

УДК 597.423.591.392

РАННЕЕ РАЗВИТИЕ СИБИРСКОГО ОСЕТРА *ACIPENSER BAERII* (ACIPENSERIDAE) В УСЛОВИЯХ РАЗНОЙ СОЛЁНОСТИ

© 2018 г. С. В. Лукиянов^{1, *}, В. А. Кузнецов¹, Е. А. Лобачёв¹

¹Мордовский государственный университет, Саранск, Россия

*E-mail: lukiyanovs@gmail.com

Поступила в редакцию 15.03.2017 г.

Исследовано эмбрионально-личиночное развитие сибирского осетра *Acipenser baerii* при разной солёности (0.5–10.5‰). Отмечено, что солёность среды выше 6.5‰ уже в эмбриогенезе приводит к нарушениям развития и осложняет вылупление предличинок. Заметное повышение чувствительности к солёности у предличинок отмечается в период интенсивного развития жаберного аппарата. Эмбрионально-личиночное развитие сибирского осетра успешно протекает в диапазоне солёности 0.5–2.5‰.

Ключевые слова: сибирский осётр *Acipenser baerii*, эмбрионально-личиночное развитие, солёность.

DOI: 10.1134/S0042875218040100

Солёность воды является одним из ключевых факторов, которые в онтогенезе рыб влияют на их выживаемость, метаболизм и распространение. Успешное освоение рыбами тех или иных местообитаний зависит от их способности к осморегуляции на каждой стадии развития (Жукинский, 1986; Varsamos et al., 2005). В цикле наших работ по изучению влияния статических и переменных режимов абиотических факторов на ранний онтогенез гидробионтов показано, что небольшая солёность среды и её изменения в определённых пределах могут быть использованы для оптимизации важнейших параметров у представителей самых разных филогенетических групп (Кузнецов, 2005; Константинов и др., 2007; Кузнецов, Лобачев, 2007; Kuznetsov, Lobachyov, 2007; Лукиянов, 2010; Кузнецов и др., 2015, 2016). Предпочтения разной солёности и отношение к её изменениям у гидробионтов связаны с их эволюционной историей, экологическими и иными причинами.

Эвригалинность уже на ранних этапах онтогенеза у анадромных видов осетровых рыб (Acipenseridae) считается характерной чертой (Гербельский, 1965). Развитие их осморегуляторной системы связано с морфофункциональным становлением органов, участвующих в водно-солевом обмене (хлоридных клеток жабр, почек, гипоталамо-гипофизарного комплекса, интерренальной и щитовидной желез и др.), и приводит к увеличению диапазона солёности, выдерживаемого молодью (Яковлева, 1964; Чусовитина, 1965; Краюшкина (Чусовитина), 1967; Беляева, Болдырев, 1968; Баранникова, 1974; Краюшкина, Дюбин,

1974; Краюшкина, 1983, Жукинский, 1986; Cataldi et al., 1999).

Сибирский осётр *Acipenser baerii* как вид сформировался в условиях изоляции от морских бассейнов и, вероятно, филогенетически является самым молодым видом среди осетровых рыб (Birstein, DeSalle, 1998; Рубан, 1999). В этой связи можно ожидать меньшую толерантность сибирского осетра к солёности по сравнению с анадромными видами осетровых Понто-Каспийского бассейна. Известно о неспособности сибирского осетра поддерживать осмолярность плазмы и электролитный баланс при солёности выше изотонической, что свидетельствует о невозможности существования вида вне сильно опреснённых приустьевых участков морей (Краюшкина, Моисеенко, 1977; Рубан, 1999; Rodriguez et al., 2002).

О солёностной толерантности сибирского осетра в раннем онтогенезе известно немного. При резком переводе 25-дневных личинок сибирского осетра из пресной воды в солёную (10.5–12.5‰) они погибают; при этом у этого вида по сравнению с русским осетром *A. gmelina* способность выдерживать одинаковый уровень солёности развивается несколько позднее, при большей степени сформированности (Чусовитина, 1963). Жукинский (1986) считал, что различия осморегуляторных возможностей ранней молоди проходного русского осетра и пресноводного сибирского осетра являются результатом адаптации к разным условиям солёности в онтогенезе.

