

587-111; 587.442; 639.311

УДК 597.44:576.8.008.311.2.017

**БЕЛКОВЫЙ СОСТАВ СЫВОРОТКИ КРОВИ У ЗАВОДСКОЙ  
МОЛОДИ БЕЛУГИ В НОРМЕ И ПРИ ДЛИТЕЛЬНОЙ  
ЗАДЕРЖКЕ ЕЕ В ПРУДАХ****В. И. Лукьяненко, А. В. Попов**

Среди многих актуальных проблем современного осетроводства центральное место занимает проблема «весовых стандартов», или, если следовать современной ее интерпретации, — проблема оптимальных сроков выпуска заводской молоди в естественный водоем (Лукьяненко, 1966, 1971; Лукьяненко, Кокоза, 1969). Проблема эта имеет теперь уже более чем тридцатилетнюю историю, но не решена и по сей день. Объясняется это прежде всего сложностью рассматриваемого вопроса и отсутствием единого подхода к его разрешению.

Поскольку основное требование к продукции осетроводных заводов — выпуск в естественный водоем жизнестойкой молоди, способной перенести резкие колебания основных параметров водной среды (соленость, температура, содержание кислорода, величина рН) и избежать пресса хищников, постольку стали искать эквивалент этой жизнестойкости и методы ее определения. Естественно, что проблема стандарта осетровой молоди могла быть решена только с позиций и методами физиологии, однако к моменту проектирования будущих осетровых заводов физиология молоди осетровых была разработана очень слабо и не позволяла дать какие-либо практические рекомендации. Именно поэтому, на наш взгляд, вопрос о стандарте осетровой молоди с самого начала был решен без необходимого научного обоснования, лишь на основе эмпирического опыта, накопленного американскими рыбоводами по разведению лососевых (Карзинкин, 1940). Согласно этому опыту наиболее высокая выживаемость заводской молоди лососевых в естественных условиях и, следовательно, наиболее высокий процент возврата был у молоди около 3 г. Учитывая, что лососевые, как и осетровые, представляют собой группу проходных рыб, выдающиеся советские рыбоводы А. Н. Державин и Б. Г. Чаликов сочли возможным рекомендовать эту навеску (2—3 г) в качестве стандарта и для осетровой молоди, что и было принято на первом этапе развития промышленного осетроводства.

В пятидесятых годах текущего столетия вопрос о стандартной навеске заводской молоди осетровых вновь привлек к себе внимание (Матвеев, 1951; Константинов, 1953; Карзинкин и сотр., 1959). В работе Б. С. Матвеева, в частности, детально рассмотрена этапность развития молоди осетровых и ее связь с устойчивостью к внешним факторам. На основе проведенного анализа Б. С. Матвеев рекомендует выпускать молодь осетровых в возрасте одного месяца, т. е. в конце личиночного

периода, при средней массе 750—900 мг. Близкую навеску для молоди севрюги рекомендует и К. Г. Константинов (однограммовую), а молодь осетра он считает необходимым подращивать до навески в 2 г.

Рекомендации К. Г. Константинова (1953) основаны на сопоставлении размеров покатоной молоди осетровых естественной генерации. В обстоятельной работе Г. С. Карзинкина, Е. В. Солдатовой и И. А. Шехановой (1959) рассматривается возможность выпуска заводской молоди куринских осетровых с навеской в 1 г. Согласно данным этих авторов, полученным в результате наблюдений за меченой радиоактивным фосфором ( $P^{32}$ ) молодь в реке и предустьевом пространстве (исследовали питание молоди, ее поведение и отношение к солености), плановую навеску куринского осетра в 2 г можно снизить вдвое и выпускать однограммовую молодь. Правда, авторы, учитывая ответственность этого вывода, считают, что «необходимо до окончательного его утверждения и внедрения в практику провести ряд дополнительных работ, в частности, по массовому мечению и одновременному выпуску с завода молоди осетра различных весов» (стр. 40).

К иным выводам пришел Е. Г. Бойко (1963), который, как и Г. С. Карзинкин с сотрудниками, изучал выживаемость заводской молоди осетровых различной массы, но не в Куре, а на Дону. Оказалось, что выживаемость молоди с низкой навеской (0,5 г) почти в 10 раз меньше, чем выживаемость молоди с более высокой навеской (3—5 г). Основная причина низкой выживаемости заводской молоди осетровых малой навески состоит, по мнению Е. Г. Бойко, в ее большей доступности хищникам в сравнении с более крупной молодь. На основе полученных данных Е. Г. Бойко приходит к выводу, что доонские осетроводные заводы должны выпускать молодь массой не менее 3 г. «В дальнейшем, пишет он, будет признано целесообразным выращивать молодь и до значительно большего среднего веса» (Бойко, 1963, стр. 66). Развивая эту идею, А. Ф. Гунько (1965) предлагает выращивать молодь осетровых до 5—10 г.

Продолжая линию исследований с молодь куринского осетра, начатую Г. С. Карзинкиным и др. (1959), сотрудники Азербайджанского отделения ЦНИОРХ А. А. Махмудбеков и Р. А. Маилаян (1966) подтверждают возможность снижения плановой навески заводской молоди осетра до 1 г. По их данным, молодь осетра с навесками 1, 2 и 3 г характеризуется почти одинаковой выживаемостью в прудовых условиях и устойчивостью к голоданию. Все три весовые категории осетра успешно скатываются в море, причем скорость ската обратно пропорциональна навеске. Особый интерес представляют экспериментальные данные этих авторов, согласно которым 5—6-граммовая молодь осетровых поедается судаком в 2 раза больше, чем 0,5-граммовая. Интенсивность выедания 2- и 6-граммовой молоди оказалась примерно одинаковой.

Обобщая полученные экспериментальные данные, А. А. Махмудбеков и Р. А. Маилаян приходят к выводу, что «гипотеза, чем больше навеска молоди, тем выше выживаемость» построена на субъективном представлении о состоянии молоди и не имеет под собой сколько-нибудь серьезного подтверждения» (стр. 58). Авторы считают, что однограммовая молодь по биологическим и физиологическим показателям ни в чем не уступает 3-граммовой молоди и, следовательно, нет особой нужды передерживать молодь в прудах для достижения ею более высокой навески.

