Труды Зоологического института РАН
Приложение № 3, 2013, с. 75–83

УДК 597:(591.1 + 591.3./5)

СРЕДА «КРИТИЧЕСКОЙ» СОЛЕНОСТИ КАК ПЕРСПЕКТИВНАЯ МОДЕЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭУСТРЕССА И РАЗВИТИЯ АКВАКУЛЬТУРЫ

П.Е. Гарлов

ФГБНУ «ГосНИОРХ», наб. Макарова, 26, Санкт-Петербург, Россия; e-mail: garlov1940@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Установлена возможность резервирования производителей рыб в среде критической солености 5–7‰. Рыбоводное качество их сохраняется в течение 1 месяца даже в растворах поваренной соли. На основе анализа состояния нейросекреторной системы и некоторых физиологических характеристик обсуждаются механизмы осуществления эустресса в этой среде.

Ключевые слова: критическая соленость, резервирование производителей, эустресс, аквакультура

THE ENVIRONMENT OF "CRITICAL" SALINITY AS A PERSPECTIVE MODEL FOR EUSTRESS RESEARCH AND AQUACULTURE ELABORATION

P.E. Garlov

State Research Institute on Lake and River Fisheries "GOSNIORH", Emb. Makarova, 26 Saint Petersburg, Russia; e-mail: garlov1940@mail.ru

SUMMARY

Possibility of reservation mature fish breeders in the environment of critical salinity of 5–7‰ is established. Their fish-breeding quality is saved within 1 month even in salt solutions. Realisation mechanisms of eustress in this environment are discussed on the basis of status analysis of neurosecretory system and of some physiological characteristics.

Key words: critical salinity, reservation of breeders, eustress, aquaculture

ВВЕДЕНИЕ

Разработка проблем выяснения биологических эффектов этой среды и их эволюционной значимости на разных уровнях биологической организации была инициирована в нашей стране основополагающей работой проф. В.В. Хлебовича «Критическая соленость биологических процессов» (1974). Критическая соленость 4–8‰, являясь порогом для созревания гамет морских и пресноводных организмов, определяет предел их физиологической устойчивости, а также ряд важных порогов, границ и градиентов взаимоотношений организма с внешней средой (Хлебович, 2012). Важнейшие биологические эффекты этой среды связаны с репродукцией гидробионтов как основы существования вида, а определяющие их механизмы реализуются на организменном уровне.

Центром интеграции размножения у рыб является гипоталамо-гипофизарная нейросекреторная система (ГГНС), ответственная за реализацию защитно-приспособительных реакций организма на физиологический стресс-нерест (Гарлов и др., 2011). В связи с существенным снижением жизнестойкости производителей рыб в период нереста

и с целью повышения их стрессоустойчивости необходима оптимизация условий заводского содержания и особенно – длительного резервирования. Поэтому для снижения отхода и сохранения рыбоводных качеств производителей рыб в любой сезон нереста было предложено резервировать их в среде критической солености – 4–8‰, моделирующей минимально необходимое, физиологически адекватное пороговое воздействие. Мы предполагали, что длительное резервирование зрелых производителей в этой среде позволит сохранить их благоприятное физиологическое состояние и задержит завершение созревания и наступление резорбции половых продуктов даже при нерестовых температурах. При этом активация в этой среде ГГНС в виде длительного повышения выброса нонапептидных нейрогормонов должна вызвать торможение функций желез-мишеней и, в частности, гонад.

Целью исследования явилось выяснение эффектов влияния среды критической солености на овуляцию и общее физиологическое состояние самок промысловых видов осетровых и костистых рыб. Основными задачами явились характеристика и анализ рыбоводно-биологических и ряда важнейших морфо-физиологических показателей состояния организма рыб в этой среде.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

При планировании опытов мы допустили возможность замены морской воды на «искусственный» раствор поваренной соли, поскольку при столь низкой солености (до 7‰) несбалансированность ионного состава среды «вероятно» не окажет токсического действия. Тем более, что в составе солей обычной морской воды содержится до 90% хлористого натрия.

Первоначальные опыты были проведены на массовом промысловом обьекте – вобле *Rutilus rutilus caspicus* (Jakowlew, 1870). Более 300 самок размером 15–21см в состоянии IV завершенной стадии зрелости гонад (СЗГ) предварительно содержали 23 суток в бассейнах с проточной речной водой без кормления при температурах 11–12.4 °С. Затем на равных партиях особей проводили следующие варианты опытов: 1 – контроль в речной воде, 2 – в растворе промышленной поваренной соли (ГОСТ 13880-63, № 2) концентрацией 3‰, 3 – в таком же растворе концентрацией 5‰, т.е. в критической солености, 4 – в таком же растворе концентрацией 12‰. Самок содержали при прочих равных условиях в течение 58 суток при температурах 17.4–23.8 °С и концентрации кислорода 6.3–7.1 мг/л.

