



Аквакультура

Исследование солеустойчивости и окраски тела бестера

С.Е. Зуевский, О.П. Филиппова

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

E-mail: maricul@vniro.ru

SPIN-коды: Зуевский С.Е. – 1544–6014; Филиппова О.П. – 9906–0202

Цель работы: установить возможность содержания и выращивания в морской воде солёностью более 18‰ различных возрастных групп бестера на морских рыбоводных фермах. Исследовать окраску тела производителей и потомства бестера.

Используемые методы: исследования проводили в 2004–2005 гг. в Республике Корея согласно стандартным методикам, применяемым в рыбохозяйственных исследованиях.

Новизна: получены данные о переводе молоди и годовиков бестера в морскую воду солёностью 28–29‰. Исследование подтвердило принципиальную возможность, а также перспективность выращивания молоди бестера в пресноводных УЗВ с последующим переводом рыб в морскую воду. Описаны различные оттенки цвета кожи у бестера.

Результаты: были установлены средние массы молоди бестера для начала перехода на солёную воду. Анализ данных показал, что годовики переходят на высокую солёность 23–24‰ при выживаемости более 73%, а молодь с низкой выживаемостью после 18‰. Были выделены 10 линий бестера, отличающиеся по цвету кожи и форме плавников.

Практическая значимость: поставленный эксперимент уже имеет практические результаты в Республике Корея. Обладая достаточными ресурсами солёных вод (Балтийское, Чёрное, Каспийское и Азовское моря), в России имеются предпосылки для успешного выращивания осетровых в морской воде. Установлена связь окраски тела потомства с материнской, а также её разнообразие в зависимости от мест содержания осетровых рыб.

Ключевые слова: бестер (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*), осетровая ферма, морская вода, солёность, окраска тела, установка замкнутого водоснабжения (УЗВ).

Research of salt tolerance and body color of bester

Sergey E. Zuevskiy, Olga P. Filippova

Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

The aim: establish the possibility of keeping and growing in sea water with a salinity of more than 18‰ of different age groups of bester on marine fish farms. To investigate the body coloration of the breeders and offspring of the Bester hybrid.

Methods used: the research was carried out in 2004–2005 in the Republic of Korea according to standard methods used in fisheries research.

Novelty: data were obtained on the transfer of juveniles and yearlings of Bester to the sea water with a salinity of 28–29‰. Research confirmed the fundamental possibility, as well as the prospects for rearing juvenile bester in freshwater recirculating systems with the subsequent transfer of fish to sea water. Various bester's shades of skin color are described.

Result: as a result, the average weights of bester juveniles were established to start the transition to salt water. Analysis of the data showed that yearlings switch to a high salinity of 23–24‰ with a survival rate of more than 73%, and juveniles with low survival rate after 18‰. Ten Bester lines were identified, differing in skin color and fin shape.

Practical significance: the experiment already has practical results in the Republic of Korea. Having sufficient resources of salty waters (the Baltic, Black, Caspian and Azov Seas), Russia has prerequisites for the successful cultivation of sturgeon in sea water. The connection of the offspring's body color and its mother has been established, as well as its diversity depending on the places where sturgeons are cultivating.

Keywords: bester (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*), sturgeon farm, sea water, salinity, skin color, recycling aquaculture system (RAS).

ВВЕДЕНИЕ

Товарное выращивание осетровых (*Acipenseridae*: бестера, сибирского, русского осетра, гибридов между русским и сибирским осетрами, белуги, стерляди и др. форм), в основном, осуществляется в пресной

воде в садковых и бассейновых хозяйствах. Пресная вода не всегда является доступной в необходимых объёмах. Очень важно при ограничении площадей и воды иметь гарантированный объём производимой продукции, независимо от того икра это или посадоч-

ный материал, либо товарная рыба. Использование морских садков экономит электроэнергию, расширяет ареал выращивания и рынков сбыта продукции осетровых рыб, что является актуальным и выгодным. Российские специалисты ещё в 70-х гг. XX века начали отрабатывать методы перевода осетровых в солёную воду. Известен положительный опыт выращивания в морских садках бестера – гибрида между белугой (*Huso huso* (L., 1758)) и стерлядью (*Acipenser ruthenus* L., 1758) на Азовском море [Романычева, 1976¹] и белуги на Чёрном море [Романычева и др., 1984]. Также были сооружены и испытаны подводные автономные рыболовные садки [Муравьев, 2004], перед посадкой в которые молодь осетровых выдерживалась в береговых бассейнах [Пономарев и др., 2006].

Большинство рыб семейства осетровых имеют тёмную окраску спины и боков и светлую окраску брюха. Ряд видов имеет светлую окраску спинных и боковых жучек, контрастирующую с тёмной окраской кожи. У других видов окраска жучек и кожи одинакова. Но встречаются осетры и с необычной окраской: альбиносы, меланисты, хромисты – рыбы золотой или красноватой окраски, с чёрными пигментными пятнами и депигментированными участками кожи [Подушка, 2011]. На одном из хозяйств Польши описана стерлядь с ярко-оранжевой окраской и розовой радужной оболочкой глаз [Кольман и др., 2010].

Природный корейский осётр (*A. dabryanus* Duméril, 1868) давно исчез из рек Корейского п-ова, поэтому в настоящее время в аквакультуре Южной Кореи стали широко использоваться осетровые других видов и гибриды. Осетровыми, как объектом рыбоводства, заинтересовались не только специализированные институты, но и коммерческие предприятия. Сегодня осетровые хозяйства расположены в 8 из 9 провинций Республики Корея, не охвачен осетроводством только о. Чеджудо по причине отсутствия пресной воды. В местечке Сонгкиори (Songkyo-Ri), на побережье Жёлтого моря, была построена первая осетровая ферма. Другие фермы, где содержатся осетры, находятся вблизи городов: Ансон (Anseong), Чхунджу (Chungju), Пхёнхэк (Pyeongtaek), Чонан (Cheonan), Донгдучон (Dongducheon), Чонгянг (Cheongjang), Хаман (Haman), Буан (Buan), в Янг Пьён (Yangpyeong) – институте регионального сельского хозяйства. В результате совместной работы с учёными ВНИРО на первом осетровом хозяйстве в Сонгкиори на Жёлтом море специалисты этого института теперь самостоятельно получают потомство от стерляди.