Сибирский осётр является одним из основных объектов товарного осетроводства в России, Ев-

ропе, Чили и других странах (Рубан, 1999; Gisbert, Williot, 2002). В этой связи информация об экологии его раннего онтогенеза представляет не только теоретический интерес, но и будет полезна в практике рыбоводства.

Цель работы — изучить эмбрионально-личиночное развитие сибирского осетра при разной солёности.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

В эксперименте использована оплодотворённая икра одной самки сибирского осетра. Для исключения из эксперимента партеногенетических и полиспермных яиц икру закладывали на стадии средней гастролы (15-я стадия). Для экспериментов использовали отстоянную водопроводную аэрированную воду с общей минерализацией 0.5 г/л (0.5‰, далее обозначена как пресная) и pH 7.5–8.0. Икру помещали в стеклянные чашки Петри (по 22 шт. в каждую) с пресной водой и с растворами NaCl в концентрации 2, 4, 6, 8, 10 г/л (общая минерализация соответственно 0.5, 2.5, 4.5, 6.5, 8.5 и 10.5‰). Каждый вариант опыта провели в трёх повторностях. Воду во всех чашках Петри меняли дважды в сутки (в 8–9 и 20–21 ч). Температура инкубации икры составляла $18.0 \pm 0.5^\circ\text{C}$. В течение инкубации удаляли погибших особей, отмечали стадии развития, оценивали типичность развития и измеряли общую длину (*TL*) и массу предличинок. Стадии развития определяли по периодизации, принятой для осетровых рыб (Гинзбург, Детлаф, 1975; Шмальгаузен, 1975; Детлаф и др., 1981; Szczepkowski et al., 2000). Возраст отсчитывали в часах после оплодотворения (ч. п.о.). Для последующего детального исследования личинок фиксировали в 4%-ном растворе формальдегида.

При статистической обработке полученных данных вычисляли среднее значение и стандартную ошибку ($M \pm \text{s.e.}$) и коэффициент вариации (*CV*) (Лакин, 1990; Гланц, 1999). Для оценки вероятности нулевых гипотез использовали пакеты программ MS Excel 2010, Statistica 6 и AtteStat 10.3.4 (Гайдышев, 2015).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Эмбриональный период. Во всём исследованном диапазоне солёности от начала эксперимента и до достижения стадии 26–27 выживаемость эмбрионов была высокой (табл. 1). Однако к 94 ч. п.о. в вариантах опыта 8.5 и 10.5‰ в икринках, находящихся соответственно на стадиях 29 и 27, отмечались видимые через оболочки светлые излияния желтка. Их возникновение мы связываем с осмотическим воздействием среды. В пользу этого свидетельствует более высокая доля эмбрионов с нарушениями развития при солёности 10.5‰, чем при 8.5‰ (76.9 против 38.5%). Такие эмбри-

оны постепенно погибали, но точно диагностировать их нежизнеспособность было невозможно из-за малой прозрачности оболочек. Во всех остальных вариантах солёности выживаемость до вылупления (стадии 35–36) была высокой и не отличалась от контроля (рис. 1).

Число аномальных эмбрионов начали регистрировать на близких к вылуплению стадиях. В диапазоне солёности 0.5–6.5‰ доля таких эмбрионов была небольшой, галозависимость этого показателя не прослеживается (табл. 1). Тогда как в вариантах 8.5 и 10.5‰ все исследованные зародыши имели нарушения морфогенеза (нетипичное строение, сильные искривления тела, отсутствие зачатков органов).

