

УДК 591.51

© 1991

**ФИЗИОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ НАХОДЯЩИХСЯ В МОРСКОЙ ВОДЕ  
ЛОСОСЕЙ ПРИ ВОЗМОЖНОСТИ ВЫБОРА МОРСКОЙ И ПРЕСНОЙ ВОДЫ  
ДЛЯ ПИТЬЯ***Н. М. Белковский, А. Г. Черницкий, Ю. В. Лега*Мурманский морской биологический институт, Кольский научный центр АН СССР,  
Дальние Зеленцы, Мурманской обл.**Резюме**

Зимующим в морской воде стальноголовому лососю *Salmo gairdneri* и семге *Salmo salar* была предоставлена возможность пить пресную воду из специальной поилки, обеспечивающей локальное распределение воды. Большинство рыб пила пресную, а не морскую воду. Доступ к поилке позволял снизить осмолярность крови лососю на 20, семге на 50 мосм/л. Использование поилки в 3 раза сократило смертность семги за зимовку.

**Введение**

Костистые рыбы, обитающие в морской воде, поддерживают осмотический гомеостаз, заглатывая морскую воду. В желудочно-кишечном тракте из морской воды сорбируются одновалентные и часть двухвалентных ионов, после чего первые выводятся через жабры, а вторые — через почки. Опресненная таким образом вода служит для компенсации пассивных потерь воды, неизбежно возникающих в гиперосмотической среде. Этот механизм был впервые описан в 1930 г. Смитом [1] и впоследствии получил многочисленные подтверждения [2—5]. Показано, что в гиперосмотической среде интенсивность питья морской воды увеличивается по мере роста солености [6].

В практике морского рыбоводства нередко возникают ситуации, когда рыба испытывает затруднения в поддержании водно-солевого баланса (низкая температура, заболевания, транспортировка, пересадка). При этом у рыб отмечается увеличение осмолярности сыворотки крови, достигающее летального уровня. В такой ситуации, как правило, используют распреснение всего объема воды, в котором находится рыба [7], что не всегда осуществимо по техническим и экономическим соображениям. Альтернативной этому может быть поилка — устройство, создающее небольшую зону пресной воды, которую рыба может пить. Целью настоящей работы было изучение поведения, физиологического состояния и выживания лососей, помещенных в условия, когда они могли пользоваться поилкой.

## Материал и методика

Стальноголовый лосось *Salmo gairdneri* средней массы 150—170 г до начала эксперимента содержался 9 мес в морской воде соленостью 34 ‰. Семга *Salmo salar* средней массой 100 г до начала эксперимента содержалась в морской воде 1,5 г.

В экспериментальный бассейн объемом 2 м<sup>3</sup> подавали морскую воду — 2 л/с. В придонной части бассейна была установлена помпа — открытая снизу емкость объемом 4 л (рис. 1). Под эту емкость подавали пресную воду — 0,002 л/с, которая как более легкая вытесняла морскую воду из помпы. Из-за большой разницы в объемах поступающих в бассейн морской и пресной воды уменьшение солености морской воды за пределами помпы не достигало 1‰.

Чтобы установить, пьют ли рыбы воду из помпы, были проведены эксперименты с маркером — сахарозой. Концентрация сахарозы в пресной воде, подаваемой в помпу, составляла 120 мг/л. В морской воде, вытекавшей из бассейна с помпой, концентрация сахарозы составляла 5,6 мг/л. Наиболее объективным контролем был бы бассейн с помпой, в которую подавали морскую воду с маркером, но это оказалось невозможным, так как морская вода, поступающая в помпу, имеет ту же плотность, что и остальная вода в бассейне, и, следовательно, не удерживается в помпе, создавая обширные зоны с повышенной концентрацией маркера. Поэтому в контрольный, без помпы, бассейн вносили такое же количество сахарозы, которое за время эксперимента поступало в экспериментальный бассейн через помпу с пресной водой, но вносимая в контрольный бассейн сахароза тщательно растворялась и перемешивалась во всем объеме. В морской воде, вытекающей из контрольного бассейна, концентрация сахарозы составляла 5,0 мг/л. Эксперимент с маркером продолжался 24 ч. Наличие в желудке подопытных рыб сахарозы в количестве, достоверно превышающем таковое у рыб из контрольного бассейна, мы рассматривали как доказательство заглатывания меченой воды. Воду извлекали из кардиального отдела желудка зондом со шприцем.

