

УДК 639.371.1 : 639.3.032+639.331.3

**ОСМОРЕГУЛЯТОРНАЯ СПОСОБНОСТЬ МОЛОДИ  
ГИБРИДА БЕЛУГА×СТЕРЛЯДЬ И БЕЛУГИ**

В. К. Горелов

Познание механизмов осморегуляции рыб является одной из важнейших проблем биологии, так как отражает взаимоотношение организма с таким фактором внешней среды, как соленость. Изучение процессов осмотической и ионной регуляции имеет большое значение при установлении биологической проницаемости, активного транспорта ионов и соотношения их в крови и морской воде. Данные по солевому обмену и осморегуляции рыб могут быть использованы при решении вопросов акклиматизации и воспроизводства рыб во внутренних водоемах, имеющих повышенную соленость; эффективности раннего ската молоди в результате сокращения ее пребывания в реке, вызванного гидростроительством; физиологической подготовленности молоди к обитанию в водоемах с повышенной соленостью и размещении продукции рыбоводных заводов.

Гибрид белуга×стерлядь является ценным объектом прудового выращивания и, по всей вероятности, станет важным объектом акклиматизации и выращивания в солоноватоводных водоемах и морях (Азовском, Аральском и Балтийском).

Первые экспериментальные данные по солеустойчивости гибрида белуга×стерлядь показали, что резкий перенос сеголетков из пресной воды в воду соленостью 11,8‰ не вызывает заметного нарушения жизнедеятельности организма гибрида и через трое суток осмотическое давление плазмы крови подопытных рыб нормализуется, т. е. становится примерно таким же, как у других осетровых рыб близких размеров и возраста (Краюшкина-Чусовитина, 1967; Панюшкин, 1969).

Цель настоящей работы — сравнительное исследование отношения молоди гибрида белуга×стерлядь и белуги одинаковых размеров и возраста к морской воде разной солености.

**Материал и методика**

Опыты проводили в черноморской воде соленостью 6,5; 11,5 и 16,0‰ в аквариумах емкостью 100 л. Нормальный кислородный режим поддерживали подачей воздуха компрессором КВМ-8. Температура воды колебалась от 18 до 23,1°С.

Количество хлоридов в воде определяли аргентометрическим титрованием по методу С. В. Бруевича (1944) при помощи устройства, описанного А. Ф. Каревич (1960); соленость вычисляли умножением найденного хлорного числа на коэффициент 1,85. Колебания солености во время опыта не превышали  $\pm 0,5\%$ . Микроэлектротермометром устанавливали криоскопическую точку воды в экспериментах.

Плотность посадки в начале опыта составляла 35 рыб на аквариум. По мере взятия проб крови плотность уменьшалась. Пробы для анализа брали через 6, 12, 18, 24, 36 и 48 ч. после пересадки в морскую воду и в дальнейшем через каждые 24 ч. В контроле (пресная вода) дельту плазмы крови определяли с теми же интервалами.

Криоскопическую точку плазмы крови определяли для каждой рыбы, затем вычисляли среднее значение (в каждой пробе было по 5 рыб).

Общая длина тела гибридов колебалась в пределах 14,1—20,4 (средняя 16,8) см, белуги — 11,2—19,5 (средняя 14,2) см; вес — соответственно 8,6—28,3 (средний 16,9) г и 5,6—24,5 (средний 13,8) г. Возраст подопытных рыб — 3—3,5 мес.

Кровь брали пастеровской пипеткой из хвостовой артерии и центрифугировали на микроцентрифуге Шкляра в течение 10 мин. Криоскопическую точку ( $\Delta^{\circ}\text{C}$ ) плазмы крови определяли индивидуально для каждой рыбы микроэлектротермометром сразу после получения плазмы. Оставшееся количество плазмы запаивали в полиэтиленовые контейнеры и хранили на льду для последующего определения концентрации ионов натрия на пламенном фотометре Цейса.

В воде определенной солености рыбы находились по несколько (максимум 10—12) суток. Во время опытов рыб кормили свежей рубленой рыбой и креветками. Опыты проводили при резкой смене солености (из пресной воды рыб сразу переводили в воду соленостью 11,5 и 16‰) и при адаптации.

Вследствии быстрой гибели рыб в воде соленостью 16‰ пробы крови у белуги взяты через 6 и 12 ч, у гибридов была возможность брать пробы в течение 36 ч. Оставшихся после этого гибридов сохранили для определения их выживаемости при длительном содержании в солевой среде\*.