Темп развития эмбрионов в диапазоне солёности 0.5–4.5‰ был сходным, а время наступления стадий соответствовало ожидаемому. При солёности 10.5‰ начиная со стадии 26 становилось заметным снижение темпа развития зародышей, которое в дальнейшем прогрессировало, и к возрасту 172 ч. п.о. эмбрионы достигли лишь 28-й стадии и погибли (в контроле в это время эмбрионы достигли стадии 36). Аналогичный эффект, но выраженный в меньшей степени, отмечен и при солёности 8.5‰: эмбрионы в возрасте 172 ч. п.о. находились на стадиях 30 и 31. При солёности 6.5‰, наоборот, эмбрионы к концу эмбриогенеза по темпу развития опережали контрольных на 8.1 ч (*t*-критерий Стьюдента, $p < 0.05$).

Вылупление в интервале солёности 0.5–6.5‰ протекало вполне типично и успешно, в отличие от варианта 8.5‰ (рис. 2). По доле вылупившихся зародышей сравниваемые режимы солёности 0.5, 2.5, 4.5, 6.5 и 8.5‰ не составляют единую совокупность (ранговый однофакторный анализ Краскела–Уоллиса, $p < 0.05$). Из общего ряда значимо выбивается вариант 8.5‰ (критерий Данна, $p < 0.05$). Как отмечалось выше, эмбрионы, развивавшиеся при солёности 8.5 и 10.5‰, имели значительные нарушения в развитии. Известно, что нарушения морфогенеза затрудняют выход эмбрионов из оболочек — большинство таких зародышей вовсе не вылупляются (Гинзбург, Детлаф, 1975). Так, при солёности 8.5‰ лишь 4.3% зародышей смогли надорвать оболочки, но и они погибли к возрасту 191 ч. п.о., не сумев полностью освободиться от оболочек, а при 10.5‰ зародыши не вылуплялись совсем. Таким образом, эмбриональное развитие сибирского осетра нормально протекало при солёности 0.5–6.5‰.

Предличиночный этап. Выживаемость предличинок сибирского осетра в интервале солёности 0.5–6.5‰ была высокой до стадии 40–41 (рис. 1, табл. 2). Однако в варианте 6.5‰ при достижении стадии 42 они уже заметно отставали по темпу развития и роста и к возрасту 262 ч. п.о. все погибали. При солёности 4.5‰ аналогичная ситуация наблю-

Таблица 1. Показатели ($M \pm s.e.$) эмбрионального развития сибирского осетра *Acipenser baerii* при разной солёности

Стадия развития	Солёность, ‰	Время наступления стадии, ч. п.о.	Выживаемость, %	Доля эмбрионов с аномалиями, %
26	0.5 (контроль)	64.6 ± 2.3	99.2 ± 0.8	—
	2.5	62.2 ± 1.4	100	—
	4.5	62.3 ± 1.4	100	—
	6.5	64.1 ± 2.3	98.6 ± 0.8	—
	8.5	69.4 ± 1.3	97.7 ± 1.3	—
	10.5	77.6 ± 1.5**	100	—
32	0.5 (контроль)	102.1 ± 2.5	98.4 ± 1.6	—
	2.5	96.6 ± 2.2	100	—
	4.5	96.4 ± 2.2	100	—
	6.5	100.7 ± 4.3	97.4 ± 1.5	—
	8.5	—	0	—
	10.5	—	0	—
35	0.5 (контроль)	148.8 ± 1.6	95.4 ± 1.6	1.6 ± 1.6
	2.5	146.0 ± 1.5	97.8 ± 1.3	1.4 ± 1.4
	4.5	144.1 ± 1.5	100	1.8 ± 1.0
	6.5	140.7 ± 1.4*	96.5 ± 2.9	2.4 ± 1.7

Примечание. Здесь и в табл. 2–3: $M \pm s.e.$ — среднее значение и стандартная ошибка; отличия от контроля достоверны при p : * < 0.05, ** < 0.01, *** < 0.001.