Дальнейшие опыты проводили на 56 самках севрюги *Acipenser stellatus* (Pallas, 1771) размером 75–165 см и массой 8.5–22 кг в преднерестовом состоянии – IV СЗГ. Севрюга среди осетровых (ценных объектов воспроизводства) наиболее чувствительна к нарушению условий заводского содержания, и проблема разработки биотехники ее резервирования особенно актуальна. Самок содержали до 30 суток в бассейнах, в растворах как «каспийской» морской воды концентрацией 5–7‰, так и поваренной соли, без кормления, при нерестовых температурах (15–17°, 22–24°) и выше (26–27°) и концентрации кислорода 5.2–7.5 мг/л. Результаты оценивали по рыбоводно-биологическим и некоторым важным морфо-физиологическим показателям. Для моделирования четкой реакции ГГНС на гипертонический стресс 5 и 7 самок севрюги (IV СЗГ) выдерживали в растворах 22 и 17‰ (близкой к солености Азовского моря и Каспия) в течение 4.5–48 часов.

Функциональное состояние ГГНС изучали светооптически и электронно-микроскопически количественными и полуколичественными морфометрическими методиками оценки содержания нейросекреторного материала и гранул в нейрогипофизе (Гарлов и др., 2011).

Для характеристики общего физиологического состояния и некоторых показателей водно-солевого баланса организма определяли содержание в крови гемоглобина и общего белка, а также осмолярность сыворотки крови, полостной (овариальной) жидкости и мочи (не менее, чем у 5 самок) по общепринятым методикам.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В опытах на самках воблы была установлена массовая задержка полового созревания на фоне сохранения высокой степени выживаемости в растворах поваренной соли концентрацией 5‰ и 12‰, причем наибольшей – при 5‰ (рис. 1).

На графике показано, что высокая степень выживаемости (до 85%) к концу сроков сохраняется только в среде критической солености, при гибели всех особей в контроле к 11 суткам опыта.

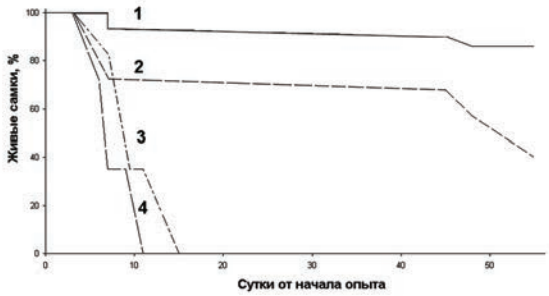

Рис. 1. Выживаемость самок воблы в растворах поваренной соли различной концентрации. Обозначения: *1* – 5‰ (критическая соленость); *2* – 12‰; *3* – 3‰; *4* – контроль (речная вода).

Fig. 1. Survival of female vobla in solutions of different salt concentrations. Legend: *1* – 5‰ (critical salinity), *2* – 12‰; *3* – 3‰; *4* – control (fluvial water).

Внешнее состояние и поведение самок в растворе 5‰ соответствовало исходному, которое мы оцениваем как «благоприятное физиологическое состояние». Резорбция ооцитов наблюдалась практически у всех самок в речной воде (контроль) к 11 суткам и у большинства – в растворе 3‰ к 15 суткам содержания. Наряду с покраснением покровов тела, большинство особей были покрыты язвами и поражены сапролегнией.

Оценка содержания в крови гемоглобина и общего белка у подопытных рыб показала наибольшее, либо высокое их содержание в среде 5‰ даже к концу сроков опыта, а наименьшее (общего белка) – уже на 11-е сутки в пресной воде (табл. 1).

Предварительными опытами на самках севрюги, резервированных от 7 до 30 суток в морской воде и растворах поваренной соли 5–7‰ при нерестовых температурах и выше (до 26.8°) в весьма сложных условиях, удалось установить возможность длительного сохранения их рыбоводного качества в растворах поваренной соли, что реально для использования в промышленности (Гарлов, 2011).

Производственную проверку метода резервирования проводили на 15 самках севрюги при естественном повышении температуры воды от 8 до 20°. От всех подопытных самок после резервирования в критической солености было получено потомство (табл. 2).

Качество осеменения икры (на стадии 4 бластомеров), уровень смертности эмбрионов (до завершения гаструляции) и уродств (эмбриопатии) в период выклева; в целом проценты отхода икры за период инкубации, выклева личинок и перевода их на активное питание соответствовали производственным нормативам. Молодь от подопытных самок после прудового выращивания была выпущена в водоем.

Изучение ГГНС показало, что ее активность минимальна в исходном состоянии, светооптически в нейрогипофизе содержится высокая концентрация гомориположительного нейросекреторного материала – 4.6–5 баллов (рис. 2, *А*).