### Результаты опытов

Изменение осмотического давления крови гибрида показано на рис. 1, из которого видно, что криоскопическая точка ( $\Delta^{\circ}\text{C}$ ) плазмы крови молоди гибрида в воде соленостью 6,5‰ в течение всего опыта существенно не изменялась.

Концентрация ионов натрия в плазме крови увеличивалась через 6 ч после начала солевого воздействия с 116 мг-экв/л до 142 мг-экв/л, через 24 ч концентрация  $\text{Na}^+$  возвращалась к исходной величине. Содержание натрия в воде соленостью 6,5‰ составляло 87 мг-экв/л, что значительно ниже содержания его в крови рыб, взятых из пресной воды. Таким образом, можно констатировать активный транспорт натрия в организм рыб в первые сутки после переноса их из пресной воды в слабосоленую (6,5‰).

\* Приношу искреннюю благодарность сотрудникам рыбхозов Аксайского, Взморье и Кахабери, а также сотрудникам РПАС за оканную помощь в получении и транспортировке молоди гибрида на место работы.

В воде соленостью 11,5‰ у рыб в первые часы происходило быстрое снижение дельты плазмы крови, затем наступала некоторая ее стабилизация, а через 18 ч. начиналось медленное повышение. Через сутки повысилась на 0,02°С. После этого оставшихся 8 гибридов не-

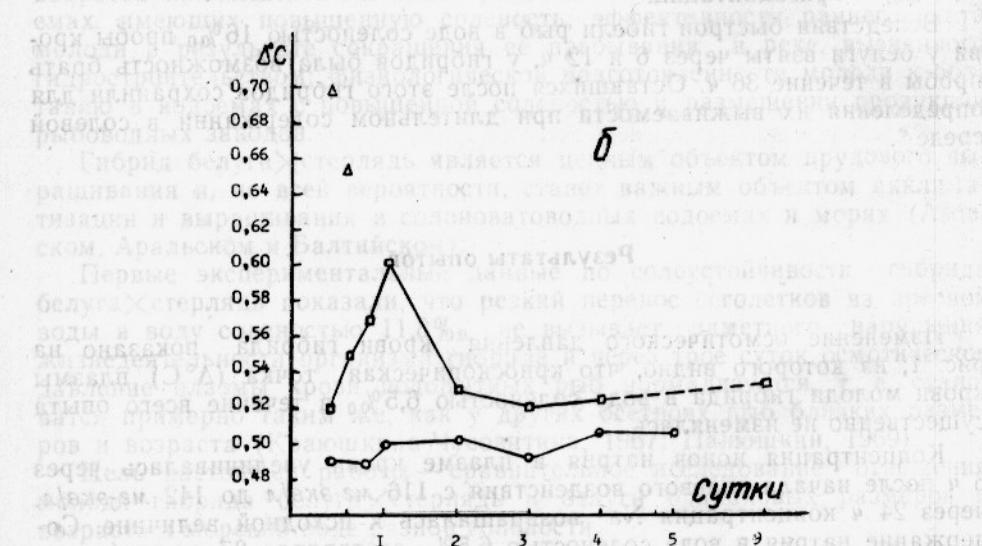
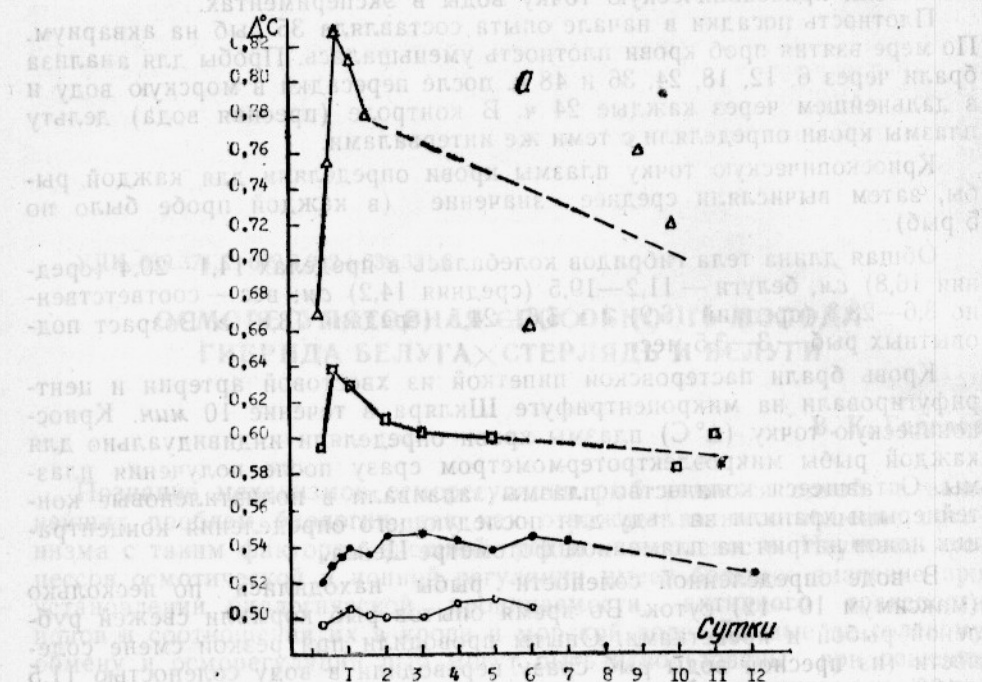