далась несколько позднее. В период 250–350 ч. п.о. (стадии 42–43) скорость развития снизилась и резко возросла смертность. Уже к 270 ч. п.о. большинство предличинок лежали на дне без движения и не реагировали на прикосновение препаровальной иглой. Лишь сердцебиение свидетельствовало о том,

что они живы. К возрасту 355 ч. п.о. все предличинки погибли. Особенно резкое повышение чувствительности к солёности совпало с началом развития жаберных лепестков. Некоторое возрастание смертности в наших экспериментах наблюдалось уже при формировании на жаберных дугах жабер-

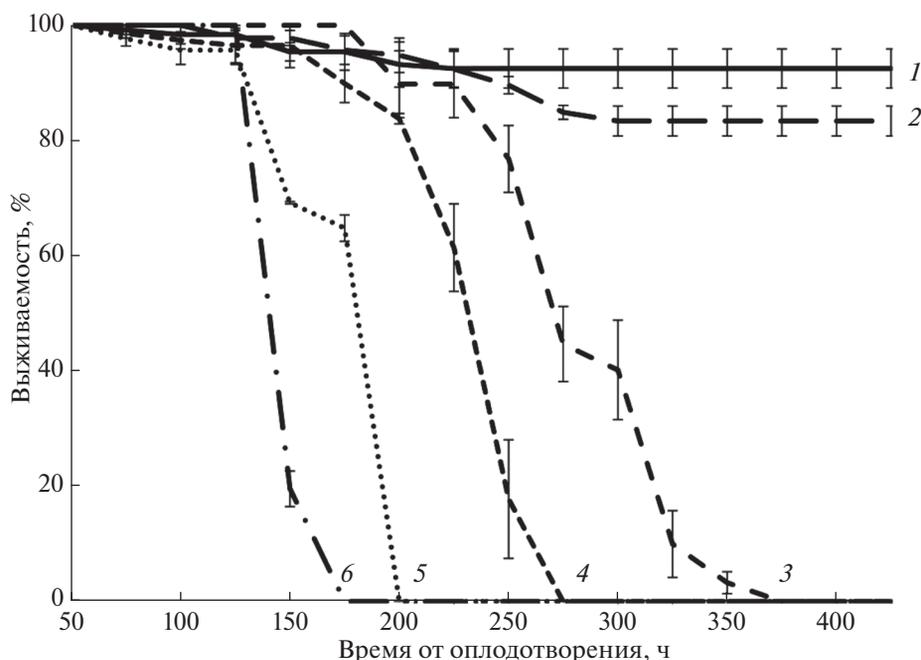


Рис. 1. Выживаемость сибирского осетра *Acipenser baerii* в эмбрионально-личиночный период при разной солёности: 1 — 0.5, 2 — 2.5, 3 — 4.5, 4 — 6.5, 5 — 8.5, 6 — 10.5‰; (I) — стандартная ошибка.

ОБСУЖДЕНИЕ

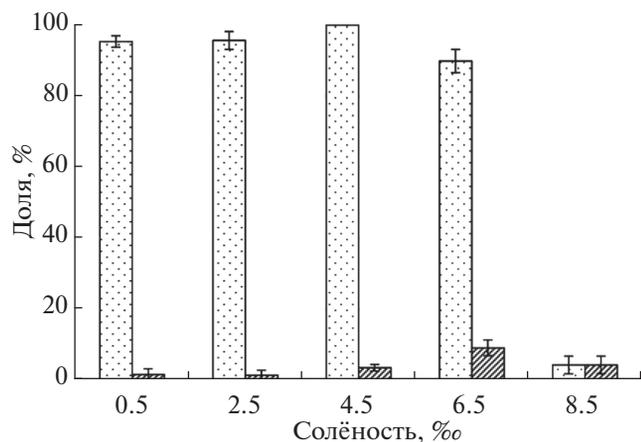


Рис. 2. Результаты инкубации икры сибирского осетра *Acipenser baerii* при разной солёности, % исходного числа икринок: (□) – общее число предличинок, (▨) – число предличинок с аномалиями развития.

ных лепестков 1-го и 2-го ряда (стадии 41-42), а максимальное число погибших особей зарегистрировано в период возникновения вторичных жаберных лепестков (стадия 43).

При солёности 4.5‰ темп линейного и весового роста предличинок был ниже, чем в пресной воде и при солёности 2.5‰ (табл. 2, 3). Так, в возрасте 310 ч. п.о. предличинки в варианте 4.5‰ отставали от контрольных по длине и массе соответственно на 24 и 19% (*t*-критерий Стьюдента, $p < 0.001$).

