дикую молодь семги по ряду физиологических, биохимических и морфологических показателей и на основе этого сравнения определить, какие из исследуемых показателей можно использовать для контроля за развитием заводской молоди и сроками ее смолтификации.

Задачи исследования.

- изучить особенности размерно-весовых характеристик, полового соотношения, возрастной и генетической структуры диких смолтов семги р.Солга и описать экологические условия, при которых происходит развитие рыб естественных и искусственных генераций.

- определить влияние подогретых вод на скорость и направление метаболических процессов в организме молоди, опираясь на измерение уровня активности ферментов сыворотки крови, содержание общего белка в сыворотке крови и распределение его по отдельным белковым фракциям.

- исследовать возрастную динамику фракционного состава гемоглобина семги и определить, происходит ли перестройка гемоглобиновых спектров у рыб с началом смолтификационного периода.

- дать общую оценку физиологического состояния заводской молоди перед выпуском с рыбзавода и после первых месяцев ее пребывания в реке.

Научная новизна работы. Впервые дана сравнительная комплексная оценка молоди семги диких генераций и молоди, выращенной на дососевом заводе в условиях водоподогрева с привлечением физиолого-биохимических, морфологических и генетических показателей, данных о соотношении полов и возрастной структуре, характере питания. Установлено, что удлинение периода оптимальных для роста температур сопровождается интенсификацией липидного обмена и избыточным ожирением заводской молоди. Достижение заводскими рыбами размерно-весовых показателей диких смолтов не сопряжено с преадаптивными перестройками организма к скату в море.

Показаны сдвиги биохимических параметров крови молоди семги после выпуска из выростных бассейнов в реку. Физиологическое состояние заводских пестряток в реке оценено как голодание, вызывае-

мое слабой обеспеченностью рыб в местах массового выпуска кормовыми станциями, медленным приобретением территориального поведения и соответствующих пищедобывательных рефлексов.

Впервые исследован ряд биохимических показателей крови у атлантического лосося в различных экологических условиях.

Практическое значение работы. Работа является частью многолетних исследований проводимых лабораторией экологии водных организмов Института биологии Коми НЦ УрО РАН (NN гос. регистрации 01.8.70 001939, 01.92.0 000502).

Полученные в ходе работы результаты могут быть использованы при разработке эффективной биотехники разведения молоди семги до покатного состояния. Для диагностики состояния молоди семги и при прогнозировании ее жизнестойкости как в условиях рыбаавода, так и после выпуска в реку предлагается использовать биохимические показатели сысротки крови. Показана применимость структурных форм гемоглобина как генетико-биохимического показателя для контроля за онтогенезом молоди семги в условиях искусственного выращивания и выработки размерно-весового стандарта продукции лососевых заводов для различных биотехнологических подходов.

Исследованные биохимические характеристики крови также применимы в качестве индикационных при организации мониторинга за состоянием популяций семги в условиях высоких техногенных нагрузок на среду обитания вида.

Апробация работы. Результаты исследований были представлены на VII-ой Всесоюзной конференции по экологической физиологии и биохимии рыб (Ярославль, 1989), 2-ом Всесоюзном симпозиуме по экологической биохимии рыб (Ростов, 1990), Коми республиканских молодежных научных конференциях (Сыктывкар, 1990, 1992, 1993), Всесоюзном симпозиуме по атлантическому лососю (Сыктывкар, 1990).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 8 работ.

Объем и структура диссертации. Диссертация изложена на 132 страницах машинописного текста. Состоит из введения, 6 глав, выводов и приложения. Содержит 23 рисунка, 19 таблиц, список литературы включает 186 источников, в т.ч. 71 - зарубежных.

## Глава I. УСЛОВИЯ РАЗВИТИЯ ДИКОЙ И ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ СЕМГИ. ПРОБЛЕМА "КАЧЕСТВА" ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ.

Дан краткий обзор литературы по экологии, биологии развития

и морфологии молоди семги в естественной среде обитания и на рыбодонных заводах. При анализе литературных данных по частной экологии вида на этапе речной жизни основное внимание уделено поведению, отношению к температуре, скоростям течения и глубинным рельефам дна, питанию (Владимирская, 1957; Азбелев, 1960; Бахтанский и др., 1976; Сидоров и др., 1977; Смирнов, 1979; Смирнов, Кузьмин, 1982; Казаков, 1982; Мартынов, 1983; Шустов, 1983; и др.). Приведены сведения о возрастных и размерно-весовых показателях молоди на стадии смолта, отражена роль морфо-физиологических и биохимических перестроек в жизни семги при смене среды река-море (Баранникова, 1976, Бахтанский и др., 1981; Черницкий, 1983; Захаров, 1983; Hoar, 1976; Saunders, Henderson, 1978; и др.)

Описаны условия выращивания молоди семги на рыбодонных заводах (конструкция бассейнов, их размеры, подача воды, температурный режим при инкубации икры и при выращивании рыб, используемые корма и кормосмеси). Оценена эффективность работы рыбодонных заводов по промвозврату выпущенной с завода молоди. Обсуждается ценность различных морфологических, физиологических и биохимических критериев, по которым можно судить о "качестве" и жизнеспособности заводских рыб.