Рис. 1. Изменение  $\Delta^\circ\text{C}$  плазмы крови у неадаптированной молоди гибрида (а) и белуги (б) в черноморской воде разной солености: ○—○— пресная вода (контроль); ●—●— 6,5‰; □—□— 11,5‰; ▲—▲— 16,0‰

сколько суток держали в воде этой солености. Пробы крови были взяты у них через 10 и 12 суток, дельта плазмы крови за это время соответственно равнялась  $-0,55^\circ$  и  $-0,57^\circ\text{C}$ . Следовательно, в промежутке между 4,5 и 12 сутками существенных изменений в плазме крови рыб

не произошло, что свидетельствует о стабилизации осморегуляторного процесса и перестройке механизма осморегуляции с гипоосмотического на гиперосмотический тип. Этим обуславливается сохранение относительного постоянства внутренней среды гибрида при солевом воздействии, что свойственно и другим проходным рыбам (Зак, Соколова, 1961; Привольнев, 1964).

У молоди белуги в отличие от гибрида повышение концентрации плазмы крови в воде соленостью 11,5‰ в первые часы происходит более медленно и плавно и минимальное значение криоскопической точки составляет  $-0,60^{\circ}\text{C}$  (см. рис. 16). Повышение идет быстрее и заканчивается практически через 48 ч. В последующие несколько суток существенных изменений дельты не отмечено. Активные осморегуляторные процессы приводят к стабилизации осмотического давления крови, и к концу девятих суток депрессия плазмы крови составляет  $-0,54^{\circ}\text{C}$ .

Изменение содержания ионов натрия в плазме крови белуги коррелирует с изменением общей концентрации ионов, но по времени сдвинуто на 6 ч, и максимум наблюдается через 18 ч. К этому времени концентрация ионов натрия в крови молоди белуги достигает уровня концентрации  $\text{Na}^+$  в воде соленостью 11,5‰ (160 мг-экв/л), тогда как дельта плазмы крови остается выше дельты солевой среды.

Осмотическое давление плазмы крови у белуги стабилизируется раньше, чем у гибрида, что свидетельствует о лучшем приспособлении ее осморегуляторного механизма к осмотической нагрузке при солености до 11,5‰.

По теплоустойчивости тканей гибрид занимает промежуточное положение между белугой и стерлядью (Андряшева, 1969). Вместе с тем по динамике антиокислительной активности (АОА) липидов в разных органах и тканях этот гибрид сходен с белугой: у него, как и у других осетровых, отмечена повышенная АОА печени (Панюшкин, 1969). Резкий перенос молоди гибрида из пресной воды в воду соленостью 11,8‰ вызывает снижение уровня АОА в печени и крови, тогда как в жабрах АОА увеличивается. Изменение АОА в крови коррелировало с изменением депрессии плазмы крови. Уменьшение антиокислителей в печени и их увеличение в крови и жабрах, а также стабилизация осмотического давления плазмы крови через трое суток после начала солевого воздействия позволяет предположить, что гибрид обладает способностью к нормальной осморегуляции при солености до 11,8‰ (Панюшкин, Горелов, 1968).

До сих пор рассматривалось изменение криоскопической точки плазмы крови рыб в воде, соленость которой не вызывает заметных нарушений в осморегуляции и жизнедеятельности осетровых. Чтобы полнее определить приспособляемость организма гибрида к солевой нагрузке, испытана среда соленостью 16,0‰. Установлено, что при пересадке из пресной воды в воду такой солености состояние рыб угнетается настолько, что они перестают двигаться, а через 8—12 ч начинают гибнуть. Однако гибрид оказывается более стойким, чем белуга: за 36 ч опыта гибель белуги составила 100%, а гибель гибрида — немногим больше 50% (таблица).