В контроле активация ГГНС (на 7-е, 15-е сутки резервирования – 1.2 и 1.5 балла содержания нейросекрета) завершается ее истощением (Алтуфьев, 1981). В критической солености после

Таблица 1. Содержание гемоглобина и общего белка у самок воблы после выдерживания в растворах поваренной соли и речной воде.

Table 1. Hemoglobin and total protein concentration in female vobla after keeping in solutions of salt and fluvial water.

Соленость раствора Salinity of solution (‰)	Продолжительность выдерживания (сутки) Duration of reservation (days)	Содержание (г – %) Concentration (g – %)	
		гемоглобина (Hemoglobin)	общего белка (Whole protein)
3	15	5.7 – 7.9 / 6.6	1.51 – 2.28 / 1.93
5	45	7.0 – 12.9 / 9.0	2.18 – 2.61 / 2.32
12	45	4.9 – 7.9 / 6.3	2.36 – 3.12 / 2.84
Речная вода	11	5.6 – 7.0 / 6.7	1.51 – 2.11 / 1.75

Таблица 2. Результаты промышленного резервирования самок севрюги в среде критической солености (растворе NaCl 5–7‰).
Table 2. Results of starred sturgeon females industrial reservation in the medium of critical salinity (NaCl solution 5–7‰).

№ самок No. of female	Продолжительность созревания (ч) Duration of maturation (hrs)	Количество полученой икры (кг) Amount of received hardroe (kg)	Оплодотворение Fertilization (%)	Количество оплодотворенной икры (тыс. шт) Amount of gamic hardroe (ths berries)		Выход личинок Yield of larvae	
				всего	живой	тыс. шт.	%
Опыт 5–7‰ NaCl, I партия (5 самок, 21 сутки резервирования) Experiment 5–7‰ NaCl, group I (5 females, 21 days reservation)						
1	24	1.7	93.0	136.0	124.6	74.4	58.6
2	24	2.0	5.6	152.0	8.5	4.8	56.4
3	24	2.3	75.0	216.2	162.0	95.0	58.6
4	26	2.8	97.0	176.4	171.1	71.5	41.7
5	26	2.2	75.0	135.0	101.2	70.0	69.1
Итого Total		11.0	69.1	815.6	569.2	315.7	55.4
Опыт 5–7‰ NaCl, II партия (5 самок, 28 суток резервирования) Experiment 5–7‰ NaCl, group II (5 females, 28 days reservation)							
1	26	3.2	75.0	256.0	192.0	117.5	61.1
2	29	2.2	93.0	180.4	168.0	90.0	53.5
3	29	2.4	91.0	182.4	166.0	13.5	8.1
4	31.5	1.0	2.0	78.0	1.6	0.5	32.0
5	31.5	1.2	4.0	115.2	4.6	0.1	21.7
Итого Total		10.0	53.0	813.0	532.2	221.6	41.6
Контроль в речной воде (5 самок, 28 суток резервирования) Control in fluvial water (5 females, 28 days reservation)							
1	29	2.0	0.0	164.0	0.0		
2	30	2.3	32.0	156.4	50.0	13.5	26.3
3		Не созрела Not matured					
4		Не созрела Not matured					
5		Погибла Perished					

активации на 15-е сутки (1.6 балла) состояние системы восстанавливается до уровня весьма умеренной активности к 30 суткам опыта. В кратких опытах с повышенной соленостью у большинства контрольных самок активность ГГНС минимальна – 5 баллов, лишь у 1-й особи – 4.4 балла (рис. 2, *Б*). Корни нейрогипофиза переполнены нейросекретом, маскирующим нейроглиальные элементы – питуициты и эпендиму (рис. 3, *а*). Синусоидные капилляры спавшиеся. Заметное снижение содержания нейросекреторного материала в нейрогипофизе (в среднем до 3.5 баллов) наблюдается в опытах (рис. 3, *b*): у самок в растворе 22‰ через 4.5–24 ч (у 3 особей – по 3.5; 4.2; 3.18 балла) и в 17‰ после 18, 24 и 48 ч содержания (3.02; 3.27; 3.6; 3.52; 3.2; 2.97; 3.35 балла). Наряду со снижением содержания нейросекрета наблюдается гипертрофия и разрыхление всех структур, сильное расширение просвета капилляров, отражающее гиперемию органа.