## Глава 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Сборы биологических материалов проводили в разные сезоны 1988-1990 гг. Исследовали молодь семги, выращенную на Солаенском производственно-экспериментальном лососевом заводе (СПЭЛЗ), и молодь естественных генераций рек: Солаа (бас. Белого моря), Шугор (Уральский приток I порядка р. Печора), Йоканьга и Тулома (бас. Баренцева моря). Всего проанализировано 857 экземпляров рыб, из них 297 особей заводского происхождения. У каждой из рыб определяли размерно-весовые показатели, возраст, пол, характер окраски чешуйного покрова - степень серебрения (визуально). В условиях реки у молоди определены содержимое и степень наполнения желудочно-кишечного тракта.

Колориметрическими методами исследована активность сывороточных ферментов: ацетилхолинэстеразы (Ellmann et al., 1956), щелочной фосфатазы (Bessey et al., 1947), гаммаглутамилтрансферазы

(Orlowski, 1970), а также содержание общего белка биуретовым методом. С использованием методов электрофореза в полиакриламидном геле (Davis, 1964; Захаров, 1983; Шубин и др., 1993; Karnovsky et al., 1957; Gahne et al., 1981; Cross, Ward, 1985) проведено сравнительное изучение спектров гемоглобина и сывороточных белков, неспецифических эстераз печени и сыворотки крови, лактатдегидрогеназы, НАДФ<sup>+</sup>-зависимой малатдегидрогеназы мышц, сывороточной холинэстеразы.

### Глава 3. УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ, РАССЕЛЕНИЕ ЗАВОДСКОЙ МОЛОДИ ЛОСОСЯ В НИЖНЕМ ТЕЧЕНИИ Р.СОЛЗА

После выпуска в реку с выростных сооружений в нижнем течении реки Солза заводская молодь концентрировалась на перекатах, доля которых на 1 км. реки составила около 68 погонных метра, т.е. 6,8%. Здесь скорость течения (0,6 - 1,0 м/с) была выше, чем на соседних участках (плесы, ямы) и больше биомасса зообентоса (1,8 г/м<sup>2</sup>), определяющего кормовые запасы рыб в лососевых реках. На станциях расселения заводской молоди по биомассе среди донных беспозвоночных доминировали личиночные стадии ручейников (65%), поденок, хирономид и веснянок.

Основу питания молоди семги составляли ручейники. На долю этих организмов в пищевом комке у заводских пестряток приходилось 58% от общей биомассы, а у диких смолтов - 73,4%. Следует отметить высокое содержание в пище рыб организмов так называемой "воздушной" фракции (насекомых): у дикой молоди - 48%, у заводской - 60%. К августу доля таких организмов, собираемых с поверхности воды, у заводской молоди значительно упала, что связано, вероятно, с окончанием массового вылета насекомых.

Значения коэффициента упитанности (в среднем 1,01-1,15 в разные годы) и индекса наполнения желудочно-кишечного тракта (25-49 ‰/000) в вегетационный период у заводской молоди в р.Солза гораздо ниже, чем у пестряток естественных генераций рек Севера.

### Глава 4. СООТНОШЕНИЕ ПОЛОВ, РАЗМЕРНО-ВЕСОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА МОЛОДИ СЕМГИ Р.СОЛЗА

Анализируемая молодь заводских генераций была представлена

двумя возрастными группами: сеголетками и двухлетками. Признаков серебрения чешуйного покрова перед выпуском рыб с выростных сооружений не отмечено. Доля самок в разные годы и сезоны составляла от 45% до 52%. Средние показатели длины и массы заводских особей перед выпуском были не ниже соответствующих показателей диких смолтов. За три года из 297 проанализированных на рыбаводе рыб встречен лишь один карликовый самец. В то же время, после 2,5 месяцев речной жизни доля карликовых самцов среди заводской молодежи увеличилась до 28% от всей молодежи.

За период с 1988 по 1990 гг. выявлены сдвиги возрастной структуры дикого покатника, изменение в соотношении полов и увеличение средних показателей: возраста - с 2,8 до 4,1 года, массы - с 16,5 до 28,1 г и длины - с 117 до 144 мм. У диких покатников, отловленных в рыбоучетное заграждение в 1988, 1989, 1990 гг., коэффициент упитанности составил соответственно 1,246; 1,051; 0,939. Происшедшие изменения возрастной структуры и размерно-весовых показателей диких смолтов входят за рамки естественных колебаний, присущих популяциям атлантического лосося. Особую озабоченность вызывает отсутствие в уловах 1990 г. модальной возрастной группы ската (3+) предыдущих трех лет, а также падение общей численности катадромных мигрантов с 20 тыс. до нескольких сот особей (оценочно).