Для определения влияния пользования помпой на показатели водно-солевого обмена был проведен эксперимент со стальноголовым лососем. Рыб содержали в бассейне с помпой 2 1/2 мес, температура воды в этот период колебалась в пределах от 0,5 до 1,0 °С. В конце эксперимента были взяты пробы сыворотки крови и ректальной жидкости. Контролем служили рыбы, находящиеся в идентичных условиях, но без помпы. В следующем году был поставлен более продолжительный эксперимент на семге для оценки влияния пользования помпой не только на физиологические показатели, но и на выживаемость. 130 рыб поместили в два бассейна. Один бассейн был оборудован помпой, второй, без помпы, служил контролем. Температура воды изменялась от 5 до 0,1 °С. Пробы крови брали в начале и конце эксперимента, а также в период наиболее низких температур. Рыбоводную эффективность локального распределения оценивали по относительному количеству выживших рыб.

Кровь для исследований отбирали из хвостовой артерии с помощью пастеровской пипетки, ректальную жидкость вместе с экскрементами получали путем легкого надавливания на брюшко в области анального отверстия. Жидкость выделяли из полученного образца центрифугированием. Осмолярность крови и ректальной жидкости определяли криоскопией на электроосмометре.

Содержание сахарозы в воде и жидкости из кардиального отдела желудка определяли с использованием антронового реактива на спектрофотометре Цейс-11 [8], соленость воды — на электроосмометре ГМ-65.

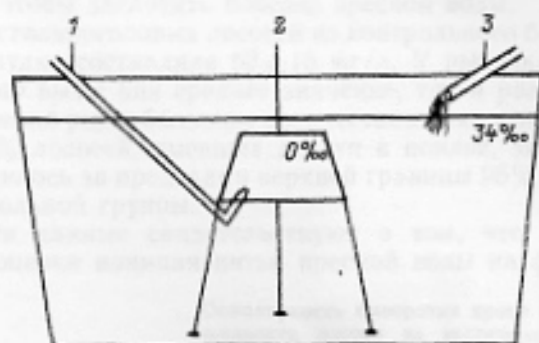


Рис. 1. Схема устройства помпы в бассейне.  
Подача воды: 1 — пресной, 3 — морской; 2 — помпа.

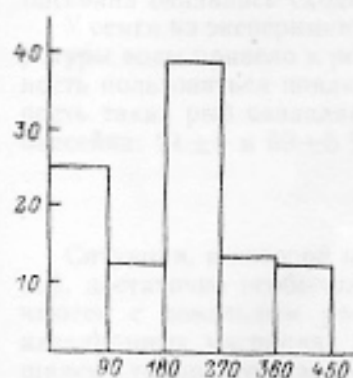


Рис. 2. Распределение стальноголового лосося по концентрации сахаразы в желудке.

По вертикали — доля рыб (%), по горизонтали — концентрация сахаразы (мг/л). Левый столбец включает в себе среднее значение концентрации сахаразы с 95%-ным доверительным интервалом для рыб контрольной группы.

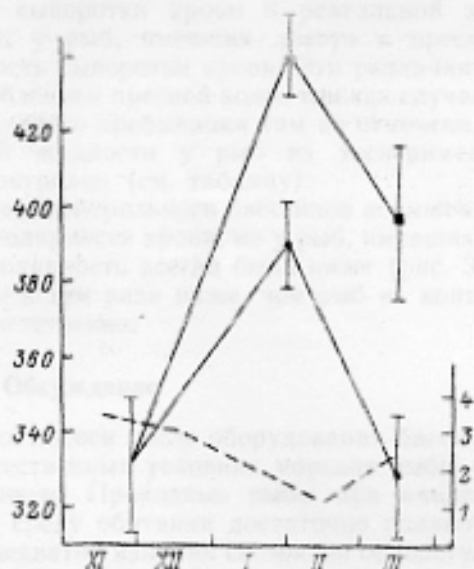


Рис. 3. Изменение осмолярности сыворотки крови у семги за время зимовки.

По вертикали: слева — осмолярность (моль/л), справа — температура воды (°C); по горизонтали — время (мес). Квадраты — контроль, круги — эксперимент.

## Результаты

Наблюдения за поведением лососей в бассейне с поилкой показали, что рыбы подходят к поилке лишь на несколько секунд, по-видимому, только для того, чтобы заглотить порцию пресной воды.