Опыт продолжался 35 ч. К концу опыта осталось в живых только 12 гибридов (52,2%). Вся белуга погибла через 24 ч.

Измерения криоскопической точки плазмы крови гибрида при солености 16‰ показали, что дельта плазмы крови быстро снижается и через 18 ч достигает  $-0,82^{\circ}\text{C}$ , изменяясь более чем в полтора раза и приближаясь к дельте морской воды соленостью 16,0‰ ( $\Delta = -0,88^{\circ}\text{C}$ ). Через 24 ч после пересадки рыб дельта плазмы крови повышается и через 36 ч составляет  $-0,77^{\circ}\text{C}$ . У оставшихся в живых после массового отхода гибридов наблюдается дальнейшее незначительное повышение

дельты и через 10,5 суток она поднимается до  $-0,71^{\circ}\text{C}$ . Высокий уровень осмотического давления крови говорит о том, что организм рыб не справляется с подобной солевой нагрузкой, т. е. что резкое повышение солености до  $16,9\%$  летально для молоди гибрида. Об этом же свидетельствует и большая смертность рыб в опыте.

Кумулятивная смертность молоди гибрида и белуги в воде соленостью  $16\%$

Время выдерживания, ч	Гибрид		Белуга	
	шт.	%	шт.	%
6	0	0	4	23,5
12	1	4,3	9	52,9
18	2	8,6	15	88,2
24	11	47,8	17	100

У белуги пробы крови были взяты через 6 и 12 ч после пересадки. У оставшихся в живых особей кровь взять было трудно из-за ее «густоты», явившейся следствием большой потери воды организмом.

Таким образом, молодь белуги в воде соленостью  $16,0\%$  погибает раньше молоди гибрида и при более высоком значении криоскопической точки плазмы крови. Это, по-видимому, объясняется не столько различиями в осморегуляторной способности, сколько повышенной физиологической устойчивостью тканей и клеток гибридного организма к солевому воздействию.

При постепенной смене солености физиологическое воздействие окружающей среды на организм рыбы значительно слабее. Изменение концентрации плазмы крови у молоди гибрида, адаптированной к солености  $6,5\%$  и пересаженной в  $11,5\%$ , протекает иначе, чем у неадаптированной молоди. У первой за 12 ч дельта плазмы крови снижается до  $-0,54^{\circ}\text{C}$ , у второй — до  $-0,64^{\circ}$ .

При дальнейшем постепенном повышении солености до  $16\%$  молодь гибрида не погибает несмотря на довольно низкую дельту плазмы крови: через 24 ч она составляла  $-0,75^{\circ}\text{C}$ , а через 48 ч —  $-0,70^{\circ}\text{C}$  (рис. 2).

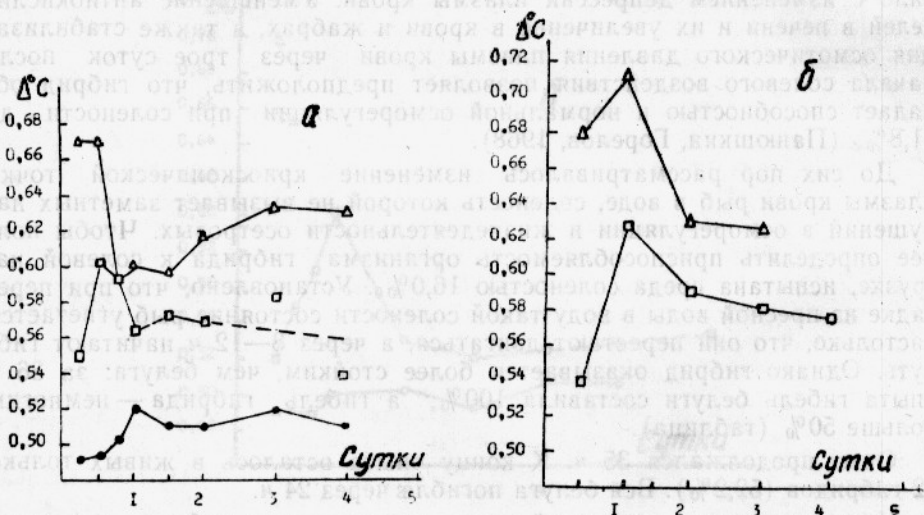


Рис. 2. Изменение  $\Delta^{\circ}\text{C}$  плазмы крови у адаптированной молоди гибрида (а) и белуги (б) в черноморской воде разной солености. Условные обозначения те же, что на рис. 1

За то же время концентрация ионов натрия уменьшается со 195 до  $160 \text{ мг-экв/л}$ . Это свидетельствует о том, что рыбы начинают активно выводить натрий из организма.