В популяции пока не произошло существенной потери генетического разнообразия: частоты двух аллелей локуса Me<sub>m</sub>-2 (митохондриальный малик-знаим скелетных мышц) как у диких, так и у заводских рыб близки к соотношению 0,5:0,5. Однако, репродуктивная часть солзненской популяции лосося постепенно уменьшается, поэтому, вероятно, как у заводской, так и у естественной молодежи фактическое число гомозиготных генотипов несколько превышает ожидаемое.

## Глава 5. ВЛИЯНИЕ УСЛОВИЙ ИСКУССТВЕННОГО ВЫРАЩИВАНИЯ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОЛОДИ СЕМГИ

### 5.1. Гемоглобин

Наибольший интерес в научном и практическом плане представляют компоненты гемоглобина, выявляемые при электрофорезе в зоне БДФ (быстродвижущиеся фракции) у части молодежи, находящейся в состоянии катадромной миграции (рис. 1).



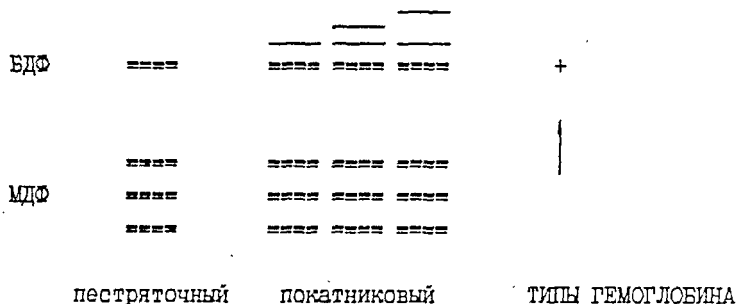


Рис. 1. Электрофоретические варианты гемоглобина атлантического лосося

Во время массового ската естественной молоди р.Солга минорные компоненты БДФ гемоглобина встречаются у 25-40% (в зависимости от года и условий ската) рыб, в то время как у рыб возраста 0+ Солаенского рыбавода, достигших размерно-весовых параметров диких смолтов и выпускаемых в реку как "покатник", таких компонентов не было. Покатниковые гемоглобины отмечены у 20% заводских годовиков. В 1990 г. в районе рыбавода отловлено 4 смолта заводского происхождения. одна особь имела покатниковый компонент гемоглобина.

Ни у одной из заводских пестряток, отловленных в реке, не выявлено гемоглобиновых компонентов, характерных для смолтов. На основании этого можно считать заводских рыб с наличием таких форм гемоглобина скатившимися, так как у атлантического лосося в онтогенезе не обнаружено прекращения синтеза "покатниковых" молекулярных структур дыхательного белка.

Проведенные исследования выявили наличие высокой относительной доли БДФ гемоглобина у естественной молоди лосося р.Солга, причем этот показатель у солаинских диких смолтов был выше, чем у разновозрастных пестряток естественных генераций. В то же время у выпускаемых в реку заводских пестряток доля БДФ гемоглобина соответствовала таковой трех- и четырехлетних пестряток, выросших в естественной среде. Выявлено более высокое содержание быстромигрирующих компонентов у двухлетних рыб, выращенных в искусственных условиях, по сравнению с сеголетками, а также воарастание

( $P < 0.05$ ) концентрации БДФ у заводской молоди в весенний период (с апреля по июнь 1988 г. на 5%) и в течение года (апрель 1988 г. - апрель 1989 г. на 11,2%).

### 5.2. Белки сыворотки крови

Общий белок. Отмечено более высокое содержание общего белка сыворотки крови у заводских пестряток по сравнению с дикими: 4,11 г/л и 3,56 г/л соответственно ( $P < 0.01$ ), а также снижение этого показателя у заводской молоди через две недели после прекращения подогрева воды до 3,50 г/л.

Альбумины. У разновозрастной молоди лосося постоянно присутствуют на электрофореграмме 7 основных белковых фракций: альбумины,  $\alpha_1, \alpha_2, \beta_1, \beta_2, \gamma$  - глобулины, трансферрины, в каждой из которых при окраске амидочерным 10 Б выявляется от одного до шести компонентов. Все фракции белков сыворотки, относящиеся к глобулинам, оказались мономорфными. Образцы сыворотки крови отдельных рыб отличались только по числу и положению на электрофореграммах альбуминовых фракций.

При исследовании гетерогенности альбумина у дикой и заводской молоди семги р.Солза обнаружен новый компонент, обозначенный нами как  $a_f$  и имеющий по отношению к известным трем (Шубин и др., 1979) более высокую электрофоретическую подвижность. Этот компонент встречен нами исключительно в комбинации " $a_f a_v$ " только у особей атлантического лосося солзенской популяции и не обнаружен у рыб, отловленных в реках Кольского полуострова, Северодвинского и Печорского бассейнов. В образцах сыворотки у солзенской семги различного происхождения с разной частотой присутствовали также фенотипы "v" и "av", а доля рыб, имеющих быстрый  $a_f$  компонент альбуминов составила в 1988-1990 гг. от 5,3 до 16,7% у диких и от 7,1 до 8,3% у заводских.