У стальноголовых лососей из контрольного бассейна концентрация сахаразы в желудке составляла  $62 \pm 15$  мг/л. У рыб из бассейна с поилкой оказались гораздо выше как среднее значение, так и разброс ( $154 \pm 50$  мг/л) — за счет появления рыб с большим количеством сахаразы в желудке. Как видно из рис. 2, у 75 % лососей, имевших доступ к поилке, значение концентрации сахаразы находилось за пределами верхней границы 95%-ного доверительного интервала контрольной группы.

Эти данные свидетельствуют о том, что лососи пьют воду из поилки. Для оценки влияния питья пресной воды на физиологическое состояние рыб

Осмолярность сыворотки крови и ректальной жидкости лосося из экспериментального и контрольного бассейнов

Вариант опыта	Осмолярность (мосм/л)	
	сыворотки	ректальной жидкости
Бассейн:		
с поилкой	$380 \pm 10$ (20)	$389 \pm 19$ (20)
без поилки	$409 \pm 2$ (20)	$397 \pm 25$ (20)

Примечание. Достоверность различий по t-критерию  $p < 0.05$ .

была определена осмолярность сыворотки крови и ректальной жидкости. Как видно из данных таблицы, у рыб, имевших доступ к пресной воде, достоверно снижается осмолярность сыворотки крови. Эти различия обусловлены, по-видимому, именно потреблением пресной воды, так как случаев заплывания лососей внутрь поилки и долгого пребывания там не отмечено. В то же время осмолярность ректальной жидкости у рыб из экспериментального бассейна оказалась сходной с контролем (см. таблицу).

У семги из экспериментального и контрольного бассейнов понижение температуры воды привело к росту осмолярности крови, но у рыб, имевших возможность пользоваться поилкой, осмолярность всегда была ниже (рис. 3), смертность таких рыб оказалась почти в три раза ниже, чем у рыб из контрольного бассейна:  $21 \pm 5$  и  $59 \pm 5$  % соответственно.

### Обсуждение

Ситуация, в которой оказались лососи после оборудования бассейна поилкой, достаточно необычна. В естественных условиях морские рыбы не встречаются с локальным распреснением. Проходные рыбы при анадромных и катадромных миграциях меняют среду обитания достаточно плавно, перемещаясь в градиенте солености и адекватно изменяя состояние осморегуляторной системы [9]. В нашем эксперименте у лососей появился выбор: они могли использовать для питья и пресную и морскую воду.

Тот факт, что содержание сахаразы в кардинальном отделе желудка рыб из бассейна с поилкой достоверно выше, чем таковое у рыб из контрольного бассейна, позволяет сделать вывод о том, что лососи пьют пресную воду из поилки. Возможно, что к пресной воде рыбу в определенной степени привлекала применявшаяся в качестве маркера сахараза. Но вряд ли это имело решающее значение, так как в течение последующих экспериментов, когда маркер не использовался, у рыб из бассейна с поилкой отмечали достоверное снижение осмолярности сыворотки крови.

Наблюдения за поведением рыб показали, что они используют возможность питья пресной воды. Несмотря на то что соотношение расхода пресной и морской воды составляет 1 : 1000, лососи быстро находят поилку. Это подтверждает, что лососи ощущают градиент солености 0.02—0.12 ‰ [10, 11]. Контакт с пресной водой очень краток, по-видимому, лишь на период, необходимый для заглатывания порции пресной воды. Рыбы не пытались переплыть в пресную воду целиком. В созданной ситуации сохранился гипоосмотический тип осморегуляции.

Возможность питья пресной воды у рыб с гипоосмотическим типом осморегуляции дает ей ряд преимуществ. Отпадает необходимость извлекать ионы из кишечной жидкости и затем выводить их из организма. Градиент же, необходимый для транспорта воды через стенку кишечника, создается сразу же, так как концентрация солей в проглоченной пресной воде ниже, чем в крови рыб. В таком случае осмотическая концентрация пресной воды будет повышаться по мере движения ее по желудочно-кишечному тракту, тогда как при питье морской воды осмолярность жидкости снижается. Эти два разнонаправленных процесса приводят к тому, что осмолярность жидкости в заднем отделе кишечника в обоих случаях оказывается одинаковой, что подтверждают данные таблицы. Проведенные исследования показали, что если рыбе предоставить возможность пить пресную воду, то работа осморегуляторной системы нормализуется, что проявляется в снижении осмолярности сыворотки крови.

