

ISSN 0002–354X (print)

АГРАРНЫЕ НАУКИ
AGRARIAN SCIENCES

УДК 597.442.591.4

Поступило в редакцию 21.11.2016
Received 21.11.2016**Н. В. Барулин¹²***Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Горки, Республика Беларусь***ОБНАРУЖЕНИЕ ВНЕШНИХ ПОЛОСПЕЦИФИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ
В СТРОЕНИИ ПРОИЗВОДНЫХ КОРИУМА ЛИЧИНОК
И МОЛОДИ СТЕРЛЯДИ *ACIPENSER RUTHENUS****(Представлено академиком И. П. Шейко)*

В технологии икорной аквакультуры используются только самки, а самцы должны выбраковываться как можно раньше. Считается, что осетровые рыбы не имеют ярко выраженных внешних морфологических половых отличий. По причине темной окраски большинства осетровых, ранее был не замечен внешний морфологический признак, строение и форма которого зависит от пола. Цель работы – исследовать морфологическое строение производных кориума (спинных костных пластинок) стерляди различных возрастов и выявить зависимости их строения от пола. Объект исследования – ремонтно-маточное стадо стерляди волжской популяции *Acipenser ruthenus* в возрасте трех лет с гонадами второй стадии зрелости, а также годовалая молодь и трехмесячная личинка стерляди. Выращивание осуществлялось в условиях установки замкнутого водоснабжения при средней температуре воды 16 ± 2 °C. Зимовка не использовалась. Впервые в практике ихтиологии и аквакультуры установлено, что спинные костные пластинки созревающей стерляди имеют достоверные морфологические отличия, которые зависят от пола. Для оценки морфологического строения спинных костных пластинок предлагается определять две группы показателей, характеризующих форму спинных костных пластинок, а также строение их зубцов. Определили, что у самцов стерляди спинные костные пластинки более вытянуты в ширину и имеют более сплюснутую форму. Спинные костные пластинки самцов также имеют более длинные и заостренные зубцы, количество которых больше чем у самок. Впервые обнаружено, что установленные закономерности в строении спинных костных пластин стерляди сохраняются также у молоди стерляди средней длиной $24,8 \pm 1,5$ см и у личинок стерляди средней длиной $70,3 \pm 3,6$ мм. Наши результаты создают методологические основы мировой практики аквакультуры для разработки систем ранней и сверхранней прижизненной идентификации пола всех представителей семейства *Acipenseridae*, в том числе на ранних стадиях онтогенеза.

Ключевые слова: стерлядь, *Acipenser ruthenus*, установка замкнутого водоснабжения, определение пола, внешний морфологический признак, спинные костные пластинки.

N. V. Barulin*Belarusian State Agricultural Academy, Gorki, Republic of Belarus***DETECTION OF THE EXTERNAL SEX SPECIFIC FEATURES IN THE STRUCTURE OF CORIUM
DERIVATIVES OF LARVAE AND JUVENILES OF STERLET *ACIPENSER RUTHENUS****(Communicated by Academician I. P. Sheyko)*

Only females are used in technology of caviar aquaculture, and the males shall be rejected as soon as possible. It is believed that sturgeons have no clearly defined external morphological sex character. Because of the dark color of most sturgeons, the external morphological character, the structure and form of which are sex-dependent, have not been noticed earlier. The aim of our work was to study the morphological structure of the derivatives of the corium (dorsal scutes) of different-age sterlet and to identify its sex-dependent structure. The object of this study was the broodstock of 3-year sterlet of the Volga population, with the gonads of the second stage of maturity, as well as the three-month larva and year-old juvenile sterlet. Cultivation was carried out in the re-circulating aquaculture system at an average water temperature of 16 ± 2 °C. Wintering was not used. We were the first in the practice of ichthyology and aquaculture who found that dorsal scutes of sterlet maturing had significant sex-dependent morphological differences. To assess the morphological structure of the dorsal

scutes, it was proposed to define two groups of indicators characterizing the scutes shape, as well as the structure of the cusps of scutes. We found that dorsal scutes of males are more extended in width and have a flattened shape. Dorsal scutes of males have long and thin cusps, the number of which is larger than that of females. For the first time it was found that the established dependence on the structure of dorsal scutes of sterlet is saved as in juveniles with an average length of 24.8 ± 1.5 cm and larvae with an average length of 70.3 ± 3.6 mm. Our results form a methodological basis for global aquaculture practice in effort to develop systems of early and very early sex identification of all Acipenseridae, including the early stages of ontogeny.