После оплодотворения икры сибирского осетра в пресной воде развитие эмбрионов нормально протекает в диапазоне солёности 0.5–6.5‰. Ранее было показано, что нормальное вылупление русского (Драбкина, 1961) и персидского *A. persicus* осетров (Khatooni et al., 2012) происходит при солёности до 4‰. Однако эти эксперименты начинались непосредственно с оплодотворения икры в воде разной солёности; при солёности 6‰ и выше оплодотворения икры практически не происходило, поэтому эти варианты авторы не обсуждали. Гибель эмбрионов сибирского осетра при высокой солёности (8.5 и 10.5‰) в наших экспериментах согласуется с данными Романова (1976), полученными на эмбрионах белуги *Huso huso*, русского осетра и севрюги *A. stellatus*, у которых при солёности 9.2–11.1‰ наблюдалась сильная оводнённость оболочек икры, их разрыв и гибель всех зародышей.

С выходом из яичевых оболочек предличинки вступают в непосредственный контакт с внешней средой. Лишившись защиты избирательно проницаемых оболочек, они вынуждены самостоятельно регулировать параметры ионного обмена со средой. На первых порах ведущую роль играют ионоциты поверхности тела, позднее главным органом осморегуляции становятся жаберные лепестки (Varsamos et al., 2005). Смена ведущих поверхностей осморегуляции влияет и на развитие предличинок сибирского осетра. Появление жаберных лепестков 1-го и 2-го ряда (стадии 41-42) и в особенности вторичных жаберных лепестков (стадия 43) резко увеличивает поверх-

Таблица 2. Показатели ($M \pm s.e.$) постэмбрионального развития сибирского осетра *Acipenser baerii* при разной солёности

Стадия	Солёность, ‰	Время наступления стадии, ч.п.о.	Длина (TL)		Выживаемость, %	Доля предличинок с аномалиями, %
			$M \pm s.e.$, мм	CV, %		
40	0.5 (контроль)	176.0 ± 2.5	–	–	95.4 ± 1.6	1.6 ± 1.6
	2.5	166.4 ± 2.4	–	–	95.7 ± 2.5	1.4 ± 1.4
	4.5	171.2 ± 2.3	–	–	100	3.5 ± 0.9
	6.5	188.4 ± 4.5	–	–	89.9 ± 3.3	9.1 ± 2.2
42	0.5 (контроль)	244.8 ± 2.5	14.84 ± 0.22	5.8	92.5 ± 3.4	3.4 ± 1.7
	2.5	240.6 ± 2.4	14.89 ± 0.25	6.5	89.6 ± 1.5	3.5 ± 1.8
	4.5	251.3 ± 2.6	12.96 ± 0.24***	7.2	76.8 ± 5.8	14.9 ± 4.8
	6.5	255.7 ± 2.6*	13.21 ± 0.29***	8.5	17.8 ± 10.3*	9.7 ± 4.2
45	0.5 (контроль)	335.6 ± 3.1	18.36 ± 0.10	3.0	92.5 ± 3.4	7.6 ± 1.9
	2.5	330.9 ± 3.2	18.46 ± 0.12	3.6	83.4 ± 2.6	6.3 ± 3.8
	4.5	–	–	–	0	–
	6.5	–	–	–	0	–

Примечание. Здесь и в табл. 3: CV – коэффициент вариации.