Как видно из данных таблицы, рыбы экспериментальной и контрольной групп различаются не только средней величиной осмолярности сыворотки крови, но и вариабельностью этого показателя. У рыб из бассейна с поилкой вариабельность в 5 раз больше, чем в контроле. Причиной этого может быть

непостоянство и индивидуальные вариации питья пресной воды. Об этом говорит результат эксперимента с маркерами. Если рыбы будут чередовать питье пресной и морской воды, то желудок у некоторых рыб заполнится морской водой и тогда маркер в кардинальном отделе желудка обнаруживаться не будет. Как видно из рис. 2, таких рыб было 25 %.

Возможность для каждой рыбы индивидуально решать вопрос о том, пить или не пить пресную воду, делает поилку перспективной для применения в рыбоводстве. Поилкой могут быть оборудованы стандартные бассейны. В таких бассейнах каждая особь сможет выбрать для себя оптимальный режим потребления пресной воды в зависимости от физиологического состояния. Зимовка семги в бассейне с поилкой подтвердила положительный эффект ее применения. Некоторые исследователи [12, 13] показали, что лососи, перенесенные из пресной воды в морскую, начинают пить морскую воду уже через несколько часов. Таким образом, применение поилки может облегчить адаптацию лососей к морской воде.

#### Список литературы

- [1] Smith H. W. The absorption and excretion of water and salts by marine teleosts // Am. J. Physiol. 1930. V. 93. P. 480—505. — [2] Evans D. E. Fish // Comparative physiology of osmoregulation in animals. London; New York, 1979. P. 305—390. — [3] Hirano T. Some factors regulating water intake by the eel // J. Exp. Biol. 1974. V. 61. P. 737—747. — [4] Гинцицкий А. Г. Физиологические механизмы водно-солевого равновесия. М.; Л., 1963. — [5] Строганов Н. С. Экологическая физиология рыб. М., 1962. — [6] Shehadeh Z. H., Gordon M. S. The role of intestine in salinity adaptation of the rainbow trout, *Salmo gairdneri* // Comp. Biochem. physiol. 1969. V. 30. P. 397—418. — [7] Reinsnes T. G., Wallace J. C. Sjørrøys som oppdrettsfisk // Rapport fra Institutt for Fiskerifac, Universitetet i Tromsø og Fiskeriteknologiak forskningsinstitutt. 1988. N 41. 34 p. — [8] Алейникова Т. Л., Рыбцова Г. В. Руководство к практическим занятиям по биологической химии. М., 1988. 239 с. — [9] Hawkins A. D., Urganhart G. G., Shearer W. M. The coastal movements of returning Atlantic salmon *Salmo salar* // Scott. Fish Res. Rep. 1979. N 15. P. 1—14. — [10] Hara T. I. Chemoreception // Fish Physiology, New York; London, 1971. V. 5. P. 79—120. — [11] Fontain M. Physiological mechanisms in the migration of marine and amphihaline fish // Adv. mar. Biol. 1975. V. 13. P. 241—355. — [12] Bath R. N., Eddy F. B. Salt and water balance in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) rapidly transferred from fresh water to sea water // J. Exp. Biology. 1979. V. 83. P. 193—202. — [13] Usher M. L., Talbot C., Eddy F. B. Drinking in Atlantic Salmon smolts transferred to seawater and the relationship between drinking and feeding // Aquaculture, 1988. V. 73. P. 237—246.

Поступила 28 III 1990

#### THE EFFECT OF DRINKING FRESH OR SEA WATER ON PHYSIOLOGICAL CONDITION OF SALMON KEPT IN SEA WATER

N. M. Belkovskii, A. G. Chernitskii, Yu. V. Lega

Murman Marine Biological Institute, Dal'nie Zelentsy, Murmansk Region

#### SUMMARY

Experiments have been made on the steelhead salmon *Salmo gairdneri* and Atlantic salmon *Salmo salar* which were kept in sea water during winter period. The fish were given an opportunity to drink fresh water from a special device providing local dilution of the sea water. Most of the fish preferred fresh water. Under these conditions, the osmolality of the blood decreased by 29 mosm/l in the steel head and by 50 mosm/l in the Atlantic salmon. The death rate during winter period decreased threefold.