Таким образом, к настоящему времени вопрос о стандартном весе (массе) приобрел особую остроту и здесь выявились две противоположные точки зрения. Согласно одной из них (Матвеев, 1951; Константинов, 1953; Карзинкин и сотр.; 1959; Махмудбеков и Маилаян, 1966) существующую «стандартную навеску» заводской молоди осетровых, равную 3—2 г, можно снизить до 1—2 г. Сторонники другой (Бойко, 1963;

Марти, 1964; Гунько, 1965) рекомендуют выращивать молодь более крупных навесок, считая, что тем самым увеличивается вероятность ее выживания в естественном водоеме.

Анализ имеющихся литературных данных показывает, что в обоих случаях показателем физиологической полноценности или «качества» заводской молоди осетровых служит масса этой молоди, ее «навеска». Между тем масса молоди, сама по себе достаточно удобный (наглядный) показатель деятельности осетроводных заводов, конечно никак не может характеризовать физиологическую полноценность, определяющую выживание молоди в естественных условиях, ибо она зависит в первую очередь от степени сформированности различных физиологических систем организма, лежащих в основе его адаптации к абиотическим и биотическим факторам водной среды (Лукьяненко, 1966). Отсюда следует, что единственным критерием своевременности выпуска заводской молоди осетровых в естественный водоем может служить лишь степень ее жизнестойкости или, что то же, устойчивости к резким перепадам важнейших параметров водной среды, определяемой сочетанной деятельностью различных функциональных систем и обеспечивающей выживание этой молоди в естественных условиях.

Исследованиями нашей лаборатории, проведенными по многолетней единой программе (Лукьяненко, Козога, 1968, 1969; Козога, Лукьяненко, 1968, 1970; Козога, 1967, 1968, 1969), установлено нарастание жизнестойкости молоди с возрастом и ее относительная стабилизация на определенном этапе онтогенеза, по достижении которого дальнейшее повышение жизнестойкости резко замедляется. На основе этого принципиальной значимости факта нами был сформулирован принцип «оптимальных сроков выпуска», под которым мы понимаем время выращивания молоди в прудах, необходимое для относительной стабилизации резистентности. Причем мы имели в виду именно минимальное время содержания молоди в прудах, ибо с физиологической точки зрения крайне нежелательно передерживать ее в прудах, т. е. в экологически обедненной среде, резко отличающейся по комплексу абиотических и биотических факторов от естественного водоема. Достаточно в этой связи вспомнить о результатах опытов Р. Ю. Касимова (1965), характеризующих некоторые важнейшие поведенческие реакции молоди осетровых, выращенной заводским способом. Оказалось, что ориентация заводской и естественной молоди в сложной обстановке и их реакция на хищника далеко не равнозначны. Поведение молоди естественной генерации значительно более сложно в сравнении с поведением заводской молоди, особенно выращенной бассейновым методом.

Совокупность полученных данных по динамике жизнестойкости молоди осетровых в период заводского выращивания и времени ее относительной стабилизации позволила выявить оптимальные сроки выращивания и выпуска этой молоди в естественный водоем (Лукьяненко, Козога, 1969), которые для разных видов оказались несколько различными: для молоди севрюги на 30—40-й день со времени выклева; для молоди белуги на 35—45-й день со времени выклева; для молоди осетра на 40—50-й день со времени выклева. Рекомендуемые лабораторией физиологии и биохимии ЦНИОРХ сроки выращивания и выпуска базируются на результатах прямого определения уровня жизнестойкости или, что то же, устойчивости молоди к экстремальным значениям важнейших параметров водной среды (температура, соленость, концентрация кислорода, величина рН и др.). Особая значимость этого показателя определяется еще и тем, что «устойчивость» — это показатель, характеризующий организм в целом.

Однако при использовании такого интегрального показателя физиологической полноценности заводской молоди остаются неизвестными динамика формирования и степень сформированности важнейших



физиолого-биохимических систем организма, определяющих нормальный ход ее жизнедеятельности на различных этапах индивидуального развития, в том числе и в период заводского выращивания. Изучение этой стороны рассматриваемого вопроса особенно необходимо для контроля хода выращивания молоди в прудах и управления им путем изменения условий выращивания в сторону их оптимизации. Отсюда возникает необходимость поиска таких физиолого-биохимических показателей, которые бы возможно более полно и тонко отражали особенности физиологического состояния организма в целом и его отдельных функциональных систем. Эта задача стоит в центре внимания названной выше лаборатории (Лукьяненко, 1966, 1970) и особое внимание при этом уделяется сывороточным белкам, играющим многогранную физиологическую роль в организме: поддержание вязкости крови, имеющей решающее значение нормального тока крови и проницаемости сосудов; поддержание коллоидно-осмотического давления и тем самым сохранение объема крови; поддержание постоянства величины рН; поддержание уровня катионов в крови путем образования с ними недиализирующих соединений; транспортирование многих, биологически активных веществ, в том числе жиров, гормонов, витаминов в ткани; обеспечение защитной функции крови и т. д.

Многочисленными работами последнего времени, обзор которых можно найти в сводках Х. Буки (Booke, 1964), Х. Кулова (Kulow, 1966), Г. Е. Шульмана и Н. И. Куликовой (1966), В. И. Лукьяненко и С. И. Седова (1968) показано, что белковый спектр сыворотки крови рыб характеризуется высокой изменчивостью и может быть использован в качестве важнейшего биохимического показателя функционального состояния организма. Результаты анализа белкового спектра сыворотки крови могут быть использованы при решении ряда важнейших рыбоводных задач, в том числе таких, как определение оптимальных условий выращивания молоди различных групп рыб, определение оптимальной плотности посадки молоди в пруды, полноценности пищевых рационов и степени обеспеченности молоди пищей, оценка степени половой зрелости и реактивности производителей на гипофизарные инъекции и др.