В заводских условиях при интенсивном характере роста относительное содержание альбуминов по сравнению с естественной их "нормой" у диких пестряток ниже в 1,6 раза. В период покатной миграции у дикого покатника относительное содержание альбуминов выше ( $P < 0,05$  в 1988 г.,  $P < 0,01$  в 1989 г.), нежели у молоди, выпускаемой с рыбзавода как "покатник". Сразу после выпуска с рыбзавода происходит некоторое увеличение у выращенных пестряток доли альбуминовых белков с 9,3 до 11,4%, однако, это увеличение происходит на фоне снижения концентрации общего белка в среднем с

4,11 до 3,50 г/л. Затем к середине августа происходит уменьшение средней доли альбуминов на 7,3% ( $P < 0,05$ ) по сравнению с апрелем, и на 24,0% ( $P < 0,01$ ) при сравнении с июньскими значениями.

Глобулины. Необходимо особенно отметить большой, по сравнению с дикими рыбами уровень относительного содержания богатых фосфолипидами  $\beta_1$ -глобулинов у заводской молодежи, менее подвижных при электрофорезе  $\beta_2$ -глобулинов, осуществляющих транспорт, в основном, триацилглицеринов (жиров), а так же  $\gamma$ -глобулинов (иммунокомпетентные белки). После перевода бассейнов на естественный водооборот (снижение температуры при которой содержится молодежь падает с 12-14°C до 0,5-2°C) и выпуска выращенных рыб в реку происходит перераспределение в соотношении между отдельными фракциями белка сыворотки (рис. 2)

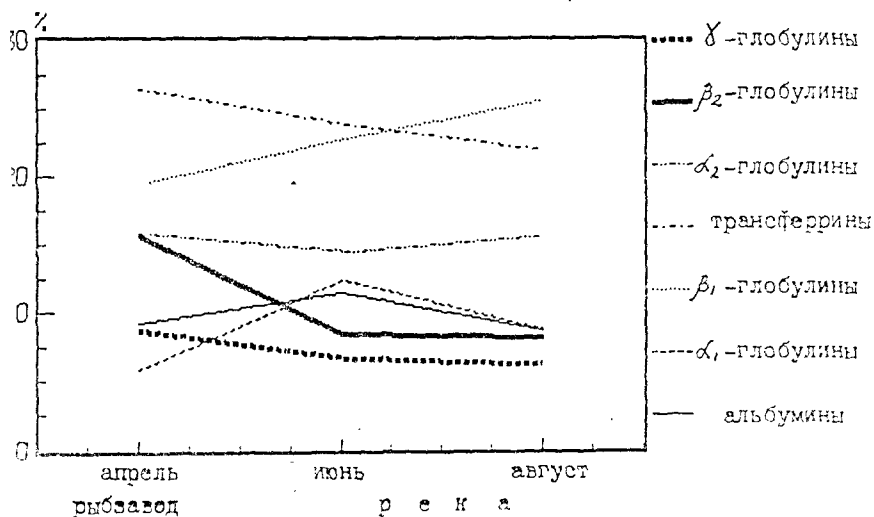


Рис. 2. Перераспределение белка сыворотки крови по отдельным фракциям у молодежи атлантического лосося после выпуска в реку.

### 5.3. Ферменты

Лактатдегидрогеназа. (ЛДГ, LDH, КФ 1.1.1.27). У дикой молодежи

семги ЛДГ экстрактов скелетных мышц разделена электрофорезом в крахмальном геле с трис-цитратной буферной системой на две группы изоферментов. Одну группу образуют два изофермента ЛДГ-В, обладающих более высокой электрофоретической подвижностью по сравнению со второй группой изоферментов (ЛДГ-А), состоящей из пяти изоферментов. В гемолизатах эритроцитов активна форма ЛДГ-А<sup>2</sup><sub>4</sub>, а в сыворотке крови ЛДГ-А<sup>1</sup><sub>4</sub> и ЛДГ-А<sup>2</sup><sub>4</sub> (Груздев, 1978). Каких либо различий между дикой и заводской молодью в спектрах ЛДГ не было обнаружено.

Эстеразы. (ЭСТ, Est, КФ 3.1.1.). Заметных качественных различий в спектре эстераз печени и сыворотки крови между молодью семги заводских и естественных генераций не обнаружено. У естественной молодежи рек Солза, Тулома и Шугор средние показатели АХЭ-активности сыворотки крови оказались практически одинаковыми и составили 262-280 Е/л. У заводских рыб этот показатель оказался в два раза ниже естественной "нормы" ( $P < 0,001$ ). Ацетилхолинэстераза относится к немногим тканевым ферментам пойкилотермных животных, обнаруживающим снижение активности с увеличением температуры окружающей среды, то есть, показывающая так называемую "обратную компенсацию" (Hazel, Prosser, 1970). Использование подогретых вод может быть реальной причиной снижения активности фермента. Образцы сыворотки крови, полученные непосредственно перед выпуском у молодежи на рыбаакадемии с интервалом более чем в полтора месяца (20 апреля и 10 июня) в среднем не отличались по скорости расщепления субстрата, то есть показатель АХЭ-активности оказался стабильным и является своего рода "биохимическим стандартом" для соответствующих условий инкубации и выращивания заводской молодежи. Возможность трансформации этого "стандарта" к "естественной норме" можно будет проверить после определенного периода адаптации молодежи к природным условиям.