Электронно-микроскопически уже после 5 ч содержания в 17‰ растворе наблюдается

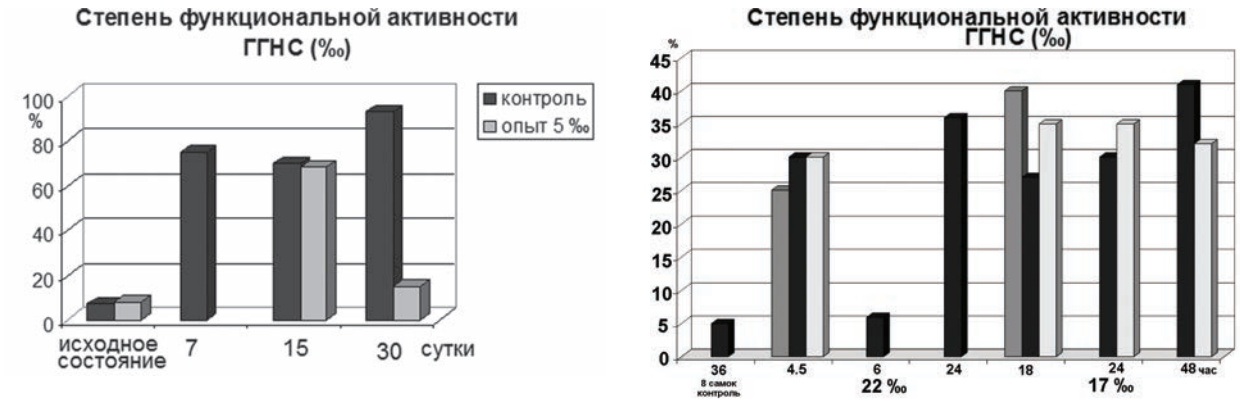

Рис. 2. А – степень функциональной активности ГГНС (величина прямо пропорциональна интенсивности стресса и обратно – накоплению нейросекреторного материала в нейрогипофизе) у самок севрюги (по группам) в течение месяца резервирования в растворе поваренной соли 5–7‰ сравнительно с контролем в речной воде. **Б** – степень функциональной активности ГГНС у каждой из самок севрюги в опытах: 22‰ (4.5–24 час.) и 17‰ (18–48 час.) и в контроле (в речной воде).

Fig. 2. A – Degree of functional activity HHNS (value inversely proportional to the accumulation of neurosecretory material in neurohypophysis) in female starred sturgeons during month of reservation in salt solution of 5–7‰, compared to the control in fluvial water. **Б** – Degree of functional activity HHNS in female starred sturgeons in experiments: 22‰ (4.5–24 hr) and 17‰ (18–48 hr) and in the control (in fluvial water).

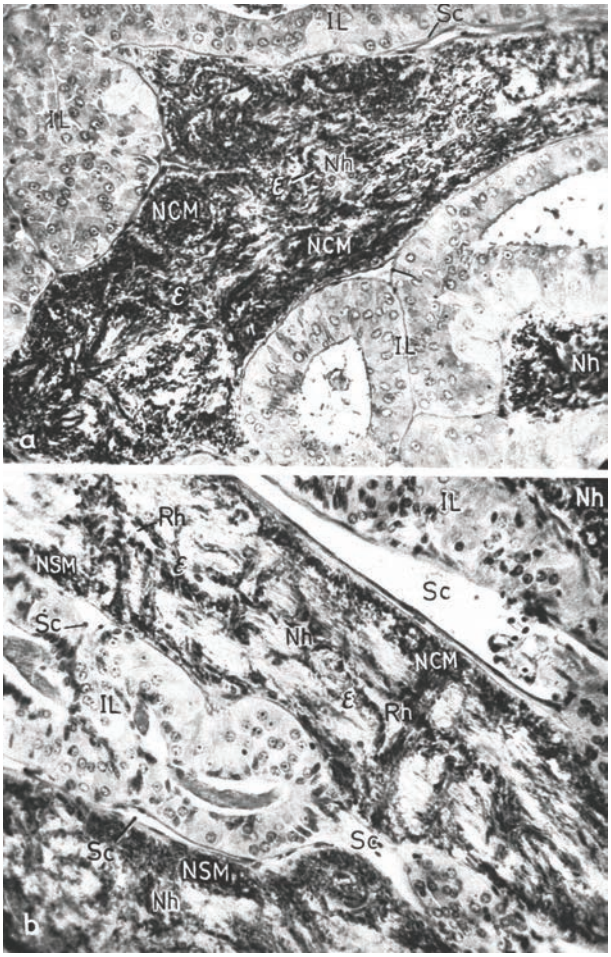

Рис. 3. Световая микроскопия: дистальные отделы корней нейрогипофиза севрюги в контроле (*a*) и в опыте (*b*); *a* – в нейрогипофизе контрольной самки содержится максимальная концентрация нейросекреторного материала (5 баллов), *b* – заметно снижение содержания нейросекрета (до 3 баллов) в нейрогипофизе самки после 18 час содержания в 17‰ растворе. Окраска паральдегид-фуксином по Гомори-Габу с докраской азаном по Гейденгайну. Ув.: – ×280.