Некоторые корейские хозяйства сегодня имеют: китайского (*A. sinensis* Gray, 1834), русского (*A. gueldenstaedtii* Brandt et Ratzeburg, 1833) и длиннорылового осетра (*A. oxyrhynchus* Mitchill, 1815). Из перечисленных хозяйств, только 4–5 инкубируют икру осетровых и в 2006 году на них было получено и продано около 600 тыс. мальков. Менее 20% от всего посадочного материала осетровых составил бестер и ленский осётр, а основную часть – стерлядь (80%), так как при практически одновременном завозе, она созрела на 5 лет раньше.

Привлекательными объектами для корейской стороны всегда были осетровые, которых можно выращивать в солёной воде, такие, как белуга и русский осётр, число которых в Корее единично, а поставки из России рыб, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и выловленных из естественных водоёмов невозможны. С 1997 года на рыболовные хозяйства Республики Корея были завезены бестер, стерлядь и сибирский осётр.

Солёность воды Жёлтого моря колеблется от 24 до 36‰. На двух осетровых фермах, расположенных на побережье Жёлтого моря с солёностью 28–29‰ в Songkyo-Ri и Pyeongtaek ощущалась острая нехватка пресной воды, в связи с чем возникла необходимость проведения работ по переводу некоторых видов молоди осетровых, содержащихся в пресноводных УЗВ, на солёную воду, для дальнейшего выращивания в морских рыболовных хозяйствах. Для выращивания в морской воде нами был предложен бестер.

Цель исследования – установить возможность содержания и выращивания в морской воде солёностью более 18‰ различных возрастных групп бестера на морских рыболовных фермах, а также исследовать окраску тела производителей и потомства бестера (*Huso huso* × *Acipenser ruthenus*).

В задачи исследований входило:

1. Разработать и создать из имевшихся материалов и оборудования экспериментальную установку с замкнутой системой водоснабжения с поэтапным повышением солёности.
2. Оценить принципиальную возможность перевода годовиков и молоди бестера в морскую воду.
3. Проанализировать материалы, полученные в ходе экспериментальных работ, по темпу роста и выживаемости молоди и годовиков бестера в зависимости от изменяющейся солёности и гидрохимических параметров.
4. Сравнить различную окраску кожных покровов производителей бестера и его потомства после получения молоди и её дальнейшего выращивания.

¹ Романычева О.Д. 1976. Методические указания по садковому выращиванию бестера. М.: ВНИРО. 46 с.

Полученные данные дают возможность определить возраст и среднюю массу бестера для перевода в морскую воду, а также формировать стада по экстерьерному признаку.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКИ

В связи с большим количеством морских ферм в Республике Корея актуальна задача выращивания некоторых видов осетровых в морской воде.

Бестер является удобным объектом для выращивания именно в солёной воде. Это эвритермная рыба, выдерживающая температуру воды от 0,5 до 30 °С.

Оптимальная для бестера температура воды составляет 20–25 °С. Кормление и рост его возможны в более широких пределах — от 7–9 до 27–28 °С. Бестер может жить как в пресной, так и в солёной воде до 18‰ [Бурцев и др., 1989]. Эксперименты по переводу в морскую воду с большей солёностью не проводились.

Хозяйство, на котором велись экспериментальные работы по переводу молоди и годовиков бестера в морскую воду, расположено в посёлке Каюри (Ka U ri) района Go-sam-Myon, в 10 км от города Ансон (Anseong).

Ферма была построена по типу теплиц с металлическим каркасом и покрыта двойным слоем полиэтиленовой плёнки толщиной 150–200 мкм, между которыми проложен синтетический утеплитель. В весенне-летний период при интенсивной инсоляции, для внутреннего затемнения, теплицы покрывали

чёрной сеткой, обычно используемой в Южной Корее при выращивании женьшеня.

Ферма состояла из 9 тепличных секций, общей площадью 3760 м². Производительность по биофильтрам малькового участка была рассчитана на выращивание до 4 тонн молоди. Хозяйство имело замкнутую систему водоснабжения с 6–7% суточной подпиткой воды с температурой 14 °С из артезианской скважины. Общая жёсткость артезианской воды, поступающей в УЗВ, составляла 280 мг/л. На участке для выращивания молоди были установлены пластиковые лотки и бассейны. Каждый год, начиная с 2000 г., на хозяйстве проводилось получение рыбоводно-продуктивной икры, её оплодотворение, перевод вылупившихся личинок на активное питание и дальнейшее подраживание молоди. Большая часть молоди продавалась, а часть оставляли для дальнейшего выращивания до товарной массы и для формирования собственного ремонтно-маточного стада.

В 2005 г. на осетровой ферме в посёлке Каюри был поставлен эксперимент по переводу разновозрастной молоди бестера из пресной воды в морскую, с солёностью до 28‰, завозимую с побережья Жёлтого моря, расположенного в 40 км от осетровой фермы.

Для осуществления эксперимента была создана небольшая замкнутая установка (рис. 1–3), состоящая из двух пластиковых бассейнов диаметром 3,9 м, с рабочим объёмом воды 4,7 м³, соединённых между собой трубопроводами с запорной арматурой, насо-

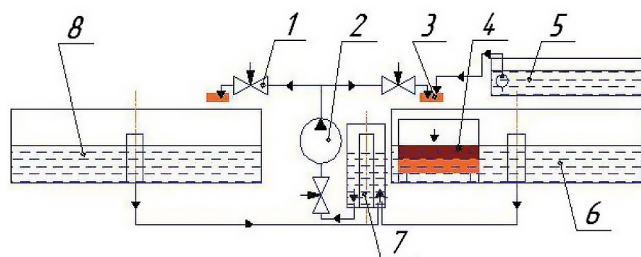


Рис. 1. Принципиальная схема установки для перевода молоди и годовиков бестера в морскую воду на ферме в Республике Корея (1 — вентили; 2 — самовсасывающий насос для циркуляции воды в системе; 3 — механические фильтры; 4 — биофильтр; 5 — лоток с чистой морской водой объёмом 1,5 м³; 6 — бассейн с годовиками бестера; 7 — колодец сбросной с патрубком уровня; 8 — бассейн с молодь бестера)