Таблица 3. Длина (*TL*) и масса предличинок сибирского осетра *Acipenser baerii* в возрасте 310 ч после оплодотворения при разной солёности

Солёность, ‰	<i>TL</i>		Масса	
	<i>M</i> ± s.e., мм	<i>CV</i> , %	<i>M</i> ± s.e., мг	<i>CV</i> , %
0.5 (контроль)	17.71 ± 0.10	2.4	19.27 ± 0.07	8.3
2.5	17.90 ± 0.14	3.0	19.57 ± 0.12	7.8
4.5	13.45 ± 0.22***	5.6	15.59 ± 0.09***	7.7

ность жабр и ввиду большой проницаемости жабр для ионов приводит к резкому повышению осморности внутренней среды. На этой стадии развития у осетровых ещё отсутствуют эффективные механизмы осморегуляции, например, хлоридсекретирующие клетки (ионоциты) жабр лишь начинают появляться (Чусовитина, 1963) и ещё не способны обеспечить требуемый уровень обмена ионами с окружающей средой. Снижение солеустойчивости в период перехода ранних личинок на жаберное дыхание отмечено и у русского осетра (Краюшкина, Дюбин, 1974; Козоца, 1983). Следует также отметить, что на это время у севрюги и белуги приходится один из периодов интенсификации дыхания (Олифан, 1965; Шмальгаузен, 1983). Так, Шмальгаузен (1983) отмечала повышенную гибель предличинок белуги и севрюги на этой фазе при повышении температуры, вероятно, от недостатка кислорода в воде. Резкое увеличение смертности предличинок сибирского осетра наблюдается даже в пресной воде при вполне обычных условиях содержания (Szczepkowski et al., 2000). Всё это подтверждает важность обеспечения оптимальных условий при прохождении указанного этапа.

При содержании предличинок сибирского осетра в пресной воде и при солёности 2.5‰ их выживаемость, темп развития и роста были высокими. В целом наши результаты близки к таковым, полученным на русском осетре (Драбкина, 1961), 7-дневные личинки которого при солёности 2‰ развивались лучше, чем в пресной воде, в то время как личинки, развивавшиеся при 4–6‰, были самыми маленькими и отставали в развитии.

Таким образом, результаты нашего исследования показали, что после оплодотворения икры в пресной воде инкубация эмбрионов сибирского осетра возможна в широком диапазоне солёности – 0.5–6.5‰. При более высоких её значениях яйцевые оболочки уже не защищают зародышей: они приобретают аномальное строение и не способны к вылуплению. Вылупление, таким образом, выступает как фаза проявления неполноценности развивающегося организма. После вылупления темп развития предличинок в диапазоне солёности 0.5–6.5‰ до начала формирова-

ния жаберного аппарата (стадия 41) не различается. С наступлением этой стадии личинки начинают отставать в темпе развития в тем большей степени, чем более высокой является солёность. Стадия формирования вторичных жаберных лепестков (стадия 43) является критической для всех личинок, развивающихся при солёности выше 2.5‰. Эмбрионально-личиночное развитие сибирского осетра, таким образом, нормально протекает лишь в пресной воде при солёности до 2.5‰, и именно эти условия можно считать благоприятными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Баранникова И.А. 1974. Некоторые особенности формирования нейросекреторных систем и становления эндокринных функций в онтогенезе рыб // Гормональные факторы индивидуального развития. М.: Наука. С. 61–71.

Беляева В.Н., Болдырев И.И. 1968. Выживаемость осетровых на ранних стадиях развития в условиях различной солёности // Биологическое обоснование и принципы размещения заводской молоди осетровых в водоемах. Астрахань: Волга. С. 151–161.

Гайдышев И.П. 2015. Моделирование стохастических и детерминированных систем: руководство пользователя программы AtteStat. Курган, 484 с. (http://биостатистика.рф/files/AtteStat_Manual%20_13.pdf.)

Гербельский Н.Л. 1965. Теория биологического прогресса вида и ее использование в рыбном хозяйстве // Теоретические основы рыбоводства. М.: Наука. С. 77–84.

Гинзбург А.С., Детлаф А.Т. 1975. Осетр *Acipenser guldensstädti* // Объекты биологии развития. М.: Наука. С. 217–263.

Гланц С. 1999. Медико-биологическая статистика. М.: Практика, 459 с.

Детлаф Т.А., Гинзбург А.С., Шмальгаузен О.И. 1981. Развитие осетровых рыб. Созревание яиц, оплодотворение, развитие зародышей и предличинок. М.: Наука, 224 с.