Несмотря на значительное число работ по белковому составу сыворотки крови рыб и продолжающееся их увеличение, необходимо все же отметить крайнюю неравномерность изученности отдельных экономически ценных видов рыб. Сказанное относится в первую очередь к осетровым, о белковом составе сыворотки крови которых до последнего времени было всего лишь два сообщения. Первое из них принадлежит Е. Маньен (Magnin, 1958) о сывороточных белках атлантического осетра (*Acipenser sturio*). Методом электрофореза на бумаге показано, что у осетровых, как и у других видов рыб, можно выявить четыре фракции: альбумины (среднее содержание 18,3%),  $\alpha$ -глобулины (около 9%),  $\beta$ -глобулины (около 52%) и  $\gamma$ -глобулины, содержание которых по мнению Е. Маньен, ничтожно. Содержание альбумина у молодых особей меньше в сравнении с более старшими. По данным Г. Е. Шульмана и Н. И. Куликовой (1966), в крови осетровых (русский осетр, севрюга и белуга)  $\gamma$ -глобулины отсутствуют вообще, альбуминов даже меньше (около 13%), чем у атлантического осетра,  $\alpha$ -глобулинов около 13%, а вот  $\beta$ -глобулинов оказалось 74%, т. е. в 2—3 раза больше, чем у большинства костистых рыб.

В 1965 г. в лаборатории физиологии и биохимии ЦНИОРХа было начато планомерное изучение белкового состава сыворотки крови осетровых, которое ведется вплоть до последнего времени (Лукьяненко, 1966; Лукьяненко, Ермолин, Седов, Попов, 1967; Лукьяненко, Попов, Мишин, 1971; Лукьяненко, Шелухин, 1968; Шелухин, 1966; Лукьяненко,

Попов, 1968, 1969, 1971; Попов, 1968, 1969). Первая серия работ была выполнена методом зонального электрофореза на бумаге (Лукьяненко, Седов, 1968), с помощью которого было установлено сходство белкового состава сыворотки крови осетровых и костистых рыб, выразившееся в наличии у них четырех основных фракций: альбуминов,  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулинов. Правда, содержание  $\gamma$ -глобулинов у осетровых незначительно (от 5% у белуги до 11% у осетра), однако они все же имеются и выявляются регулярно. Видимо, Г. Е. Шульману и Н. И. Куликовой (1966), сообщивших об отсутствии у азово-черноморских осетровых  $\gamma$ -глобулинов, просто не удалось разделить  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулины, косвенным свидетельством чему могут служить их данные о чрезвычайно, можно сказать, необычно высоком содержании  $\beta$ -глобулинов.

Методом электрофореза на бумаге выявлены существенные индивидуальные, сезонные, экологические и функционально обусловленные колебания в содержании отдельных фракций сывороточных белков у осетровых. В частности, показано наличие четких различий в содержании отдельных фракций сывороточных белков между ходовыми и покатыми осетрами, т. е. в преднерестовый и посленерестовый периоды. Так, например, среднее содержание альбуминов у ходовых рыб составляет около 30% против 7—10% у покатых. В то же время у покатых рыб отмечено повышение содержания  $\gamma$ -глобулинов до 18—20% против 8—11% у ходовых. Показано также изменение белкового состава сыворотки крови у русского осетра под влиянием антигенного раздражителя (Лукьяненко, 1970, 1971), в частности, увеличение у иммунизированных рыб наименее подвижных глобулинов, а именно  $\beta$ - и  $\gamma$ -глобулинов. Наконец, выявлено наличие четких внутривидовых различий белкового состава сыворотки крови осетровых. Южнокаспийские формы осетра и севрюги, например, отличаются от северокаспийских более высоким содержанием общего белка и отдельных электрофоретических фракций. Об этом же свидетельствуют и данные по коллоидной устойчивости сывороточных белков у осетровых обеих популяций (Лукьяненко, 1970).

Хотя методом электрофореза на бумаге можно получить весьма ценную информацию об особенностях белкового состава сыворотки крови у рыб в целом и у осетровых в частности для решения ряда задач эколого-физиологического плана, однако низкие разрешающие способности этого метода не позволяют составить полное представление о степени гетерогенности, т. е. функциональной дифференцировке сывороточных белков, знание которой совершенно необходимо для рыбободной физиологии, биохимической систематики и популяционной генетики рыб. Именно поэтому мы обратились к наиболее совершенному на сегодняшний день аналитическому методу белковой химии — дискэлектрофорезу в полиакриламидном геле, который был налажен в нашей лаборатории в 1965—1966 гг.

С помощью этого метода получены принципиально новые данные о степени электрофоретической гетерогенности сывороточных белков у осетровых, которая оказалась сопоставимой с гетерогенностью белков у высших позвоночных и человека. Методом дискэлектрофореза в полиакриламидном геле у осетровых удалось выявить от 15—17 до 21 компонента, причем наиболее гетерогенен белковый состав сыворотки крови у русского осетра, а наименее — у севрюги (Лукьяненко, Попов, 1968; Лукьяненко, Попов и др., 1968). Обнаруженная с помощью этого метода чрезвычайно высокая гетерогенность сывороточных белков у осетровых, равно как и у костистых рыб (Лукьяненко, Попов, 1968, 1971), свидетельствует об их многогранной физиологической роли, поэтому возникла идея изучить динамику формирования этой биохимической системы в раннем онтогенезе у осетровых, в частности, в период их заводского выращивания, с тем чтобы составить представление о сте-

пени «физиологической сформированности» заводской молоди осетровых перед ее выпуском в естественный водоем.

Но главный замысел работы состоял в том, чтобы сопоставить предлагаемые нашей лабораторией (Лукьяненко, Кокоза, 1969) сроки выпуска заводской молоди осетровых, установленные экспериментально путем изучения динамики жизнестойкости молоди, с темпами формирования одной из наиболее лабильных и жизненно важных биохимических систем организма, какими являются сывороточные белки. Первое сообщение этого плана посвящено результатам изучения динамики формирования фракционного состава сывороточных белков у заводской молоди белуги. Исследование проводили в течение двух рыбоводных сезонов: в 1969 г. на Волжском экспериментальном осетровом рыбоводном заводе, а в 1970 г. на Икрянинском осетровом заводе.