Fig. 3. Light microscopy: distal parts of starred sturgeon neurohypophysis roots in control (*a*) and in experiment (*b*); *a* – in neurohypophysis of check starred sturgeon females there is maximal concentration of neurosecretory material (5 points), *b* – significant reducing of neurosecretory material (up to 3 points) in neurohypophysis of starred sturgeon females after 18 hours keeping in 17‰ solution. Paraldehyde-fuchsine Gomori-Gab staining method with additional Heidenhain's AZAN staining. Magnification ´280.

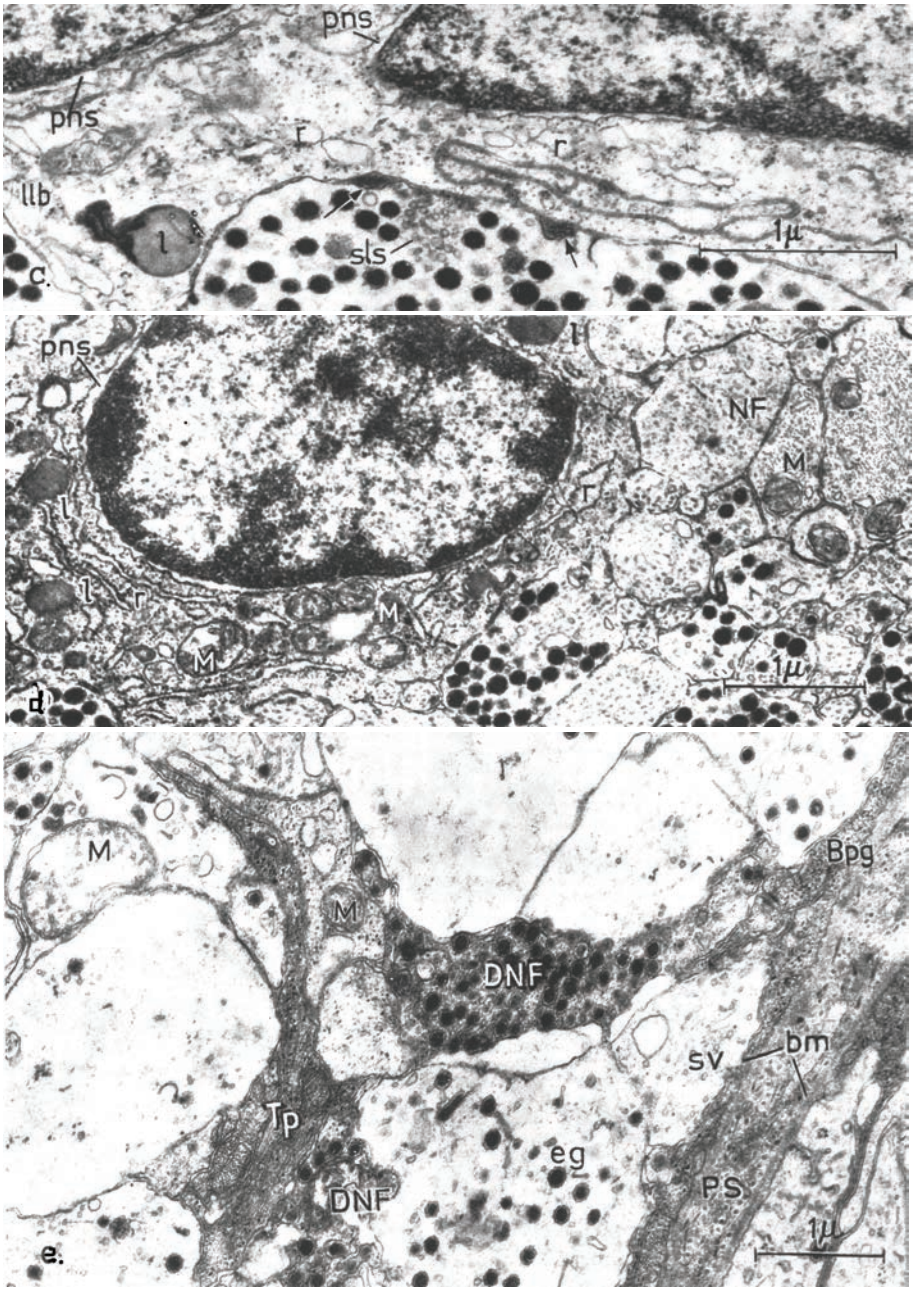

Рис. 3 (*Продолжение*). Электронная микроскопия: фрагменты дистальных отделов корней нейрогипофиза самки севрюги после 5 (*C*), 12 (*D*) и 24 ч (*E*) содержания в 17‰ растворе. Описание в тексте. Обозначения: *Nh* – нейрогипофиз; *NCM, NSM* – нейросекреторный материал, *IL* – промежуточная доля гипофиза, *Sc* – синусоидный капилляр, *pns* – перинуклеарное пространство, *M* – митохондрия, *NF* – нейросекреторное волокно, *sv* – синаптические пузырьки, *PS* – перикапиллярное пространство, *bm* – базальная мембрана, *DNF* – темное нейросекреторное волокно, *eg* – элементарные нейросекреторные гранулы. Ув.: *C* – ×23000, *D* – ×16500, *E* – 15000.