Fig. 1. Schematic diagram of the installation for the transfer of juveniles and yearlings of Bester to sea water on a farm in the Republic of Korea (1 — valves; 2 — self-priming pump for water circulation in the system; 3 — mechanical filters; 4 — biofilter; 5 — tray with clean sea water with a volume of 1,5 m³; 6 — tank with yearlings of bester; 7 — waste well with a level pipe; 8 — tank with juveniles of bester)

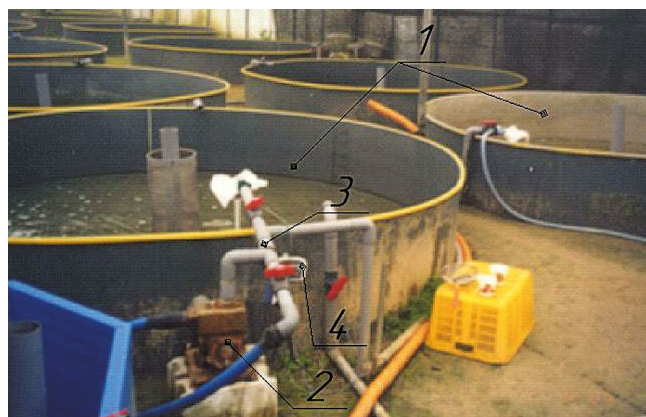


Рис. 2. Экспериментальная УЗВ с бассейнами для перевода годовиков и молоди бестера в морскую воду (1 — два бассейна диаметром 3,9 м; 2 — самовсасывающий насос для циркуляции воды в системе; 3 — пластиковые трубопроводы с запорной арматурой; 4 — электронный датчик температуры)

Fig. 2. Experimental RAS with tanks for transferring yearlings and juveniles of bester to sea water (1 — two tanks with a diameter of 3.9 m; 2 — self-priming pump for water circulation in the system; 3 — plastic pipelines with shutoff valves; 4 — electronic temperature sensor)

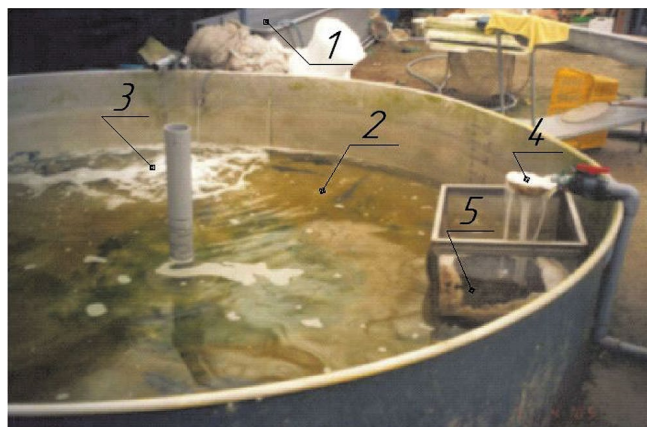


Рис. 3. Бассейн с годовиками бестера для перевода в морскую воду (1- лоток с чистой морской водой объёмом 1,5 м³; 2 – бассейн; 3 – керамический аэратор; 4 – механический фильтр; 5 – биофильтр)

Fig. 3. Tank with bester yearlings for transfer to sea water (1 – tray with clean sea water with volume 1.5 m³; 2 – tank; 3 – ceramic aerator; 4 – mechanical filter; 5 – biofilter)

са для осуществления циркуляции воды в системе, двух небольших металлических сеток, заполненных материалом из листового синтепона, для механической очистки поступающей в бассейны воды. Эти сетки были установлены на патрубках, подающих воду в каждый бассейн. В одном из бассейнов, для дополнительной механической и биологической очистки,

в один из свободных лотков (объёмом около 1,5 м³), для выравнивания её температуры с температурой в экспериментальных бассейнах, проводили её аэрацию и механическую очистку.

Эксперимент с переводом на солёность проводился в течение 25 дней. Солёность в бассейнах повышали с 0,3‰ до 23‰, увеличивая её добавлением 2–3 раза в сутки небольших объёмов чистой морской воды солёностью 28–29‰ из специально выделенного лотка. В один бассейн были помещены 30 годовиков бестера средней массой 519 г, а в другой – 360 штук 40-дневной молоди бестера, средней массой 1,6 г. Температура воды изменялась за время эксперимента от 18,6 °С до 22 °С.

Средние плотности годовиков в начале эксперимента составляли 3 шт./м² (1,3 кг/м²), а молоди 142 шт./м² (0,4 кг/м²).

За условно контрольную группу молоди бестера 0+ были приняты рыбы, которые продолжали выращивать на ферме в производственных целях в пресной воде, из них отбирали молодь для эксперимента на солеустойчивость.

При проведении экспериментальных работ использовали стандартные методики и руководства, применяемые в рыбоводстве. Контролируемые параметры и исходные данные экспериментальных работ представлены в табл. 1.

Таблица 1. Исходные параметры при переводе молоди и годовиков бестера в морскую воду

Table 1. Initial parameters when juveniles and yearlings of Bester are transferred to sea water

Наименование группы	Возрастная группа	Количество особей, экз.	Средняя масса, г	Плотность посадки, экз./м ²	Период проведения эксперимента, сут.	Температура, °С	Солёность начальная, ‰
Условно контрольная группа	0+	37000	1,3	654	25	19,0	0,3
Опытная группа I	0+	360	1,6	142	25	18,6	0,3
Опытная группа II	1+	30	519	3	25	18,6	0,3

был установлен сеточный каркас, заполненный несколькими слоями из синтепона и сеткой из пластика.

При постановке эксперимента ориентировались на разработанную методику и биотехнику выращивания в солоноватой и морской воде бестера и белуги [Романычева, 1976¹; Романычева и др., 1984]. При измерении гидрохимических параметров воды ориентировались на ОСТ 15372–87².

Морскую воду доставляли с морского побережья в живорыбной машине, предварительно заливали

При проведении эксперимента контролировали следующие параметры: выживаемость, темп роста (средняя масса, коэффициент массонакопления [Баранов и др., 1979], среднесуточный прирост [Гершанович и др., 1987], гидрохимические показатели (температура, солёность, насыщение воды кислородом, нитриты, аммоний, уровень pH). Контроль за гидрохимическими показателями воды проводили согласно Руководству по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоёмов [Сапожников и др., 2003].