Белковый состав сыворотки крови определяли у 30-, 60-, 90- и 120-дневной молоди белуги, а также у неполовозрелых и половозрелых рыб. Особое внимание при этом уделяли молоди, длительно (2—4 месяца) задержанной в прудах. Кроме того, сопоставляли фракционный состав сывороточных белков молоди, выращенной бассейновым и прудовым методами. Кровь у молоди белуги брали путем отрезания хвостового стебля, а у взрослых рыб из жаберных сосудов. Полученную после отстаивания сыворотку подвергали электрофоретическому анализу по прошествии не более 24 ч с момента взятия крови. Анализ фракционного состава сыворотки крови выполнен с помощью дискэлектрофореза в полиакриламидном геле по схеме, описанной нами ранее (Лукьяненко, Попов и др., 1967; Лукьяненко, Попов, 1971).

Сопоставление белкового состава сыворотки крови у 30-дневных личинок, выращенных прудовым методом и в бассейнах системы ВНИРО на Икрянинском заводе, позволило выявить наличие существенных различий между ними по этому показателю (табл. 1).

Таблица 1

Компонентный состав сывороточных белков у 30-дневных личинок белуги

Группа молоди	Фракции							Группа молоди	Фракции						
	РА1b	А1b	$\alpha_1$	$\beta$	$\alpha_2$	$\gamma$	$\Sigma$		РА1b	А1b	$\alpha_1$	$\beta$	$\alpha_2$	$\gamma$	$\Sigma$
Прудовая	3	1	1	2	7	1	15	Бассейно- вая	2	1	1	2	6	1	13
	3	1	1	2	7	1	15		2	1	2	2	6	1	14
	3	1	2	2	8	1	17		2	1	2	2	6	1	14
	3	1	1	2	7	1	15		2	1	2	2	6	1	14
	3	1	2	2	8	1	17		1	1	2	2	6	1	13
	3	1	1	2	7	1	15		2	1	2	2	6	1	14

Сывороточные белки прудовой личинки более гетерогенны (15—17 компонентов) в сравнении с бассейновой (13—14 компонентов) на 2—4 компонента. Эти различия обусловлены более высокой гетерогенностью у прудовой молоди преальбуминов (3 против 2 у бассейновой) и  $\alpha_2$ -глобулинов (7—8 компонентов против 6 у бассейновой). Анализ компонентного состава сывороточных белков каждой из четырех основных фракций у 30-дневных личинок, подрощенных как прудовым, так и бассейновым методом, показывает следующее. Альбумины у обеих групп личинок представлены одним компонентом с относительной подвижностью 0,7, на долю которого приходится около 4,8% общего белка. Более подвижная, чем альбумины, так называемая фракция преальбуминов у прудовой личинки представлена тремя компонентами, а у бассейновой — двумя, однако количественное содержание всех этих компонентов весьма незначительно и варьирует от 0,36 до 0,5% общего белка, который не превышает у личинок этого возраста 1 г%.



Зона  $\alpha_1$ -глобулинов с подвижностью 0,22—0,60 состоит из 1—2 компонентов (в редких случаях из трех) с четко выраженными дисками. На долю этих компонентов приходится до 20—25% общего белка, причем первый из них, т. е. наиболее подвижный, самый мощный.

Зона  $\beta$ -глобулинов на диск-фограмме белков человека занимает промежуточное положение между  $\alpha_1$ - и  $\alpha_2$ -глобулинами, а не за  $\alpha_2$ -глобулинами, как это имеет место при зональном электрофорезе сывороточных белков на бумаге и в агаре. У личинки белуги она представлена двумя компонентами с довольно высоким относительным содержанием белка — до 30%, причем наиболее подвижный из них значительно более мощный (около  $\frac{2}{3}$  белка этой фракции) в сравнении со вторым компонентом.

В зоне подвижности  $\alpha_2$ -глобулинов (0,01—0,22) находится наибольшее количество компонентов: 6 у бассейновой личинки и 7—8 у прудовой. Первый компонент этой зоны наиболее мощный (до 13% общего белка), затем идут 3 компонента с относительным содержанием белка 5—6%, а следующие 3—4 компонента характеризуются равномерно нарастающей подвижностью и примерно равным содержанием белка — по 1,6—2,4%.

Наконец, в зоне подвижности  $\gamma$ -глобулинов у 30-дневной личинки белуги находится один компонент, расположенный на старте, с относительным содержанием белка около 3%.

Компонентный состав сывороточных белков 60-дневной молоди белуги приведен в табл. 2. Анализ приводит к выводу, что он весьма сходен с компонентным составом сывороточных белков 30-дневной прудовой личинки.

Таблица 2

Компонентный состав сывороточных белков 60-дневной молоди белуги

Номер опыта	Фракции							Номер опыта	Фракции						
	РАIb	AIb	$\alpha_1$	$\beta$	$\alpha_2$	$\gamma$	$\Sigma$		РАIb	AIb	$\alpha_1$	$\beta$	$\alpha_2$	$\gamma$	$\Sigma$
1	3	1	1	2	8	1	16	7	2	1	1	2	9	1	16
2	3	1	1	2	6	1	14	8	3	1	1	2	8	1	16
3	2	2	2	2	8	1	17	9	3	1	1	2	8	1	16
4	3	2	2	2	6	1	16	10	3	2	2	2	7	1	17
5	2	1	2	2	6	1	14	11	2	1	2	2	6	1	14
6	2	2	1	2	6	1	14	12	3	2	1	2	6	1	15

В самом деле, зона преальбуминов у 60-дневной молоди содержит 2—3 компонента, правда, их количественное содержание (около 1,5% общего белка) заметно выше, чем у 30-дневной личинки, но все еще составляет лишь незначительную долю общего белка. Более существенны различия в количественном содержании альбуминов между 30-дневной личинкой и 60-дневной молодью белуги: у последней она почти в 2 раза выше (около 9%). Другая особенность альбуминов двухмесячной молоди белуги состоит в наличии у 42% особей двух компонентов альбумина (двойной альбумин)). Первый из них заметно больше второго в количественном отношении (6% против 2%).

В зоне подвижности  $\alpha$ -глобулинов у 60-дневной молоди белуги выявляется 1—2 компонента с относительным содержанием белка около 17%, т. е. несколько меньше, чем у 30-дневной личинки.