На молодь белуги адаптация действует также положительно. За все время пребывания в морской воде разной солености вплоть до 16‰ рыбы не погибали. При переводе из солености 6,5‰ в 11,7‰ через 12 ч у адаптированных рыб дельта плазмы крови была выше, чем у неадаптированных, а через 24 ч снизилась до  $-0,63^{\circ}\text{C}$ . Концентрация ионов натрия и общее осмотическое давление плазмы крови приближались к значениям этих показателей у других осетровых, выловленных в море (Краюшкина и др., 1973).

При переводе молоди белуги из солености 11,5‰ в 16,0‰ криоскопическая точка плазмы крови рыб снизилась до  $-0,71^{\circ}\text{C}$ , а через 48 ч повысилась до  $-0,63^{\circ}$  (см. рис. 26).

Подобное уменьшение осмотического давления крови свидетельствует о перестройке осморегуляторного механизма и активном выведении солей из организма. Значение общей концентрации крови и концентрации ионов натрия в воде соленостью 16,0‰ для молоди белуги ниже, чем для гибрида.

### Выводы

1. При перенесении молоди гибрида и белуги из пресной воды в воду соленостью 11,5‰ у рыб происходит перестройка осморегуляторного механизма на выведение избытка солей из организма. Соленость 16‰ для них летальна.

2. Длительное содержание сеголетков гибрида в воде соленостью выше 11,5‰ нецелесообразно, так как при совокупности неблагоприятных факторов может произойти гибель рыб в результате нарушения осморегуляции.

3. Минимальные значения  $\Delta^{\circ}\text{C}$  в воде разной солености у белуги ниже, чем у гибрида.

4. Процесс адаптации ускоряет перестройку осморегуляторного механизма и повышает выживаемость рыб в воде высокой солености (16‰).

### ЛИТЕРАТУРА

Андрияшева М. А. О применении цитофизиологического метода при исследовании гибридов рыб. — «Генетика, селекция и гибридизация рыб». М., «Наука», 1969, с. 208—224.

Бруевич С. В., Деменченков С. К. Инструкция по производству химических исследований морской воды. М., изд-во Главсевморпути, 1944, 83 с.

Закс М. Г., Соколова М. М. О механизме адаптации к изменениям солености воды у нерки. — «Вопросы ихтиологии», 1961, т. I, вып. 2 (19), с. 333—346.

Карпевич А. Ф. Выживаемость рыб и беспозвоночных при изменении солености среды и методики ее определения. — «Труды Карагандинской биологической станции АН УССР», 1960, вып. 16, с. 86—131.

Краюшкина-Чусовитина Л. С. Развитие эвригалинности на ранних этапах онтогенеза у осетровых различных видов и экологических форм. — «Труды ЦНИОРХ», 1967, т. I, с. 181—195.

Привольнев Т. И. Отношение пресноводных и проходных рыб к различной солености воды. — «Известия ГосНИОРХ», 1964, т. 58, с. 58—83.

Панюшкин Ю. А. О роли липидных антиоксидантов в адаптации рыб к различным осмотическим условиям. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата биологических наук. М., 1969, 27 с.

Состав катионов сыворотки крови осетровых в различные периоды их жизненного цикла. — ДАН СССР, 1973, т. 212, № 4, с. 1007—1010. Авт.: Л. С. Краюшкина, В. П. Дюбин, С. Н. Моисеенко, О. Л. Христофоров.

Parry, G. Size and osmoregulation in fishes. Nature, vol. 181, 1958, 1218.

Parry, G. Osmotic and ionic changes in the blood and muscles of migration salmonids. J. Exp. Biol. Vol. 38, No. 2, 1961, 414—427.

**Osmoregulatory capacity of the young hybrids of giant  $\times$  sterlet and young giant sturgeon**

V. K. Gorelov

**Summary**

Tolerance to a broad range of salinity and osmoregulatory capacity of the young hybrids of giant sturgeon  $\times$  sterlet and young giant sturgeon were studied in the aquarium filled with water from the Black Sea at the Georgian Filiation of VNIRO in 1968—1969. It is ascertained that the young when transferred from fresh water into marine water with the salinity of up to 11.5‰ survive well and are possessed of osmoregulatory capacity. Adaptation benefits to a more rapid re-organization of the osmoregulatory mechanism to excrete the excess of salts from the body of fish and to increase the survival rate in the water with the salinity of up to 16‰. It is suggested that the young hybrids may survive also in brackishwater bodies with the salinity of 11—12‰.