Щелочная фосфатаза. (ЩФ, ALP, КФ 3.1.3.1). Средние величины активности ЩФ сыворотки крови у молодежи семги разных популяций в летний период группируются в пределах 48.3-60.0 Е/л. Достоверно более низкий показатель имели карликовые самцы (40.8±1,3 Е/л) и лошаые производители (17.0±3,5 Е/л). Более высокими показателями активности фермента характеризуется сыворотка крови, взятая у дикой молодежи семги в июне-июле, то есть в период активного питания рыб. В сезоны с низкой температурой воды при невысокой пищедобы-

вательной активности молоди значение показателя снижается на 35-40%. В условиях водоподогрева, обнаружили значительно более высокий уровень активности ЩФ сыворотки крови ( $124,2 \pm 13,5$  Е/л), нежели у дикой молоди семги.

Последовательное падение активности сывороточной ЩФ происходит после перевода бассейнов на естественный водооборот и выпуска пестряток в реку, причем у заводских пестряток в природных условиях уровень активности уже достоверно меньше, чем у диких рыб. Через 2 месяца после выпуска у заводской молоди показатель составлял лишь  $21,7 \pm 1,7$  Е/л.

γ-глутамилтрансфераза. (γ-ГТ, БГТ, К.Ф. 2.3.2.2). Уровень активности фермента в условиях рыбовода оказался ниже, чем у диких рыб;  $8,8 \pm 1,5$  Е/л и  $16,8 \pm 3,5$  Е/л соответственно. Полного восстановления активности γ-ГТ до "естественной нормы" после выпуска в реку у заводской молоди семги не происходит.

#### Глава 6. ФОРМИРОВАНИЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКОГО СТАТУСА МОЛОДИ СЕМГИ В УСЛОВИЯХ ВОДОПОДОГРЕВА, ЕЕ АДАПТАЦИЯ К ЕСТЕСТВЕННОЙ СРЕДЕ

В естественных условиях годовой линейный прирост у молоди семги длится на протяжении 3-4 месяцев (Владимирская, 1957; Сидоров, 1979; Шустов, 1983). Период наиболее интенсивного роста приходится на первую половину вегетационного периода. На уральской р.Шугор это обычно вторая половина июня - первые две декады июля. В эти сроки происходит до половины линейного годового прироста. Нарастание массы тела рыб осуществляется подобным образом. Однако, период увеличения массы рыб несколько короче за счет сокращения весового прироста в конце лета - осенью (Рубан, 1979; Сидоров, 1979). Активный рост молоди семги совпадает по времени с интенсивным жиронакоплением. Последнее связывают у рыб с необходимостью высоких энергозатрат в холодные сезоны года (Шульман, 1972; Шатуновский, 1976; Сидоров, 1983). А.К.Рубан (1979) выявил, что общая жирность пестряток всех возрастных групп повышается лишь в интервале июнь-июль, достигая максимума 8-8,5%. Уже к августу наблюдается незначительное снижение как общей жирности тушек молоди, так и жирности внутренних органов и тканей. В остальное время преобладают процессы деградации триацилглицеринов в ор-

ганизме рыб; а к началу следующего вегетационного периода у неполовозрелых особей разных возрастных групп уровень общей жирности снижается в среднем до величины порядка 4-5%. Таким образом, в ряду длина-масса-общая жирность интенсивность прироста возрастает, а сроки увеличения соответствующих параметров падают

При использовании подогретых вод пытаются применять такие температурные рамки, которые бы способствовали быстрому накоплению массы и линейному росту молоди. Уместно ожидать, что создание увеличенных по времени, оптимальных (или близких к оптимальным) для роста молоди дососей температур приведет к тому, что молодь к концу периода выращивания на теплых водах продолжительностью от 6 до 18 месяцев может иметь показатель жирности на порядок выше, чем у дикой. В.С. Анохина с соавт. (1989), определили, что величина жирности тушек и отдельных тканей молоди за полный год выращивания в условиях водоподогрева увеличиваются в 4-12 раз. Кроме того, следует учитывать сокращение энергозатрат при пищедобывании молоди и ограничение подвижности в выростных емкостях рыбзаводов, что, в конечном итоге, также будет способствовать накоплению жиров.

Интенсификация липидного обмена у молоди лососа на Солзайском рыбзаводе в условиях водоподогрева была ярко выражена. При вскрытии проб, в любое время суток, наблюдалось помутнение сыворотки крови (липемия). Существенно более высокой по сравнению с дикими пестрятками была концентрация  $\beta_2$ -глобулиновых фракций, содержащих липопротеины очень низкой плотности, в составе которых у лососевых велика доля триацилглицеридов (Sheridan, 1989). С другой стороны, необходимо упомянуть о чрезвычайно низком уровне активности холинэстеразы сыворотки крови у рыб в заводских условиях. Этот фермент гидролизует субстраты с эфирной связью и, возможно, играет определенную роль в липидном обмене (Glitterow, 1961).