Драбкина Б.М. 1961. Влияние воды различной солёности на выживаемость спермы, икры и личинок осетра // Докл. АН СССР. Т. 138. № 2. С. 492–495.

Жукинский В.Н. 1986. Влияние абиотических факторов на разнокачественность и жизнеспособность рыб в раннем онтогенезе. М.: Агропромиздат, 248 с.

Козоца А.А. 1983. Методы и критерии оценки качества молоди осетровых рыб, выращенной на осетровых ры-

- боводных заводах // Биологические основы осетроводства. М.: Наука. С. 178–190.
- Константинов А.С., Кузнецов В.А., Костоева Т.Н. 2007. Влияние колебаний солености воды на рост, размножение и плодовитость большого прудовика *Lutjanus stagnalis* L. // Успехи соврем. биологии. Т. 127. № 3. С. 316–321.
- Краюшкина (Чусовитина) Л.С. 1967. Развитие эвригалинности на ранних этапах онтогенеза у осетра различных видов и экологических форм // Осетровые СССР и их воспроизводство. М.: Пищ. пром-сть. С. 181–195.
- Краюшкина Л.С. 1983. Функциональная сформированность осморегуляторной системы молоди осетровых в зависимости от размеров и возраста // Биологические основы осетроводства. М.: Наука. С. 158–166.
- Краюшкина Л.С., Дюбин В.П. 1974. Реакция молоди осетровых на изменения солености среды // Вопр. ихтиологии. Т. 14. Вып. 6. С. 1118–1124.
- Краюшкина Л.С., Моисеенко С.Н. 1977. Функциональные особенности осморегуляции экологически различных видов осетровых (семейство Acipenseridae) в гипертонической среде // Там же. Т. 17. Вып. 3. С. 503–509.
- Кузнецов В.А. 2005. Астатичность факторов среды как экологический оптимум для гидробионтов: Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Саратов: СГУ, 44 с.
- Кузнецов В.А., Лобачев Е.А. 2007. Влияние колебаний солености на рост и развитие личинок озерной лягушки *Rana ridibunda* // Гидробиол. журн. Т. 43. № 1. С. 74–84.
- Кузнецов В.А., Зданович В.В., Лобачёв Е.А., Лукиянов С.В. 2015. К вопросу об астатическом экологическом оптимуме // Успехи соврем. биологии. Т. 135. № 5. С. 437–452.
- Кузнецов В.А., Лукиянов С.В., Лобачёв Е.А., Логинова А.Н. 2016. Влияние колебаний солености на эмбрионально-личиночное развитие щуки *Esox lucius* (Esocidae) // Вопр. ихтиологии. Т. 56. № 2. С. 200–207. doi 10.7868/S0042875216020120
- Лакин Г.Ф. 1990. Биометрия. М.: Высш. шк., 293 с.
- Лукиянов С.В. 2010. Влияние колебаний абиотических факторов (рН, соленость, температура) на рыб в эмбрионально-личиночный период развития: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саранск: МордГУ, 20 с.
- Олифан В.И. 1965. Закономерности возрастных изменений в физиологии личинок и мальков рыб и их значение для рыбоводства // Теоретические основы рыбоводства. М.: Наука. С. 155–164.
- Романов А.А. 1976. Влияние солености на эмбриогенез осетровых // Тез. докл. Отчет. сессии ЦНИОРХа по результатам работ в IX-й пятилетке (1971–1975 гг.). Гурьев. С. 86–87.
- Рубан Г.И. 1999. Сибирский осетр *Acipenser baeri* Brandt (структура вида и экология). М.: ГЕОС, 235 с.
- Чусовитина Л.С. 1963. О ранней эвригалинности осетровых и адаптивной функции хлоридсекретирующих клеток в их жабрах // Докл. АН СССР. Т. 151. № 2. С. 441–442.
- Чусовитина Л.С. 1965. Расширение степени эвригалинности в онтогенезе и функциональная морфология хлоридсекретирующих клеток осетра и тилапии // Тез. докл. “Физиологические основы экологии водных животных”. Севастополь. С. 108.
- Шмальгаузен О.И. 1975. Осетр *Acipenser güldenstädti*. Развитие предличинок // Объекты биологии развития. М.: Наука. С. 264–277.
- Шмальгаузен О.И. 1983. Продолжительность и типичность развития предличинок белуги и севрюги при разных температурных условиях // Биологические основы осетроводства. М.: Наука. С. 94–103.
- Яковлева И.В. 1964. Гистогенез щитовидной железы и гипофиза осетра в связи с этапами личиночного периода // Проблемы современной эмбриологии. М.: Изд-во МГУ. С. 236–243.
- Birstein V.J., DeSalle R. 1998. Molecular phylogeny of Acipenseridae // Mol. Phylog. Evol. V. 5. № 1. P. 141–155.
- Cataldi E., Barzaghi C., Di Marco P. et al. 1999. Some aspects of osmotic and ionic regulation in Adriatic sturgeon *Acipenser naccarii*. I: Ontogenesis of salinity tolerance // J. Appl. Ichthyol. V. 15. P. 57–60.
- Gisbert E., Williot P. 2002. Advances in the larval rearing of Siberian sturgeon // J. Fish Biol. V. 60. P. 1071–1092.
- Khatooni M.M., Amiri M.B., Mirvaghefi A. et al. 2012. The effects of salinity on the fertilization rate and rearing of the Persian sturgeon (*Acipenser persicus*) larvae // Aquacult. Int. V. 20. № 6. P. 1097–1105.
- Kuznetsov V.A., Lobachyov Ye.A. 2007. Effects of salinity fluctuations on growth and development of the larvae of marsh frog (*Rana ridibunda* L.) // Hydrobiol. J. V. 43. № 3. P. 71–79.
- Rodriguez A., Gallardo M.A., Gisbert E. et al. 2002. Osmoregulation in juvenile Siberian sturgeon (*Acipenser baeri*) // Fish Physiol. Biochem. V. 26. № 4. P. 345–354.
- Szczepkowski M., Kolman R., Szczepkowska B. 2000. Postembryonic development, survival and growth rate of Siberian sturgeon (*Acipenser baeri* Brandt) larvae // Arch. Pol. Fish. V. 8. № 2. P. 193–204.
- Varsamos S., Nebel C., Charmantier G. 2005. Ontogeny of osmoregulation in postembryonic fish: a review // Comp. Biochem. Physiol. Pt. A. Mol. Integr. Physiol. V. 141. № 4. P. 401–429.