Fig. 3 (*Continued*). Electron microscopy: fragments of distal parts of stellate sturgeon female neurohypophysis roots after 5 (*C*), 12 (*D*) and 24 hours (*E*) keeping in 17‰ solution. Description in the text. Legend: *Nh* – neurohypophysis, *NCM, NSM* – neurosecretory material, *IL* – intermediate lobe of the pituitary, *Sc* – sinusoidal capillaries, *pns* – perinuclear space, *M* – mitochondrion, *NF* – neurosecretory fibers, *sv* – synaptic vesicles, *PS* – pericapillary space, *bm* – basement membrane, *DNF* – dark neurosecretory fiber, *e.g.* – elementary neurosecretory granules. Magnification: *C* – ´23000, *D* – ´16500, *E* – ´15000.

Таблица 3. Осмолярность внутренних сред у контрольных и подопытных самок севрюги.
Table 3. Osmolarity of internal media in control and experimental starred sturgeon females.

Вариант: опыт – контроль Variant: experiment – control	Продолжительность резервирования (сутки) Duration of reservation (days)	Осмолярность: средняя – мосМ/л (соленость: ‰) Osmolarity: arithmetic mean – mOsm/l (salinity: ‰)		
		сыворотки крови Blood serum	полостной жидкости Internal fluid	мочи Urine
5‰	28	164.4 (6.2‰)	196.0 (7.7‰)	122.0 (4.5‰)
Контроль Речная вода Control Fluvial water	28	153.0 (5.8‰)	171.0 (6.6‰)	155.0 (5.9‰)

гипертрофия ультраструктур, зернистый распад элементарных нейросекреторных гранул и усиливаются межклеточные связи (рис. 3, *C*). Через 12 ч наблюдается гипертрофия и набухание всех ультраструктур нейроглии, массовый зернистый распад нейросекреторных гранул (рис. 3, *D*). Через 24 ч многие нейросекреторные окончания и волокна заметно опустошены от нейросекреторных гранул, ультраструктуры глии и капилляров гипертрофированы, митохондрии набухшие и сильно вакуолизированы (рис. 3, *E*). Все описанные состояния структур и ультраструктур нейрогипофиза в опытах отражают процессы активации ГГНС – массовое выведения нонапептидных нейрогормонов в общий кровоток (см. рис. 2, 3).

Осмолярность сыворотки крови и полостной жидкости у самок в конце срока резервирования заметно выше в среде критической солености, а осмолярность мочи – наоборот, снижена по сравнению с контролем (табл. 3).

ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты опытов показали, что содержание производителей в среде критической солености оказывает комплексный физиологический эффект – задержку полового созревания (прежде всего овуляции и наступления резорбции) на фоне длительного сохранения благоприятного физиологического состояния организма. Производители оказываются резистентны к этой среде (Хлебович, 2012), в которой диапазон толерантности наиболее широк (см. рис. 1). В то же время у рыб в период размножения возникает состояние физиологического стресса, и реакция ГГНС направлена на его преодоление, причем ее степень находится в прямой зависимости от интенсивности нереста (Гарлов, 2011). Длительное содержание производителей в речной воде приводит к их частичной гибели и тотальной резорбции ооцитов, начиная с 11–16 суток резервирования (см. рис. 1, табл. 2), поэтому в условиях длительного резервирования (по современным нормативам осетроводства – до 12 мес.) особенно актуальной

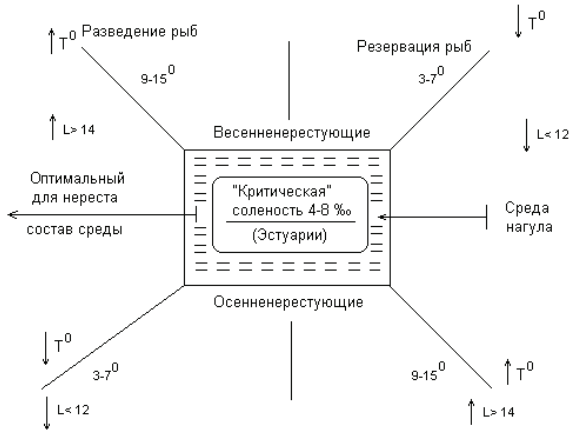

Рис. 4. Принцип управления размножением рыб с разным сезоном нереста комплексом экологических факторов: температурой (*T*°), освещенностью (*L* – фотопериод ч/сут) и критической соленостью 4–8‰ на примере ведущего механизма нерестовых миграций любой направленности (по авторскому свидетельству СССР № 682197 «Способ воспроизводства популяций рыб»).