$\beta$ -глобулины у молоди этой возрастной группы представлены двумя компонентами, т. е. как и у 30-дневной личинки, но с заметно меньшим содержанием белка — около 17%. Другая особенность состоит в том, что первый из этих двух компонентов у 60-дневной молоди белуги менее мощный, чем второй, с относительным содержанием белка

5% против 14%, в то время как у 30-дневной личинки, напротив, первый компонент, расположенный в зоне  $\beta$ -глобулинов, значительно более мощный, чем второй (23% против 9%).

Наиболее гетерогенна зона  $\alpha_2$ -глобулинов. Здесь проявляется 6—8 компонентов (редко 9), т. е. примерно столько же, сколько и у 30-дневной личинки, но суммарное содержание белка всех этих компонентов у 60-дневной молоди белуги (около 40%) несколько выше в сравнении с 30-дневными личинками (32%).

Если белковый состав сыворотки крови у 30- и 60-дневной молоди белуги весьма сходен как по степени гетерогенности, так и по количественному содержанию белка отдельных фракций (кроме альбуминов), то у следующей исследованной нами возрастной группы — у 90-дневной белуги в сравнении с двумя предыдущими обнаружены существенные особенности сывороточных белков. Прежде всего обращает на себя внимание их более низкая гетерогенность у трехмесячной молоди, общее число компонентов у которой 12—15 (табл. 3), причем у 75% особей всего лишь 12, т. е. на 3—4 компонента меньше, чем у двухмесячной молоди.

Таблица 3

Компонентный состав сывороточных белков 90-дневной молоди белуги

Номер опыта	Фракции						
	PAIb	Alb	$\alpha_1$	$\beta$	$\alpha_2$	$\gamma$	$\Sigma$
1	1	1	2	2	7	1	14
2	1	1	2	2	5	1	12
3	1	1	3	2	7	1	15
4	1	1	2	2	6	1	13
5	1	1	2	2	5	1	12
6	1	1	2	2	5	1	12
7	1	1	2	2	5	1	12
8	1	1	2	2	5	1	12
9	1	1	2	2	5	1	12
10	1	1	2	2	5	1	12
11	1	1	2	2	5	1	12
12	1	1	2	2	5	1	12

Таблица 4

Компонентный состав сывороточных белков у 120-дневной молоди белуги

Номер опыта	Фракции						
	PAIb	Alb	$\alpha_1$	$\beta$	$\alpha_2$	$\gamma$	$\Sigma$
1	1	1	3	3	3	1	12
2	1	1	3	3	3	1	12
3	1	1	3	3	3	1	12
4	1	1	4	3	3	1	13
5	1	1	4	3	2	1	12
6	1	1	4	3	2	1	12
7	1	1	3	3	5	1	14
8	1	1	3	3	3	1	12
9	1	1	3	3	3	1	12
10	1	1	4	3	3	1	13
11	1	1	3	3	3	1	12
12	1	1	3	3	3	1	12

Это обеднение компонентного состава сывороточных белков у трехмесячной молоди обусловлено более низкой гетерогенностью у нее зоны преальбуминов и  $\alpha_2$ -глобулинов. В зоне преальбуминов, в частности, у нее проявляется всего лишь один компонент, как и в зоне подвижности альбуминов, причем относительное содержание альбуминов у трехмесячной молоди (3%) почти в 3 раза меньше в сравнении с 30-дневной личинкой белуги.

В зоне подвижности  $\alpha_1$ -глобулина у трехмесячной молоди белуги находятся 2 довольно мощных компонента, суммарное содержание которых составляет 36% общего белка, т. е. значительно больше, чем это имело место у молоди двух предыдущих возрастных групп.

$\beta$ -глобулины трехмесячной белуги представлены двумя компонентами, суммарное содержание которых (около 23% общего белка) почти одинаково с двухмесячной (19% общего белка), но заметно меньше в сравнении с одномесячной белугой (33% общего белка).

В зоне подвижности  $\alpha_2$ -глобулинов выявляются 5—7 компонентов, чаще 5 (у 75% особей), т. е. в среднем на 2—3 компонента меньше, чем у двухмесячной и одномесячной белуги. Внутри этой зоны подвижности обнаруженные компоненты можно разбить на три группы. В первой из них 1—2 компонента, во второй — 3 компонента и в треть-



ей группе — 2 компонента, один из которых (более подвижный) — самый мощный в зоне  $\alpha_2$ -глобулинов.

$\gamma$ -глобулины трехмесячной молоди белуги представлены одним компонентом с незначительным содержанием белка — около 5%. Завершая характеристику компонентного состава сывороточных белков трехмесячной молоди белуги, отметим, что содержание общего сывороточного белка у этой возрастной группы всего лишь 0,4 г%, т. е. почти в 3 раза меньше, чем у двух- и одномесячной белуги.

Компонентный состав сывороточных белков у 120-дневной молоди белуги (табл. 4) весьма сходен с тем, что только что описано для 90-дневной молоди белуги. В самом деле, общее число компонентов у четырехмесячной молоди белуги, а именно 12—14 (у 75% особей 12), почти такое же, как и у трехмесячной белуги. Преальбумины и альбумины представлены у них одним компонентом, хотя содержание альбуминов у четырехмесячной белуги заметно больше (9,5% общего белка), чем у трехмесячной.

В зоне подвижности  $\alpha_1$ -глобулинов у четырехмесячной белуги находится 3—4 компонента (чаще 3 — у 66% особей), а у трехмесячной  $\alpha_1$ -глобулины представлены, как правило, двумя компонентами. Однако количественное содержание белков этой зоны подвижности у молоди обеих возрастных групп примерно одинаково и даже несколько меньше (около 25% общего белка) у четырехмесячной молоди.

В зоне подвижности  $\beta$ -глобулинов у четырехмесячной белуги 3 компонента, а вот зона  $\alpha_2$ -глобулинов у молоди этой возрастной группы, в которой находятся от 2 до 5 компонентов (чаще 3) заметно обеднена в сравнении с этой зоной у трехмесячной молоди.

$\gamma$ -глобулины четырехмесячной белуги представлены одним компонентом с относительным содержанием белка около 5%.