Влияние средовых факторов на рост и развитие молоди лососа в условиях рыбозаводского завода просматривается и на уровне активности других ферментов. Так, резко возрастает активность сывороточной щелочной фосфатазы - фермента чувствительного к изменению средовых факторов и экологического статуса особи, отражающего характер обменных и ростовых процессов у позвоночных (Шубин, 1992).

Ряд биохимических показателей, связанных прямо или косвенно

с функционированием дыхательной системы не претерпевает заметных изменений. В частности, не обнаружено различий в соотношении и составе отдельных фракций гемоглобина и содержании трансферрина сыворотки крови у заводских и диких пестряток. Высокий уровень иммунокомпетентных и патологических белков ( $\gamma$ -глобулинов) у заводских рыб может быть обусловлен накоплением в бассейнах продуктов метаболизма и остатков пищи в связи с некачественным водооборотом в бассейне.

Исследованные показатели у искусственно выращенных рыб обладали значительным постоянством в разные годы. Наличие такого консерватизма позволяет говорить об особом "биотехническом стандарте" для рыб при соответствующих условиях разведения, отличном от "нормы", присущей дикой молоди семги.

У дикой молоди атлантического лосося в состоянии катадромной миграции наряду с перестройками различных систем организма, играющими адаптивную роль при смене среды: река-море (Баранникова, 1976; Бахштанский и др., 1981; Черницкий, 1983) происходят векторизованные изменения биохимических параметров крови: снижение концентрации сывороточного белка, относительной доли альбуминов, одного из белковых электрофоретических компонентов в зоне  $\beta$ -глобулинов; изменение в соотношении компонентов гемоглобина, а также синтез специфических вариантов гемоглобина, выявляемых при электрофорезе в полиакриламидном геле в зоне БДФ (Захаров, 1983).

Из представленных в таблице 2 данных можно сделать вывод, что заводской молоди, выпускаемой в июне, для того, чтобы достичь

Таблица 2

Сравнение молоди семги естественных и заводских генераций по некоторым биохимическим показателям крови, характеризующим смолтификационные сдвиги

| Показатели                    | Дикие смолты |            | Заводская молодь |             |
|-------------------------------|--------------|------------|------------------|-------------|
|                               | июнь         | апрель     | апрель           | июнь        |
| Доля альбуминов, %            | 10,2 ± 0,3*  | 9,3 ± 0,2  | 9,3 ± 0,2        | 9,4 ± 0,2   |
| Доля $\beta_1$ -глобулинов, % | 12,4 ± 1,2   | 19,4 ± 1,4 | 19,4 ± 1,4       | 22,7 ± 1,0  |
| Доля БДФ гемоглобина, %       | 62,8 ± 4,7   | 45,9 ± 2,4 | 45,9 ± 2,4       | 51,0 ± 2,2  |
| Концентрация белка, г/л       | 3,26 ± 0,1   | 4,11 ± 0,1 | 4,11 ± 0,1       | 3,64 ± 0,11 |

\* - Среднее значение ± ошибка средней

биохимического статуса диких смолтов и "вписаться" в приемлемые сроки ската необходимо иметь механизмы компенсации, способные в кратчайший срок привести в "соответствие" со средой системы, затронутые заводскими условиями развития, и, что очень важно, приобрести адаптивные характеристики для успешной выживаемости в морских условиях.

Отдельно хотелось бы остановиться на качественных, генетически детерминированных биохимических признаках смолтификации. Различные стада лосося отличаются по срокам и весовым показателям формирования "морского" типа гемоглобинов. Однако, та или иная доля рыб среди смолтов со специфическими "покатниковыми" компонентами гемоглобина имеется всегда. Причем различия по весовому показателю у особей разных стад подчеркивают определенную независимость развертывания генетической "программы" смолтификации от размерно-весовых характеристик рыб этого вида. На наш взгляд, это важная методологическая предпосылка определения стандарта продукции лососевых заводов по разведению семги до покатного состояния (Захаров, Шубин, 1989).

Только у особей, проведенных на рыбзаводе около полутора лет и превышающих по массе 24 г, начинаются структурные перестройки гемоглобина. У основной же доли заводских рыб, выпускаемых с завода как "покатники" таких перестроек не обнаружено. Данный факт свидетельствует о необходимости выработки конкретного весового стандарта для каждого биотехнического режима выращивания, с учетом популяционных особенностей семги в данной реке.

Несомненно, физиологические и биохимические показатели, характеризующие рыб естественных популяций, могут служить основой для сравнения и сопоставления с показателями развития заводской молодежи и выявления у последней тех изменений, которые отражаются на жизнеспособности. Однако, искусственный режим выращивания молодежи семги неизбежно ведет к изменению силы и направленности воздействия средовых факторов на онтогенез. Ответная реакция организма рыб на искусственно создаваемые условия определяется степенью генетической и экологической пластичности вида.