Кормление рыбы в бассейнах проводилось японскими и корейскими кормами согласно суточным нормам, каждые 4 часа в ручном режиме. Нормы кормле-

ния рассчитывали на основе данных Aller Aqua с корректировкой на поедаемость.

Контроль температуры воды, уровня растворённого кислорода и pH проводили с помощью портативного устройства Horiba D-25. Солёность измеряли с помощью ручного электронного солемера компании HM Digital. Концентрацию аммония и нитритов в воде определяли тестами для воды от компании Sera.

Параллельно проводили бонитировочные работы по всем группам рыб в ремонтно-маточных стадах, выращиваемых на двух осетровых фермах. Было обращено внимание на различия в цвете кожи у выращиваемого в одних и тех же бассейнах разновозрастного бестера.

В 2005 году количество рыбы, за которой проводилось наблюдение по оценке цвета кожи, составляло: производители бестера на III–IV стадиях зрелости – самки 34 шт., общей массой 265,1 кг, самцы – 30 шт., общей массой 157,5 кг; бестер на II стадии зрелости – 192 шт., общей массой 1036 кг; незрелые рыбы в возрасте 2+ (потомство, полученное уже в Республике Корея) – 2196 шт., общей массой 2610 кг, а также молодь около 80 тыс. шт. со средней массой по бассейнам 40–100 г.

Задача – проследить наследуемость цвета кожи у молоди бестера в зависимости от цвета производителей.

При оплодотворении использовали сперму от 3-х до 5-ти самцов, сцеженную в одну мерную ёмкость. Влияние самцов на цвет кожи потомства не учитывали из-за сложности отслеживания. Предличинки, полученные от каждой самки с одинаковым цветом кожи, рассаживали по отдельным бассейнам и лоткам. При

бонитировках каждый экземпляр молоди и незрелых рыб визуально осматривали 3 раза при пересадках и относили к той или иной цветовой линии численностью от 3 до 10 тыс. шт. в каждой группе.

Обработку полученных материалов выполнили в прикладной программе Microsoft Office Excel.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Экспериментальные работы по переводу годовиков и молоди бестера в морскую воду

Во время проведения экспериментальных работ на солеустойчивость, рыба нормально питалась, и прирост средней массы за 25 дней у годовиков бестера составил – 6 г на одну рыбу и 1,3 г у молоди. Кислород в бассейнах в конце эксперимента несколько снизился с 7,35 мг/л до 5,6 мг/л, что связано с повышением температуры воды и использованием только воздухоподувки и керамических распылителей воздуха, без оксигенации воды чистым кислородом.

Отсутствие нормальной системы биологической очистки воды привело к значительному увеличению в бассейнах продуктов метаболизма и гибели части рыб. Содержание нитритов в системе на 14 день эксперимента увеличилось с 0,1 мг/л до 1 мг/л, а аммония с 0,4 мг/л до 5 мг/л, что является недопустимо высокими показателями для УЗВ (рис. 4).

На 14–15 день эксперимента при солёности 17–18‰ выживаемость годовиков была 100% при средней массе 521 г, а у молоди 78% при средней массе 2,8 г (рис. 5).

Несмотря на высокий уровень в воде химических элементов группы азота, рыба продолжала питаться

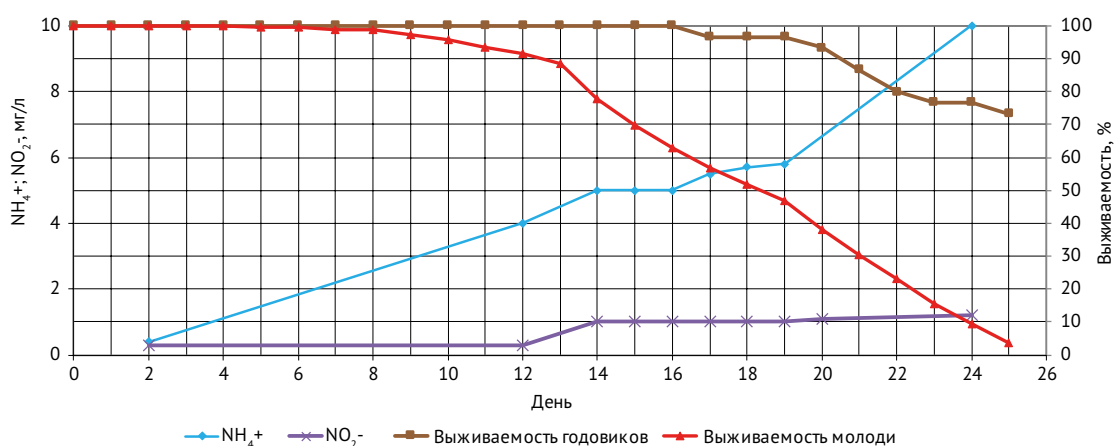


Рис. 4. Выживаемость годовиков и молоди бестера в зависимости от уровня NH_4^+ и NO_2^- в бассейнах при переводе в морскую воду

Fig. 4. Survival of yearlings and juveniles of Bester depending on the level of NH_4^+ and NO_2^- in tanks when transferred to sea water

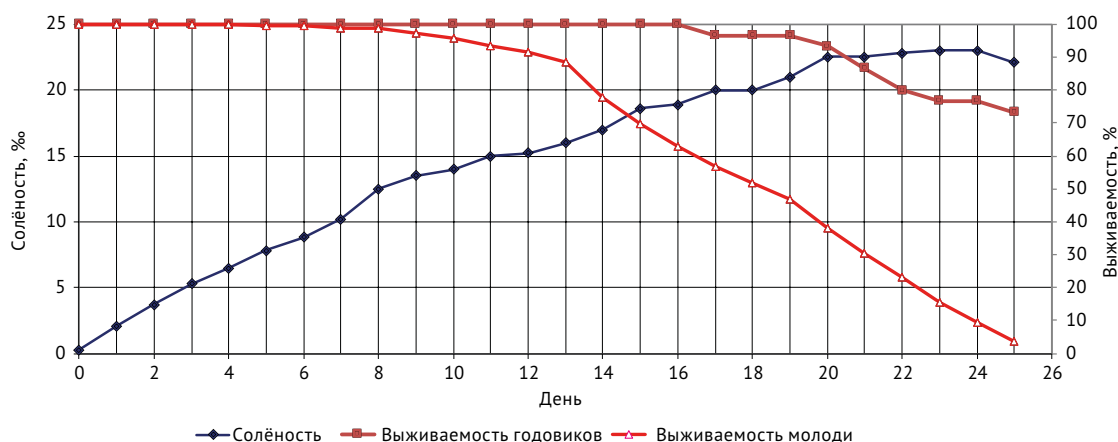


Рис. 5. Выживаемость годовиков и молоди бестера в зависимости от солёности в бассейнах при переводе в морскую воду
Fig. 5. Survival of yearlings and juveniles of Bester depending on salinity in tanks when transferred to sea water

и при увеличении солёности до 23‰. Гидрохимические параметры воды во время экспериментальных работ представлены в табл. 2.