Завершая изложение опытных данных по белковому составу сыворотки крови у заводской молоди белуги, мы хотели бы остановиться на материалах, характеризующих эту важнейшую биохимическую систему крови у молоди, выращенной в прудах с обедненной кормовой базой и неблагоприятными экологическими условиями. Речь пойдет о белковом составе сыворотки крови у равновозрастной молоди белуги, выращенной в одном из «неблагополучных» прудов Волжского экспериментального осетрового завода в 1969 г. Он оказался значительно менее гетерогенным (табл. 5), чем у молоди, выращенной в нормаль-

Таблица 5

Компонентный состав сывороточных белков у заводской молоди белуги, выращенной при неблагоприятных экологических условиях

Возраст	№ опыта	Фракции							Возраст	№ опыта	Фракции						
		РАlb	Alb	$\alpha_1$	$\beta$	$\alpha_2$	$\gamma$	$\Sigma$			РАlb	Alb	$\alpha_1$	$\beta$	$\alpha_2$	$\gamma$	$\Sigma$
Одно- месячная	1	2	1	1	2	3	1	10	Трех- месячная	10	1	1	1	2	4	1	10
	2	2	1	1	2	5	1	12		11	1	1	1	2	5	1	11
	3	2	1	1	2	3	1	10		12	1	1	1	2	4	1	10
	4	2	1	1	2	3	1	10		13	1	1	1	2	4	1	10
	5	2	1	1	2	3	1	10		14	1	1	2	2	5	1	12
Двух- месячная	6	2	1	1	2	4	1	11		15	1	1	1	2	4	1	10
	7	1	1	1	2	4	1	10		16	1	1	1	2	5	1	11
	8	1	1	1	2	4	1	10		17	1	1	2	2	4	1	11
	9	1	1	1	2	5	1	11		18	1	1	2	2	5	1	12

ных условиях. Особенно велик разрыв в числе компонентов между двумя сопоставляемыми группами молоди у 60-дневной молоди, т. е. после 30- и 45-дневного пребывания в прудах. Общее число компонен-

тов у этой возрастной группы белуги, выращенной при неблагоприятных условиях, 10—11, а в норме 14—17. Обеднение компонентного состава сывороточных белков у молоди, выращенной в неблагоприятных экологических условиях, происходит за счет снижения числа компонентов с высокой подвижностью (преальбумины и альбумины) и в зоне подвижности  $\alpha_2$ -глобулинов.

У трехмесячной молоди белуги, выращенной в неблагоприятных экологических условиях, гетерогенность сывороточных белков по-прежнему значительно ниже, чем у нормальной молоди, но разрыв в числе компонентов между ними несколько сокращается за счет снижения числа компонентов у нормальной молоди в результате «передержки» ее в прудах (сравните табл. 3 и 5). Сказанное относится и к белковому составу сыворотки крови двух сопоставляемых групп белуги четырехмесячного возраста.

Общее число компонентов у нее (11—12) практически одинаково с тем, что выявлено у трехмесячной молоди (табл. 5). Как обычно, наиболее гетерогенна зона  $\alpha_2$ -глобулинов, в которой расположены 4—5 компонентов примерно одинаковых по содержанию белка и с равномерно нарастающей подвижностью. Обращает на себя внимание заметное увеличение относительной подвижности альбуминов в возрастном ряду от одного до четырех месяцев: от 0,45 у одномесячной молоди до 0,60 — у четырехмесячной. Среднее содержание общего белка у четырехмесячной молоди примерно такое же, как и у трехмесячной белуги — 1,5 г%.

Обобщая полученные нами материалы по фракционному составу сывороточных белков у различных возрастных групп заводской молоди белуги, необходимо подчеркнуть, что он не остается постоянным в период заводского выращивания и в значительной мере определяется конкретными экологическими условиями, складывающимися в прудах. Об этом наиболее демонстративно свидетельствуют результаты сравнительного изучения фракционного состава сывороточных белков у молоди, выращенной в нормальных условиях и в прудах с неблагоприятной кормовой базой. У первой из них фракционный состав сывороточных белков (14—17 компонентов) значительно более гетерогенен, чем у второй (10—11), в то время как содержание общего сывороточного белка у них одинаково — 1,2 г%. Это сопоставление позволяет сделать один весьма важный для рыбоводной физиологии вывод: оценка физиологического состояния или, что то же самое, «качества» заводской молоди только по содержанию общего белка, без анализа степени его гетерогенности, дает далеко не полное представление о степени физиологической сформированности этой молоди.

Наши данные показывают, что при относительно высоком содержании общего сывороточного белка степень его дифференцировки, предопределяющая многогранную физиологическую роль этой биохимической системы крови, может быть даже ниже, чем у особей с меньшим содержанием общего белка. Об этом наиболее наглядно говорят данные по фракционному составу сывороточных белков двухмесячной и трехмесячной белуги, выращенной в нормальных и малопродуктивных прудах. Дифференцировка сывороточных белков у молоди белуги, выращенной в нормальных условиях, заметно выше (на 3—4 компонента) в сравнении с молодью из малопродуктивных прудов. Эти различия следует увязать с обедненностью кормовой базы, резкими перепадами температуры, неустойчивым кислородным режимом и колебаниями величины рН, характерными для малопродуктивных прудов. В самом деле, различия фракционного состава сывороточных белков между обеими сопоставляемыми группами молоди наиболее контрастны в возрасте 30—60 дней, т. е. в период, когда наиболее рельефно вы-

ступают особенности кормовой базы и температурно-кислородного режима отдельных прудов.