Оценку биологической полноценности заводской молодежи можно провести лишь после определенного периода обитания в естественных условиях. Однако, здесь необходим учет факторов внешней среды,



которые благоприятствуют выживанию молоди в реке. Критическими являются первые месяцы адаптации рыб к естественной среде, связанные с переходом от "подаваемой к столу пищи" на рыбзаводе к питанию естественными кормами и их добыванию.

Как показали наблюдения, рыбы, выпущенные в конце мая в районе Солгинского рыбзавода, концентрировались на перекатах, где скорость течения, аэрация воды, биомасса зообентоса были выше, чем на плесовых участках реки. Очевидно, поведенческие реакции, обеспечивающие выбор подходящих для кормления стаций в реке, у заводской молоди не нарушены.

Однако, физиологическое состояние заводских пестряток показывает, что успешной адаптации этих рыб к условиям реки не происходит. У заводских рыб гораздо ниже, чем у особей естественных генераций в вегетационный период коэффициент упитанности и индекс наполнения кишечно-желудочного тракта, прирост склеритов на речном этапе отсутствовал, к августу наблюдалась (визуально) полная дегградация полостных жиров, за два месяца снизились концентрация белка сыворотки крови на 17%, содержание альбуминов в среднем более, чем на 20%, активность ЩФ сыворотки крови на 32%; происходит перераспределение в содержании белковых фракций сыворотки крови (рис. 2). В целом, молодь лосося после массового выпуска в р. Солгау в ее нижнем течении находится в состоянии, которое можно охарактеризовать как голодание. Изменения отдельных показателей, характеризующих физиологическое состояние организма рыб, после выпуска имеют сходную тенденцию и графически отображаются в виде обратной логарифмической функции (рис. 3).

Смолты заводского происхождения, отловленные в период массовой миграции естественной молоди семги, в 1990 г. не имели существенных отличий по биохимическим показателям от диких. Однако, по многим параметрам их "заводское" происхождение было весьма заметным. Прежде всего просматривалось недоразвитие жаберных крышек и наличие рубцового валика на спинном плавнике, высокое содержание полостных жиров. Среди заводских смолтов отмечена значительная доля рыб со слабо выраженным серебрением. К тому же надо отметить, что смолты от искусственного выращивания имели 1-2 года речной жизни, т.е. не скатывались в море сразу после выпуска.

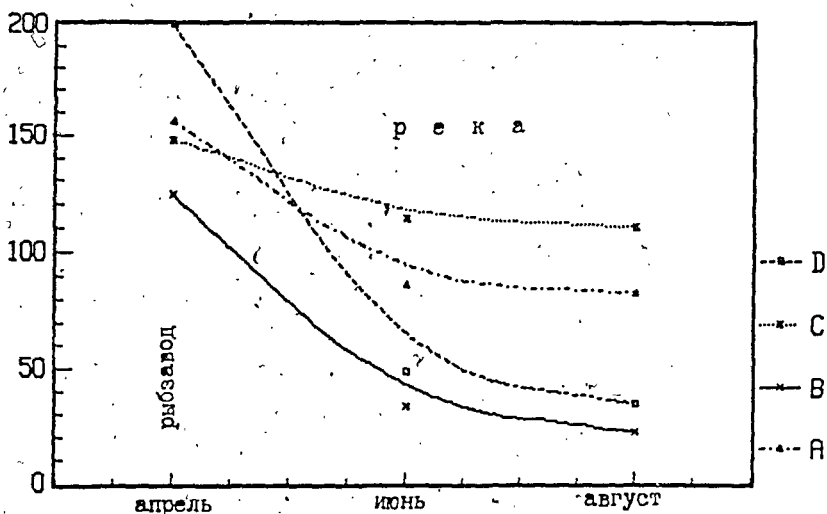


Рис. 3. Изменение индекса наполнения кишечно-желудочного тракта (А, ‰), коэффициента упитанности по Фултоу (В, \*100), активности щелочной фосфатазы сыворотки крови (С, Е/л) и относительной доли  $IgG$ -глобулинов (D, \*10, %) у заводской молоди семги после выпуска в реку.

### ВЫВОДЫ

1. Условия выращивания заводской молоди семги по многим факторам (температурный режим, фотопериодизм, корма, плотность посадки) резко отличаются от условий, в которых происходит формирование молоди естественных генераций.