Fig. 4. Principle to control breeding of fish with different spawning seasons by complex of environmental factors: temperature (*T*°), lighting (*L* – photoperiod hour/day) and critical salinity 4–8‰ (USSR author's certificate No. 682197 "Method for reproduction of fish populations").

становится задача повышения стрессоустойчивости и сохранения высокого рыбоводного качества производителей. По представлению Селье (1982) различаются 3 вида стресса: *эустресс* (слабой или умеренной напряженности), *стресс* (сильной напряженности) – обратимый, характеризуемый 2 фазами адаптационного синдрома («тревоги и резистентности) и *дистресс* (истощающий и поэтому необратимый). Первую фазу стресса отражают состояния активации ГГНС у самок в опытах с соленостью 22 и 17‰ (рис. 2, *Б*; 3), а конечное ее истощение – при дистрессе в речной воде (рис. 1; 2, *А*). Из них только эустресс является моделью для исследования механизмов нейроэндокринной регуляции жизненно важных процессов в условиях умеренного функционального напряжения, но без элементов патологии. Подобное естественное состояние организма должно возникать при пороговых изменениях солености в диапазоне критической в процессе нерестовых миграций проходных рыб, например осетровых и лососевых. Соленость, близкая к критической, является физиологически адекватной, оптимальной средой, особенно для проходных видов осетровых, предпочитающих солоноватоводные водоемы, либо опресненные и эстуарные зоны (Берг, 1961; Никольский, 1971; Хлебович, 2012). Это может и означать, что критическая соленость выполняет роль ведущего фактора в их экологическом комплексе. Этот комплекс – из триады факторов сигнального и филогенетического значения, определяющих как сезонные физиологические циклы, так и в целом физиологическое равновесие организма со средой, оптимальный осмотический градиент (рис. 4).

Изучение ГГНС у подопытных самок при разной степени солевых стрессорных воздействий (см. рис. 2, 3) показало именно в среде критической солености активацию выброса нонапептидных нейрогормонов в кровоток (по-видимому, хроническую) на 15-е сутки резервирования (Алтуфьев, 1981). В дальнейшем она снижается, по-видимому, в связи с стабилизацией уровня функционирования, почти до исходного (см. рис. 2, *А*). Подобная фазная реакция нейросекреторной системы, ответственной за повседневный водно-минеральный обмен (диуретический и антидиуретический эффекты), а также интерреналовой и щитовидной желез (углеводный и общий обмен) указывает на умеренно стрессорное воздействие критической солености на организм. На важное значение выделяемых при этом в кровоток умеренных количеств нонапептидных нейрогормонов, стимулирующих функции желез-мишеней, указывает и минимальный уровень снижения осмолярности сыворотки крови и полостной жидкости у производителей осетровых в этой среде по сравнению с контролем (см. табл. 3). Напомним, что при стрессах малые количества нейрогормонов стимулируют, а большие – тормозят функции мишеней, препятствуя «внутреннему сгоранию организма» (Гарлов и др., 2011). Так, при содержании пресноводной половозрелой стерляди *Acipenser ruthenus* (Linnè, 1758) в морской воде 6‰ активация ГГНС наступает уже через 6 ч (2.8 балла), уровень ее активности снижается через 12–24 ч (3.3 балла) и восстанавливается до состояния, близкого к исходному (порядка 4 баллов), к 2–5 суткам опыта (Кузик, 1983). Синхронная активация в этой среде интерреналовой и щитовидной желез у стерляди (0.5–1.5 ч) сменяется угнетением их функции (3–6 ч) ниже контрольного уровня, после чего только интерреналовая железа стойко активируется спустя 72 ч от начала опыта (Степанов, 1985).

Действительно, введение небольших доз вазотоцина (5 × 10 мкг/кг) вызывает заметную активацию интерреналовой железы у интактной и гипофизэктомированной стерляди (Елифанов и др., 1989). Биостимулирующий эффект влияния критической солености (см. рис. 1; табл. 1–3) можно объяснить оптимальным (энергосберегающим) осмотическим градиентом между внутренней и внешней средами, механизмами ионного равновесия по изоосмотичекому типу. С другой стороны, он объясним также и флуктуирующим равновесием между выбросом нейрогормонов в кровоток и их синтезом, обеспечивающим хроническую умеренную активацию желез-мишеней и оптимальный водно-солевой гомеостаз организма (см. табл. 3). В целом эта среда, по-видимому, оказывает биостимулирующее влияние на производителей, вызывая повышающий сопротивляемость организма эндогенный «эустрессорный» эффект и, таким образом, напрямую оказывая или, по меньшей мере, усиливая ее уже известное антипаразитарное действие (Яндовская и др., 1966). Длительная задержка овуляции и резорбции в среде «критической» солености также связана с повышенным содержанием но-