В дальнейшем, по мере обеднения кормовой базы, повышения температур и ухудшения кислородного режима, а именно в период с первой декады июля и по вторую декаду августа, различия между прудами сглаживаются (за счет ухудшения условий в более лучших из них), а условия выращивания молоди резко ухудшаются. Об этом однозначно свидетельствуют полученные нами материалы о снижении содержания общего сывороточного белка и обеднении фракционного состава сывороточных белков у трех- и четырехмесячной молоди белуги, выращенной в высокопродуктивных прудах. В это же время у молоди рассматриваемых возрастных групп происходит снижение общей жизнестойкости и особенно ее терморезистентности (Лукьяненко, Кокоза, 1970), а также ухудшение общего физиологического состояния, одним из показателей которого может служить концентрация гемоглобина крови. Если у 40-дневной молоди белуги среднее содержание гемоглобина составляет 4,7 г%, то у трехмесячной молоди оно падает до 2,9 г%, т. е. почти на 40%. Все сказанное позволяет считать, что длительное содержание молоди белуги в прудах с целью подращивания ее до высоких навесок (10 г и более) нецелесообразно в связи с резким ухудшением физиологического качества молоди, а следовательно, и возможностью высоких отходов после выпуска ее в естественный водоем. Снижение физиологического качества молоди находит свое проявление не только в снижении общей жизнестойкости, как это следует из наших предыдущих работ, но и в ухудшении многих физиологических показателей, в том числе или прежде всего фракционного состава сывороточных белков крови.

Анализ динамики изменения фракционного состава сывороточных белков у заводской молоди осетровых в возрастном аспекте показывает, что его формирование наиболее быстро проходит в первый месяц выращивания, когда общее число компонентов достигает 14—17 (прудовая молодь), т. е. весьма близко к тому, что отмечается у половозрелой белуги (табл. 6).

Таблица 6

Компонентный состав сывороточных белков у половозрелой белуги

Номер опыта	Фракции							Номер опыта	Фракции						
	PAIb	AIb	$\alpha_1$	$\beta$	$\alpha_2$	$\gamma$	$\Sigma$		PAIb	AIb	$\alpha_1$	$\beta$	$\alpha_2$	$\gamma$	$\Sigma$
1	1	2	1	3	8	1	16	7	1	2	3	3	7	1	17
2	1	2	1	3	8	1	17	8	1	2	2	3	7	1	16
3	1	2	1	3	7	1	15	9	1	1	2	3	8	1	16
4	1	2	2	4	7	1	17	10	1	2	1	3	7	1	15
5	1	2	2	3	8	1	17	11	1	1	2	3	6	1	14
6	1	2	2	3	7	1	16	12	1	2	2	3	7	1	16

Конечно, в данном случае речь идет лишь об общем сходстве степени гетерогенности фракционного состава сывороточных белков у однемесячной и взрослой половозрелой белуги, ибо между ними имеются и существенные различия в распределении компонентов по отдельным фракциям (сравните табл. 1 и 6), в относительном содержании каждого компонента, как и в содержании общего белка. Однако нас в данном случае интересует вопрос о том, насколько существенно меняется фракционный состав сыворотки крови у молоди белуги в период ее заводского выращивания и как близко он приближается к «взрослому» типу по мере увеличения длительности ее содержания в прудах.



Результаты проведенного исследования показывают, что в период с 30-го по 120-й день подращивания молоди белуги в прудах фракционный состав сыворотки крови не претерпевает существенных преобразований, приближающих его к «взрослому» типу. Как мы уже отмечали у 30- и 60-дневной молоди белуги, фракционный состав сыворотки крови представлен 15—17 компонентами. А вот дальнейшее содержание молоди в прудах, вернее ее задержка в прудах, привела к обеднению фракционного состава сывороточных белков у трех- и четырехмесячной молоди белуги и снижению общего числа компонентов до 12—14, что вероятнее всего следует связать с частичным голоданием этой «перезадержанной» молоди.

Подводя общие итоги выполненного исследования, необходимо подчеркнуть, что задержка молоди в прудах более 30 дней не приводит к существенному улучшению (в смысле усложнения) фракционного состава сывороточных белков. Более того, длительная задержка (3—4 месяца) молоди в прудах ведет к обеднению фракционного состава сывороточных белков и снижению содержания сывороточного белка. Отсюда следует, что рекомендуемые нашей лабораторией (Лукьяненко, Кокоза, 1969; Кокоза, Лукьяненко, 1970) сроки выращивания заводской молоди белуги в течение 35—45 дней следует признать обоснованными также и по этому важнейшему физиолого-биохимическому показателю физиологического качества молоди. Одновременно с этим полученные нами данные по динамике формирования фракционного состава сывороточных белков, свидетельствующие о наиболее высоких темпах его формирования в течение первых 30 дней со времени выклева, свидетельствуют о необходимости обеспечения оптимального режима выращивания заводской белуги именно в этот период. Задержка молоди белуги в прудах более 35—45 дней со времени выклева физиологически неоправдана.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Бойко Е. Г. Воспроизводство осетровых Азовского моря. В кн.: Осетровое хозяйство в водоемах СССР, М., 1963, с. 160—166.

Белковый спектр сыворотки крови осетровых по данным дискэлектрофореза в полиакриламидном геле. — «Доклады АН СССР», 1967, т. 174, № 1, с. 227—229. Авт.: Лукьяненко В. И., Попов А. В., Седов С. И., Мишин Э. А.

Гераскин П. П. Электрофоретическая гетерогенность гемоглобина крови у заводской молоди русского осетра. — В кн.: Разработка биологических основ и биотехники развития осетрового хозяйства в водоемах СССР. Астрахань, 1969, с. 26.

Гуныко А. Ф. Особенности роста молоди осетра и их значение для определения стандарта молоди при промышленном разведении осетровых. — В кн.: Теоретические основы рыбоводства, М., 1965, с. 205.

Державин А. Н. Воспроизводство запасов осетровых рыб. Баку, АН АзССР, 1947. 348 с.

Карзинкин Г. С. Значение физиологии для рыбоводных работ по воспроизводству проходных рыб. — «Рыбное хозяйство», 1940, № 6, с. 28—30.

Карзинкин Г. С., Солдатова С. В., Шеханова И. А. Некоторые результаты массового мечения радиоактивным фосфором «нестандартной» молоди осетра. — Сборник «Миграция животных». М., вып. 1, 1959, с. 28—40.

Касимов Р. Ю. Возрастное изменение условнорефлекторной деятельности молоди осетровых рыб. — «Тезисы докладов отчетной сессии ЦНИОРХ». Изд. ЦНИОРХ, Астрахань, 1966, с. 33—35.