УДК 597.08

АНОМАЛИИ ПОЗВОНОЧНИКА У ОБЫКНОВЕННОГО БЫЧКА-БУБЫРЯ *POMATOSCHISTUS MICROPS* (GOBIIDAE) ИЗ ВОД В РАЙОНЕ БРИТАНСКИХ ОСТРОВОВ*

© 2018 г. Л. А. Джавад

Частный консультант, Окленд, Новая Зеландия

E-mail: laith_jawad@hotmail.com

Поступила в редакцию 15.01.2018 г.

С ноября 1975 по июль 1977 гг. в 11 прибрежных локальностях вокруг Британских островов отмечено несколько случаев скелетных деформаций у обыкновенного бычка-бубыря *Pomatoschistus microps* с частотой встречаемости от 0.83 до 11.18%. Частота встречаемости позвоночных аномалий у особей рассматриваемого вида существенно варьировала в различных локальностях. Необходимо отметить важность документирования позвоночных аномалий у обыкновенного бычка-бубыря *P. microps* из вод вокруг Британских островов, поскольку подобные данные ранее не были опубликованы, несмотря на то, что наблюдения сделаны около 40 лет назад. Обсуждается возможное влияние загрязнений в местах проведённых исследований на возникновение таких аномалий.

Ключевые слова: обыкновенный бычок-бубырь *Pomatoschistus microps*, скелетные деформации, позвоночный столб, аномалии, Британские острова.

DOI: 10.1134/S0042875218040197

* Полностью статья опубликована в английской версии журнала.