напептидных нейрогормонов в крови. Известно, что они воздействуют на все уровни гипоталамо-гипофизарно-гонадной оси нейро-эндокринных взаимоотношений, ингибируя, например, секрецию люлиберина и в целом проявляют стойкий антигонадотропный эффект (Pierantony et al., 2002; Гарлов, 2011). Действительно, сопоставление рыбоводно-биологических показателей с морфо-физиологическими у производителей в опыте и контроле (см. рис. 2, *А*; табл. 1–3) также указывает на их четкую взаимосвязь с качеством полового созревания и овуляции, иначе – с рыбоводным качеством самок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом эффекты влияния солоноватой морской воды (от критической солености до изотонической, не более 12‰) на рост и выживаемость промысловых рыб уже давно привлекают внимание исследователей и рыбоводов. В нашей стране профессор Суворов (Суворов, 1940) впервые указал на возможность «использования скрытых возможностей роста рыб в солоноватой воде» и рекомендовал широко использовать ее в товарном рыбоводстве, особенно лососеводстве. Разведение лососевых в этой среде широко используется за рубежом, например в Норвегии, США, Канаде, Японии, Шотландии, Дании (см. обзор: Гарлов, 2011). Эффект повышения в этой среде выживаемости молоди, усвоения корма сеголетками (и, особенно, темпов роста годовиков) установлен и у других видов рыб, например сельдевых, кефалевых, осетровых и даже карповых; он используется также при их транспортировке. Можно заключить, что полносистемное исследование (Гарлов и др., 2011) комплексных физиологических эффектов влияния этой среды на процессы развития и размножения рыб (при их содержании, выращивании и воспроизводстве), реализуемых биостимулирующими механизмами эустресса, особенно важно для развития аквакультуры.

ЛИТЕРАТУРА

Алтуфьев Ю.В. 1981. Функциональное состояние нейрогипофиза самок севрюги при различных условиях длительной резервации. // *Рациональные основы ведения осетрового хозяйства*. Волгоград: 9–10.

Берг Л.С. 1961. Избранные труды. Т. IV. Л.: АН СССР: 628 с.

Гарлов П.Е, Ю.К. Кузнецов, К.Е. Федоров. 2011. «Управление размножением рыб на основе эколого-гистофизиологических и экспериментальных исследований» (СПбГАУ, СПбГУ, ФГБНУ «ГОСНИОРХ»). «СПбГАУ МСХ РФ». СПб: 213 с.

Гарлов П.Е. 2011. «Биотехника управления размножением рыб» (ФАР ФГБНУ «ГосНИОРХ». СПб: 95 с.

Елифанов А.В., Кузик В.В., Беленький М.А., Поленов А.Л. 1989. Реакция интерреналовой железы стерляди *Acipenser ruthenus* L. на гипофизэктомию и введение аргинин-вазотоцина // *Журн. эвол. физиологии и биохимии*, **25**(1): 45–51.

Кузик В.В. 1983. Морфофункциональный анализ состояния ПГНС стерляди при кратковременном содержании в солоноватой воде. // Нейрон и межнейрональная интеграция. Л., Наука: 30–32.

Никольский Г.В. 1971. Частная ихтиология. М., Высшая школа: 436 с.

Селье Г. 1982. Стресс без дистресса. М., Прогресс: 128с.

Степанов А.Г. 1985. Реакция интерреналовой и щитовидной желез гипофизэктомированной стерляди на изменение солености воды. // Экологическая физиология и биохимия рыб. Вильнюс: 435–436.

Суворов Е.К. 1940. Использование скрытых возможностей роста рыб // Информацинный сб. консультативного бюро ВНИОРХа, **4**: 7–9.

Хлебович В.В. 1974. Критическая соленость биологических процессов. Л., Наука: 235 с.

Хлебович В.В. 2012. Очерки экологии особи. СПб., ЗИН РАН: 144 с.

Яндовская Н.И., Лейзерович Х.А., Богданова Е.А. 1966. Инструкция по биотехнике разведения семги и лечебно-профилактическим мероприятиям при выращивании в бассейнах. Л. ГосНИОРХ: 51 с.

Pierantoni R., Cobellis G., Meccariello R., Fasano S. 2002. Evolutionari aspects of cellular communication in the vertebrate hypothalamo-hypophysio-gonadal axis // Internat. Rev. Cytol. **218**: 69–141.