Кокоза А. А. Динамика изменений терморезистентности осетровых на ранних этапах онтогенеза в связи с определением оптимальных сроков выпуска заводской молоди. — В кн.: Материалы научной сессии ЦНИОРХ. Астрахань, 1967, с. 43.

Кокоза А. А. Видовые особенности терморезистентности осетровых. — В кн.: Некоторые вопросы осетрового хозяйства Каспийского бассейна. М., 1968, с. 78—81.

Кокоза А. А. Динамика устойчивости молоди осетровых к дефициту кислорода в период заводского выращивания. — В кн.: Материалы научной сессии ЦНИОРХ. Астрахань, 1969, с. 83.

Кокоза А. А., Лукьяненко В. И. Динамика солеустойчивости осетровых на ранних этапах онтогенеза в связи с определением оптимальных сроков выпуска. — В кн.: Материалы научной сессии ЦНИОРХ. Баку, 1968, с. 31—32.

Кокоза А. А., Лукьяненко В. И. Экспериментальный анализ жизнестойкости заводской молоди осетровых в связи с проблемой оптимальных сроков ее выпуска. — В кн.: Биологические процессы в морских и континентальных водоемах. Кичинев, 1970, с. 182—183.

Константинов К. Г. Биология молоди осетровых рыб Нижней Волги. — «Труды Саратовского отделения Каспийского филиала ВНИРО», 1953, вып. 2, с. 28.

Лукьяненко В. И. Критерий и методы оценки качества молоди рыб, выращенной на заводах. — «Некоторые вопросы осетрового хозяйства Каспийского бассейна». М., 1966, с. 46—49.

Лукьяненко В. И. Некоторые физиолого-биохимические особенности осетровых в морской и речной периоды жизни. — «Труды ЦНИОРХ», 1970, т. 2, с. 42—51.

Лукьяненко В. И. Коллоидная устойчивость сывороточных белков осетровых. — «Труды ЦНИОРХ», 1970, т. 2, с. 203—214.

Лукьяненко В. И. Полифункциональный принцип оценки качества производителей и заводской молоди осетровых в связи с определением оптимальных сроков ее выпуска. — «Труды ЦНИОРХ», 1971, т. 3, с. 207—214.

Лукьяненко В. И. Иммунология рыб. М., «Пищевая промышленность», 1971. 364 с.

Лукьяненко В. И., Кокоза А. А. Экспериментальный анализ жизнестойкости одновозрастной молоди осетровых различных весовых групп. — В кн.: Материалы научной сессии ЦНИОРХ. Баку, 1968, с. 56—57.

Лукьяненко В. И., Кокоза А. А. Физиологическое обоснование оптимальных сроков выпуска заводской молоди осетровых в естественный водоем. — В кн.: Материалы научной сессии ЦНИОРХ, посвященной 100-летию осетроводства. Астрахань, 1969, с. 112—114.

Лукьяненко В. И., Попов А. В. Материалы к пониманию эволюции белкового состава сыворотки крови рыб. — В кн.: Пятое научное совещание по эволюционной физиологии, посвященное памяти академика П. А. Орбели. М., 1968, с. 158—159.

Лукьяненко В. И., Попов А. В. Белковый состав сыворотки крови двух алопатрических популяций сибирского осетра. — «Доклады АН СССР», 1969, т. 186, № 1, с. 233—235.

Лукьяненко В. И., Попов А. В. Электрофоретическая гетерогенность сывороточных белков хрящевых, костно-хрящевых и костистых рыб. — «Журнал эволюционной биохимии и физиологии», 1971, т. 7, № 1, с. 35—40.

Лукьяненко В. И., Седов С. И. Об изменчивости и водоспецифичности белкового спектра сыворотки крови рыб. — «Журнал Общей биологии», 1968, т. 29, № 2, с. 209—219.

Лукьяненко В. И., Шелухин Г. К. Физико-химические особенности глобулиновой фракции сывороточных белков у рыб. — «Биологические науки», 1968, № 1 (49), с. 43—47.

Лукьяненко В. И., Попов А. В., Мишин Э. А. Гетерогенность и полиморфизм сывороточных альбуминов у рыб. — Доклады АН СССР, т. 201, 1971, № 3, с. 737—740.

Марти Ю. Ю. Предисловие в кн.: Осетровые южных морей Советского Союза. М., 1964, с. 7—18.

Матвеев Б. С. О задачах по изучению биологии развития осетровых рыб в условиях искусственного разведения. — «Труды ИМЖ АН СССР», 1951, вып. 5.

Махмудбеков А. А., Маилян Р. А. О стандартном весе молоди осетро-

вых, выпускаемых куринскими заводами.—В кн.: Материалы научной сессии ЦНИОРХ, Астрахань, 1966, с. 57—59.

О видовой специфичности сывороточных протеинограмм осетровых рыб.— «Зоологический журнал», 1968, т. 47, вып. 3, с. 403. Авт.: Лукьяненко В. И., Попов А. В., Седов С. И., Мишин Э. А.

Попов А. В. Белковый состав сыворотки крови сибирского осетра по данным дискэлектрофореза в полиакриламидном геле.—В кн.: Материалы научной сессии ЦНИОРХ, Баку, 1968, с. 75—76.

Попов А. В. Компонентный состав сывороточных белков сибирского осетра Байкальской популяции.—В кн.: Материалы научной сессии ЦНИОРХ, посвященной 100-летию осетроводства. Астрахань, 1969, с. 159.

Шелухин Г. К. Содержание общего белка в сыворотке крови волжского осетра в период нерестовой миграции.—В кн.: Материалы научной сессии ЦНИОРХ, посвященной 100-летию осетроводства. Астрахань, 1969, с. 198.

Шульман Г. Е., Куликова Н. И. О специфичности белкового состава сыворотки крови рыб.— «Успехи современной биологии», 1966, т. 62, вып. 1 (4), с. 42.

Booke H. A review of variations found in fish serum proteins.—N Fish and Game G.\* 1964. 11, №1.

Kulow H. Die serumproteins der Fische.—Dtsch. Fisch—Ztg. 1966. B. 13, № 12.

Magnin E. Electrophorese de zone, sur papier du plasma d'Acipenser sturio L.—C. R. Soc. Biol., 1958. 152, №12, с.1703—1711.