2. Использование водоподогрева на лососевом заводе при низких температурах естественной среды в сочетании с обильным кормлением приводят к ускоренному росту рыб. Заводская молодь имеет к моменту выпуска (возраст рыб - 0+, 1+) линейно-весовые характеристики катадромных мигрантов (смолов) естественных генераций трех-пятилетнего возраста. Акселерация ростовых процессов, сопровождается интенсификацией липидного обмена и приводит к избыточному ожирению молоди. Достоверно более высокий уровень концентрации белка сыворотки крови у заводских рыб по сравнению с дикими

обусловлен повышением относительного содержания липопротеиновых электрофоретических фракций:  $\beta_1$ -глобулинов (на 18%),  $\beta_2$ -глобулинов (на 43%), а так же иммунокомпетентных белков фракции  $\gamma$ -глобулинов (на 28%);

3. У рыб, выращиваемых в заводских условиях происходят разнонаправленные сдвиги в активности ферментных систем сыворотки крови:

- активность холинэстеразы в 2 раза ниже, чем у диких в вегетационный период ( $132 \pm 9$  Е/л и  $280 \pm 25$  Е/л соответственно);

- у заводских пестряток более чем в 2 раза выше, чем у диких активность сывороточной щелочной фосфатазы:  $124.2 \pm 13.5$  и  $55.1 \pm 5.1$  Е/л соответственно;

- активность  $\gamma$ -глутамилтрансферазы у заводской молодежи  $8,8 \pm 1,4$  Е/л,  $15,2 \pm 2,1$  Е/л - у дикой.

4. Заводские сеголетки, выросшие в условиях водоподогрева, достигшие к моменту выпуска в реку размерно-весовых показателей диких смолтов, отличаются от последних степенью развития и подготовленности организма к переходу к жизни в море. У заводской молодежи сохраняются характерные для пестряток тип гемоглобина и соотношение фракций сывороточных белков, отсутствуют визуальные признаки смолтификации: "серебрение" чешуйного покрова, потемнение грудных и брюшных плавников.

Синтез "пкатинового" типа гемоглобинов в условиях рыбавода наблюдается у части полутораговых рыб, то есть в более раннем возрасте, нежели у рыб естественных генераций, однако при более высоких размерно-весовых показателях.

6. После выпуска молодежи в реку у рыб прекращается рост, уменьшается индекс наполнения желудочно-кишечного тракта, коэффициент упитанности падает, почти в 6 раз снижается активность щелочной фосфатазы, уменьшается концентрация общего белка в сыворотке крови и альбуминовых компонентов. Все это позволяет оценить физиологическое состояние молодежи после выпуска в реку как голодающее.

7. Показано влияние условий развития и физиологического состояния на уровень активности щелочной фосфатазы сыворотки крови. Отмечено снижение активности в период низких температур (на 30%), при отсутствии пищи (на 76% за семь суток), при половом созревании карликовых самцов (на 21 %) и анадромных мигрантов (на 64%),

при повышении температуры воды на 5° выше верхней границы оптимальной для вида (на 12%). Более высоким показателем активности щелочной фосфатазы характеризуются одноразмерные особи более младшего возраста: дикие 3+ и 4+ соответственно 61 Е/л и 46 Е/л; заводские 0+ и 1+ - 165 Е/л и 73 Е/л.

Показатель активности щелочной фосфатазы может быть использован для контроля за ростом и развитием молоди семги при искусственном разведении.

8. Обнаружен новый электрофоретический компонент сывороточных белков фракции альбуминов, специфичный для солзеной популяции лосося, который можно использовать в качестве маркера для идентификации искусственно создаваемых стад семги на путях миграций и нагульных станциях в море.

ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ:

1. Захаров А.В., Шубин Ю.П. Сравнительный анализ электрофоретической структуры гемоглобина молоди атлантического лосося. // Тез. докл. VII Всесоюзной конференции по экологической физиологии и биохимии рыб. - Ярославль. 1989. - т.1, С. 149-151.
2. Шубин Ю.П. Уровень холинэстеразной активности сыворотки крови у заводской и дикой молоди семги (*Salmo salar* L.) // Биология атлантического лосося на Европейском Севере СССР. - Сыктывкар, 1990. - С. 115-120.
3. Шубин Ю.П., Шубина В.Н. Условия питания молоди семги в нижнем течении р.Солаа // Тез. докл. симпозиума по атлантическому лососю. - Сыктывкар, 1990. - С. 86.
4. Шубин Ю.П., Челпанова Т.И., Шубин П.Н. Именчивость частот аллелей  $M_{em-2}$  локуса у семги рек Европейского Севера // Тез. докл. симпозиума по атлантическому лососю. - Сыктывкар, 1990. - С. 79.
5. Шубин Ю.П. Оценка физиологического состояния заводской молоди семги в реке Солаа // Тез. докл. II Всесоюзного симпозиума по экологической биохимии рыб. - Ростов, 1990. - С. 284-285.
6. Шубин Ю.П. Новый компонент сывороточных альбуминов атлантического лосося // Тез. докл. 11-ой Коми Республиканской молодежной конференции. - Сыктывкар, 1990. - С. 21.
7. Шубин Ю.П. Изменение биологических параметров смолтов семги

(*Salmo salar* L.) в реке с зарегулированным стоком // Мат. 13-ой Коми Республиканской молодежной конференции. - Сыктывкар, 1992. - С. 54.

8. Шубин Ю.П. Влияние условий развития и физиологического состояния на уровень активности щелочной фосфатазы сыворотки крови атлантического лосося // Мат. II молодежной конференции "Охрана и воспроизводство природных ресурсов". - Сыктывкар, 1993. - С. 91-93.