Неблагоприятные гидрохимические показатели оборотной воды во второй половине эксперимента стали причиной повышенной смертности бестера. Поэтому с 25 дня эксперимента начали понижать солёность, заменяя 20–30% объёма бассейнов пресной водой, и за 3 дня снизили до 0,3‰, а затем эксперимент прекратили. Выживаемость годовиков в конце эксперимента составила 73%, а молоди 4%. Результаты экспериментальной работы по солеустойчивости бестера при переводе в морскую воду представлены в табл. 3.

Изменение солёности в экспериментальных бассейнах в течение 25 дней представлено на графике

(рис. 6). Среднесуточное увеличение солёности составляло около 1‰.

Как видно из табл. 3, наилучшие рыбоводно-биологические показатели молоди были в условно контрольной группе. Стресс при переводе в морскую воду и неблагоприятные гидрохимические параметры воды вызвали замедление темпов роста и повышенную смертность экспериментальных рыб.

В условно контрольных группах молоди бестера в количестве около 37 тыс. штук со средней массой в начале эксперимента 1,3 г и средней плотностью 654 шт./м², которые продолжали выращивать на ферме в лотках с пресной водой, за то же время, выживаемость составила 54–65%, а средняя масса по лоткам 2,5–3,6 г.

Таблица 2. Гидрохимические параметры воды при переводе молоди и годовиков бестера в морскую воду
Table 2. Hydrochemical parameters of water when juveniles and yearlings of Bester are transferred to sea water

Наименование группы	Возрастная группа	Температура, °C	O ₂ растворённый, мг/л	pH	Аммонийный азот, NH ₄ -N, мг/л	Нитриты, NO ₂ -N, мг/л	Солёность, ‰
Условно контрольная группа	0+	18,4–20,3	8,9–5,8	8,72–8,24	0,3–0,5	0,1–0,5	0,3
Опытная группа I	0+	18,6–22,2	7,35–5,6	8,39–8,09	0,4–5,0	0,1–1,0	0,3–23
Опытная группа II	1+	18,6–22,2	7,35–5,6	8,39–8,09	0,4–5,0	0,1–1,0	0,3–23

Таблица 3. Результаты перевода молоди и годовиков бестера в морскую воду
Table 3. Results when juveniles and yearlings of Bester are transferred to sea water

Наименование группы	Возрастная группа	Период проведения эксперимента, сут.	Средняя масса, г	Выживаемость, %	Среднесуточный рост, %	Коэффициент массонакопления	Температура в конце, °C	Солёность в конце, ‰
Условно контрольная группа	0+	25	3,10	54–65	3,54	0,044	20,3	0,3
Опытная группа I	0+	25	2,97	4	2,52	0,032	22,2	23
Опытная группа II	1+	25	525,00	73	0,05	0,004	22,2	23

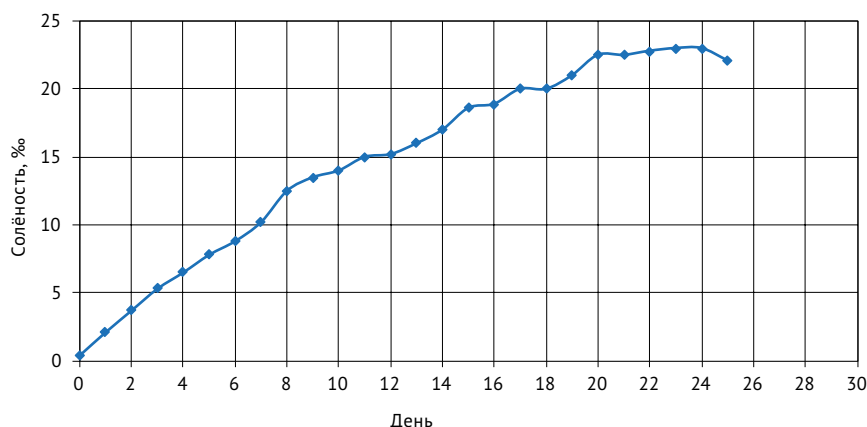


Рис. 6. Изменение солёности в бассейнах при переводе годовиков и молоди бестера в морскую воду
Fig. 6. Changes of salinity in tanks during the transfer of yearlings and juveniles of bester to sea water

2. Исследование различной окраски кожных покровов производителей бестера и их потомства в ходе бонитировочных работ

Проводя бонитировочные работы на осетровых фермах в Республике Корея, мы исследовали окраску тела производителей и потомства бестера. Осетровые, выращенные в разных условиях (в прудах, бассейнах, садках с разной освещенностью, глубиной и цветом) были завезены с Конаковского завода товарного осетроводства (КЗТО) Тверской области и АООТ «Волгореченскрибхоза» Костромской области. Оплодот-

ворённая икра бестера второго поколения (F_2) была завезена из ЗАО «Казачка» Ростовской области.

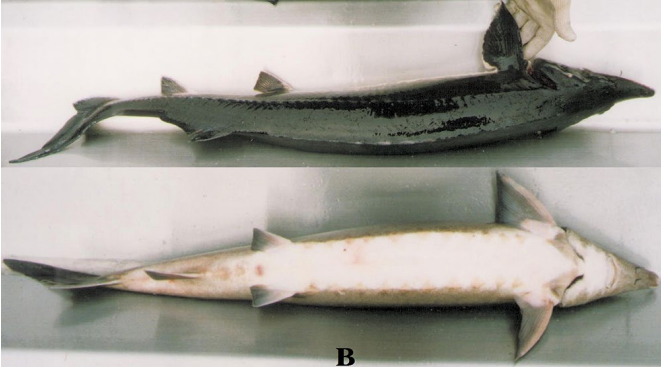
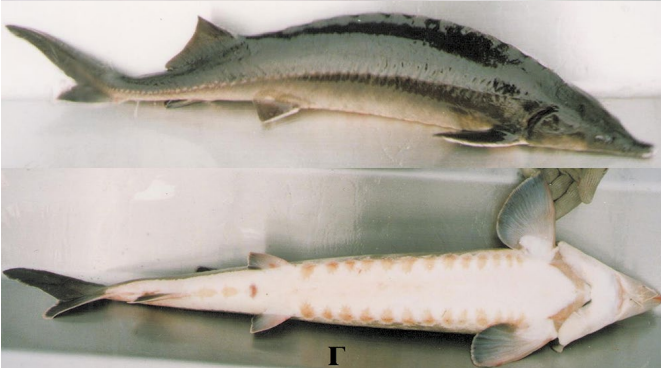
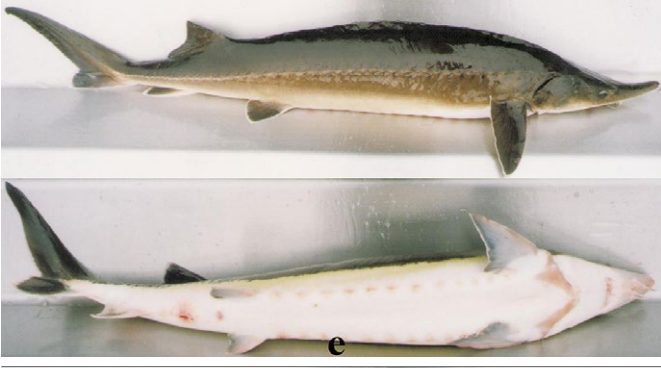
В результате осенней бонитировки с 15.10.2004 по 09.12.2004 гг. всё ремонтно-маточное стадо было разделено на самок и самцов, производители отсажены в зимовальный бассейн.

Также были выделены 10 линий бестера (табл. 4), отличающиеся по цвету кожи и форме плавников.

Половозрелые самцы бестера имели яркий брачный наряд, серебряный отлив по всей голове (рис. 7), самки тоже имели брачный наряд, но менее яркий.

Таблица 4. Цветовые линии бестера, определённые по результатам бонитировки
Table 4. Color lines of Bester determined based on the results of grading

а	Первая линия бестера имела зеленоватую спинку, коричневую полосу по бокам и чисто белое брюшко со светлыми жучками (рис. а)
б	Вторая линия рыб была коричнево-зеленоватой со спины и плавников, со светло-жёлтой полосой по бокам и чисто белым брюхом (рис. б)

 В	Третья линия рыб имела почти чёрную спину, чёрное рыло, хвост и немного черноты у анального плавника (рис. в)
 Г	Четвёртая линия рыб имела округлые грудные плавники синеватого цвета, тёмно-коричневую спинку и розоватые брюшные жучки (рис. г)
 Д	Пятая линия рыб имела чёрную спину, все чёрные плавники, чёрное рыло, чёрный хвост и брюхо с серым оттенком (рис. д)
 Е	Шестая линия рыб имела тёмную спинку, широкую коричневую полосу по бокам, переходящую в ярко-жёлтую чёткую полосу и чисто белое брюхо (рис. е)
 Ж	Седьмая линия рыб имела тёмно-коричневую спинку, широкие коричневые бока, тёмный хвостовой плавник, грудные плавники с сине-зеленоватым отливом по краям, белое рыло и брюхо (рис. ж)

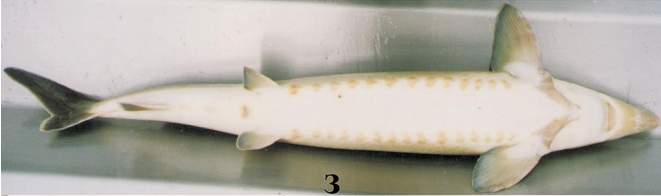
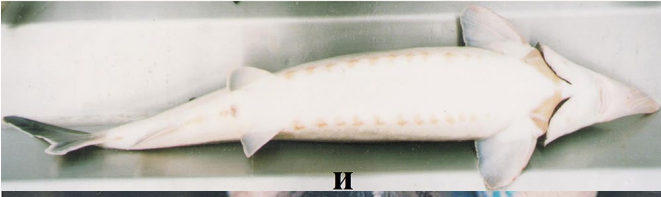
	Восьмая линия рыб с чисто коричневой спиной и боками, желтоватым рылом и жучками, грудными плавниками с зеленоватой каймой и белым брюхом (рис. з)
 з	
	Девятая линия рыб с тёмно-серой спиной и плавниками, круглыми грудными плавниками и белым брюхом и светлыми брюшными жучками (рис. и)
 и	
 к	Десятая линия рыб имела серую спинку и веерообразные грудные плавники. На рисунке представлен самец с хорошим брачным нарядом и с редким уродством – сросшимися ноздрями (рис. к)



Рис. 7. Половозрелый самец бестера на осетровой ферме в Ансоне (Республика Корея)

Fig. 7. Mature male bester at a sturgeon farm in Anseong (the Republic of Korea)

Таким образом, исследуя уникальный, большой биологический материал осетровых, наши наблюдения позволили выявить 10 линий разных оттенков кожных покровов у бестера. Несмотря на одинаковые условия содержания в Республике Корея потомство имело в большинстве своём материнскую окраску, которую мы наблюдали на рыбах в возрасте 2+ и молоди. Вероятно, окраска закрепилась в последующем поколении на 60–70%.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

1. Перевод годовиков и молоди бестера в морскую воду

Ранее проведённые в России исследования показали, что молодь белуги в возрасте 45 суток, средним весом 5,5 г способна к осморегуляции, обеспечивающей её адаптацию к солёности 12,5‰, т. е. осморегуляторная система оказывается сформированной в значительной степени по достижении размеров 12–13 см, при весе 6,0 г [Краюшкина, 1983]. Молодь белуги длиной от 14 до 80 см встречается в водах Среднего и Южного Каспия солёностью до 14,6‰, а пресноводный вид осетровых — стерлядь массой около 200 г, обитающая в среднем течении Волги, в условиях опыта адаптировалась к морской воде солёностью до 12,7‰ [Краюшкина, Семёнова, 2006]. По данным В.И. Лукьяненко с соавторами [1984] молодь белуги 35-дневного возраста способна перенести резкие перепады солёности в сторону как её увеличения, так и снижения. При длительной задержке белуги в прудах (свыше двух месяцев) имеет место снижение уровня солеустойчивости.

Наши данные свидетельствуют о том, что молодь бестера со средней массой от 1,6 до 2,8 г можно без значительного отхода перевести на солёность 17–18‰. Она продолжает питаться и расти. Перевод молоди с такой массой на более высокую солёность до 23‰ сопровождается повышенной смертностью. Смертность в условно контрольной группе молоди, несмотря на большие плотности, оказалась ниже, чем в опытной группе.

Основываясь на результатах этого исследования руководство фирмы «Caviar World Co Ltd.» построило на побережье Жёлтого моря в районе г. Пхёнхэк (Pyeongtaek) рыболовное хозяйство, где сейчас осуществляются перевод выращенного на пресной воде бестера в возрасте 1+ и 2 года в морскую воду и его предпродажная подготовка без кормления в течение 20–30 суток. Хозяйство имеет четыре бассейна диаметром 3 м для содержания рыбы. Имеется система ступенчатого повышения солёности и содержания

единовременно до 500 кг бестера. Биофилтрация отсутствует. Используются только механические синтепоновые фильтры. Имеются 4 напорных бака с водой различной солёности. Аэрация осуществляется перекачкой воды из бассейна в бассейн методом распыления (за счёт подачи воды под напором через флейты). В 2006 г. хозяйство было запущено в эксплуатацию. Первоначально солёность достигала 25‰. При проведении эксперимента с ускоренным переводом рыбы с 18 до 25‰ в течение суток, происходила 50%-ная гибель рыбы. На сегодняшний день, при постепенном переводе в течение 10 дней в морскую воду, бестер содержится при солёности 18–20‰, что обеспечивает безотходное содержание и вполне удовлетворяет рынок.

2. Различная окраска кожных покровов производителей бестера и их потомства

Обычно у бестера окраска изменяется от стерляжьей до белужьей — от светло-серой до чёрной, от светло-коричневой до серо-коричневой и коричневой, и наблюдается резкий контраст между тёмной спиной и светлой брюшной частями тела. Окраска тела предназначена маскировать рыбу на фоне окружающей среды, поэтому и осетры, выращиваемые в бассейнах разных цветов, имеют разные оттенки. Нередко окраска тела передается по материнской линии.

Количественная оценка долей каждой линии не входила в задачи работы, а влияние отцовской линии не удалось проследить из-за сложности учёта и это может быть предметом дальнейших исследований с опорой на полученные результаты. Также, нельзя гарантировать, что окраска рыб не изменится в дальнейшем при пересадке в бассейны другого цвета, а также изменении уровня освещения и других параметров среды.

Наличие и влияние тяжёлых металлов и органических соединений мы исключаем, потому что, кроме изменений цвета кожи существуют и другие сопутствующие признаки отравления. Завезённая из России на корейские хозяйства рыба и оплодотворённая икра прошли ветеринарный контроль.

Действительно известно, что при остром отравлении формальдегидом, медью и соединениями цинка наблюдается потемнение кожного покрова. При остром отравлении соединениями железа кожа покрывается бурым налетом. При отравлении солями марганца окраска туловища светлеет. При отравлении перманганатом калия кожа приобретает буро-коричневую окраску. Хроническое отравление шестивалентным хромом сопровождается скоплением

в брюшной полости оранжево-жёлтой жидкости. При действии свинца характерно потемнение хвостового стебля. Фтор и его соединения вызывают покраснение брюшка в области плавников [Васильков и др., 1989].

Окраска рыб обусловлена специальными клетками, залегающими в коже и содержащими пигментные зерна. Такие клетки получили название хроматофоров.

Гуанофоры отличаются от хроматофоров тем, что не имеют пигмента. Цвет их обусловлен кристаллами гуанина — производного белка, и в зависимости от расположения в клетке окраска меняется от серебристо-беловатой до синевато-фиолетовой. Если каротиноиды не поступают в организм наблюдаемых рыб из искусственной пищи, то красная, оранжевая и жёлтая окраска кожи осетровых вызвана веществами птеринового характера [Микулин, 2000; Яржомбек, Жукова, 2018].

Тёмная окраска кожи рыб определяется накоплением чёрного пигмента меланина, который формирует чёрный, коричневый и серый цвета [Яржомбек, Жукова, 2019].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате экспериментальных работ были установлены средние массы молоди бестера для начала перехода на солёную воду. Анализ данных показал, что годовики средней массой более 500 г переходят на высокую солёность 23–24‰ при выживаемости более 73%, а молодь с низкой выживаемостью уже после 18‰. Наши данные свидетельствуют о том, что молодь бестера со средней массой от 1,6 г до 2,9 г можно без значительного отхода перевести на солёность 17–18‰. Она продолжает питаться и расти. Перевод молоди с такой массой на более высокую солёность до 24‰ сопровождается повышенной смертностью.

Поставленный эксперимент уже имеет практические результаты для осетроводства в Республике Корея. В настоящее время в Пхёнхэке (Pyeongtaek) установлены бассейны с морской водой, где передерживается бестер перед продажей и отправкой в другие хозяйства для выращивания в морской воде.

В связи с ограниченностью пресной воды опыт выращивания осетровых в морской воде может иметь большие перспективы.

При проведении бонитировочных работ на двух осетровых фермах в Республике Корея нами были выделены 10 линий бестера, отличающиеся по цвету кожи и форме плавников.

Исследования показали, что цвет кожи не может быть диагностическим признаком породы бестера.

Установлена связь окраски тела потомства с материнской, а также её разнообразие в зависимости от мест содержания осетровых рыб. При одинаковых условиях содержания в бассейнах у молоди преобладала материнская окраска.

Благодарности

Авторы благодарны Н.С. Запороженко за участие в осуществлении проведения работ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы соблюдены.

Финансирование

Работа выполнена по контракту № 410/00472124/0063 (дог. 63) от 15.01.2003 г. и дополнительному Соглашению № 2 от 19.12.2003 г. Заказчик: Фирма «Caviar World», Республика Корея.

ЛИТЕРАТУРА

- Баранов С.А., Резников В.Ф., Стариков Е.А., Толчинский Г.И. 1979. Основные уравнения роста биологических объектов // Биологические ресурсы внутренних водоемов СССР. М.: Наука. С. 156–168.
- Бурцев И.А., Гершанович А.Д., Николаев А.И., Слизченко А.Г., Филиппова О.П. 1989. Результаты экспериментального выращивания осетровых рыб в морской воде (северо-восточная часть Чёрного моря) // Тез. докл. Межд. симп. по совр. пробл. марикультуры в соц. странах. Большой Утриш, 25.09.– 01.10.1989 г. М.: ВНИРО. С. 108–109.
- Васильков Г.В., Грищенко Л.И., Енгашев В.Г., Канаев А.И., Ларькова З.И., Осетров В.С. 1989. Болезни рыб: Справочник. М.: Агропромиздат. 288 с.
- Гершанович А.Д., Пегасов В.А., Шатуновский М.И. 1987. Экология и физиология молоди осетровых. М.: Агропромиздат. 215 с.
- Кольман Р.В., Вишневски Г., Дуда А., Фопп-Баят Д. 2010. Альбинизм у осетровых рыб и его последствия на примере стерляди // Инновации в науке и образовании — 2010. Труды VIII Межд. науч. конф., посвящ. 80-летию образования ун-та. Ч. 1. Калининград, 19.10–21.10.2010 г. Калининград: КГТУ. С. 110–112.
- 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., Семёнова О.Г. 2006. Осмотическая и ионная регуляция у различных видов осетровых (Acipenseriformes, Acipenseridae) // Вопросы ихтиологии. Т. 46. № 1. С. 113–124.
- Лукьяненко В.И., Касимов Р.Ю., Кокоза А.А. 1984. Возрастно-весовой стандарт заводской молоди каспийских осетровых. Волгоград: Ин-т биологии внутренних вод. 229 с.

- Микулин А.Е. 2000. Функциональное значение пигментов и пигментации в онтогенезе рыб. М.: Изд-во ВНИРО. 231 с.
- Муравьев В.Б. 2004. Перспективы использования морских подводных садков для подращивания осетровых // Сб. докл. III Межд. науч.-практ. конф. «Аквакультура осетровых рыб: достижения и перспективы развития». Астрахань, 22.03–25.03.2004 г. Астрахань: НПЦ БИОС. С. 55–60.
- Подушка С.Б. 2011. Осетры с необычной окраской // Осетровое хозяйство. № 5. С. 29–33.
- Пономарев С.В., Грозеску Ю.Н., Бахарева А.А. 2006. Индустриальная аквакультура. Астрахань: ИП Грицай. 312 с.
- Романыхева О.Д., Крылова А.Г., Дауда Т.А. 1984. Подращивание белуги в морских садках // Морское рыбководство. М.: ВНИРО. С. 138–145.
- Сапожников В.В. 2003. Руководство по химическому анализу морских и пресных вод при экологическом мониторинге рыбохозяйственных водоемов и перспективных для промысла районов мирового океана. М.: ВНИРО. 202 с.
- Яржомбек А.А., Жукова К.А. 2018. Красный и оранжевый цвет покровов рыб // Труды ВНИРО. Т. 170. С. 73–77.
- Яржомбек А.А., Жукова К.А. 2019. Организация темной пигментации покровов рыб // Труды ВНИРО. Т. 177. С. 124–129.
- Krayushkina L.S. 1983. Functional formation of the osmoregulatory system of juvenile sturgeon depending on size and age // Biological bases of sturgeon breeding. M.: Nauka. P. 158–166. (In Russ.).
- Krayushkina L.S., Semyonova O.G. 2006. Osmotic and ionic regulation in various sturgeon species (Acipenseriformes, Acipenseridae) // J. of Ichthyology. V. 46. No. 1. P. 113–124. (In Russ.).
- Lukyanenko V.I., Kasimov R. Yu., Kokoza A.A. 1984. Age-weight standard of the factory juvenile of Caspian sturgeons. Volgograd: Institute of Inland Water Biology. 229 p. (In Russ.).
- Mikulin A.E. 2000. Functional significance of pigments and pigmentation in fish ontogenesis. Moscow: VNIRO Publish. 231 p. (In Russ.).
- Muravyov V.B. 2004. Prospects for the use of marine underwater cages for rearing sturgeons // Coll. reports III Intern. scientific and practical. conf. «Aquaculture of sturgeons: achievements and prospects of development». Astrakhan, 22.03–25.03.2004 г. Astrakhan: SPC BIOS. P. 55–60. (In Russ.).
- Podushka S.B. 2011. Sturgeons with unusual color // Sturgeon farming. No. 5. P. 29–33. (In Russ.).
- Ponomarev S.V., Grozescu Yu.N., Bakhareva A.A. 2006. Industrial aquaculture. Astrakhan: IB Gritsai. 312 p. (In Russ.).
- Romanycheva O.D., Krylova A.G., Dauda T.A. 1984. Growing beluga in marine cages // Marine fish farming. M.: VNIRO Publish. P. 138–145. (In Russ.).
- Sapozhnikov V.V. 2003. Guidance on the chemical analysis of marine and fresh waters in the ecological monitoring of fishery reservoirs and areas of the world's oceans that are promising for fishing. M.: VNIRO Publish. 202 p. (In Russ.).
- Yarzhombek A.A., Zhukova K.A. 2018. Red and orange color skin of fish // Trudy VNIRO. V. 170. P. 73–77. (In Russ.).
- Yarzhombek A.A., Zhukova K.A. 2019. Organization of dark pigmentation of fish skin integuments // Trudy VNIRO. V. 177. P. 124–129. (In Russ.).

REFERENCES

Поступила в редакцию 02.05.2023 г.
Принята после рецензии 10.10.2023 г.