Keywords: sturgeon, *Acipenser ruthenus*, recirculating aquaculture system, sex determination, external morphological characteristics, dorsal scutes.

Введение. Икорное осетроводство в последнее время является популярным направлением рыбного хозяйства. В технологии икорной аквакультуры используются только самки, а самцы должны выбраковываться как можно раньше [1]. Теоретически, ранняя идентификация самцов и их выбраковка может снизить технологические финансовые затраты в процессе индустриального выращивания до 4 раз.

Считается, что осетровые рыбы не имеют ярко выраженных внешних морфологических гендерных отличий даже в период полового созревания, в отличие, к примеру, от лососевых рыб, у которых возможно определить пол по внешним признакам, например, по форме анального плавника [2].

В настоящее время многие исследователи предпринимают попытки разработать метод ранней идентификации пола осетровых. Однако универсальных методов еще не разработано. Методы биопсии и лапароскопии травмируют рыбу [3]. Ультразвуковой (УЗИ) и эндоскопические методы используются в относительно позднем возрасте [4; 5]. Биохимические [6], гормональные [7] и генетические [8] методы, а также метод инфракрасной спектроскопии [9] являются трудными для применения в практике аквакультуры и имеют высокую стоимость.

Мы считаем, что по причине темной окраски большинства осетровых, ранее был не замечен внешний морфологический признак, строение и форма которого зависит от пола.

Нами впервые было обнаружено, что производные кориума стерляди *Acipenser ruthenus* (спинные костные пластинки) имеют полоспецифические особенности строения. Это дает перспективы для разработки метода прижизненной идентификации пола стерляди и других осетровых.

Цель работы – исследовать морфологическое строение спинных костных пластин стерляди различных возрастов и выявить зависимости их строения от пола.

Материал и методы исследования. Исследования выполнялись на базе кафедры ихтиологии и рыбоводства и рыбоводного индустриального комплекса Белорусской государственной сельскохозяйственной академии (г. Горки, Могилевская область, Республика Беларусь) в период 2012–2016 годов. Указанный рыбоводный индустриальный комплекс работает по технологии замкнутого водоснабжения (УЗВ) с использованием механической и биологической фильтрации, озонирования и оксигенации воды. Средняя температура воды составила 16°C с короткими колебаниями $\pm 2^\circ\text{C}$ в течение года. Зимовка стерляди не проводилась. Для кормления использовали высокобелковые корма Сорренс с учетом рекомендаций указанной фирмы.

В исследованиях использовали разновозрастную стерлядь волжской популяции: взрослые особи (возраст 3 года, средняя длина $61,2 \pm 1,3$ см); молодь (возраст 1 год, средняя длина $24,8 \pm 1,5$ см), личинка (возраст 3 месяца, средняя длина $70,3 \pm 3,6$ мм). Статистически достоверных отличий между длиной у исследуемой стерляди не наблюдалось. Для исследований взрослой стерляди отбирались экземпляры с гонадами на второй стадии зрелости по классификации Трусова [4].

Наблюдение за стерлядью осуществлялось с трехмесячного возраста, с дальнейшим наблюдением в возрасте 1 года и с подтверждением пола в возрасте 2 лет. Наблюдаемых особей метили индивидуально с возраста 3 месяцев, что позволяло в дальнейшем после подтверждения пола в 2 года установить пол в возрасте 3 месяцев и 1 года.

Для определения пола у стерляди использовали метод УЗИ-диагностики на портативном ветеринарном сканере MindrayDP-6600, с последующей визуальной проверкой гонад у умерщвленных особей. В сложных случаях образцы гонад отправлялись на гистологические исследования. УЗИ-диагностика осуществлялась автором исследований, имеющим подтверждающий сертификат об обучении и опыт работы с данным методом более 5 лет (более 15000 просмотренных осетровых рыб).

Умерщвление рыбы осуществлялось с соблюдением принципов гуманного отношения к животным. Все умерщвленные экземпляры взрослой стерляди предназначались для убоя в товарных целях. У умерщвленных экземпляров срезался слой спинных костных пластинок (жучек) от головы до начала спинного плавника. Первая спинная пластинка, плотно прилегающая к костным пластинкам черепа, не срезалась, по причине сложности ее быстрого извлечения без деформации. В исследовании учитывались спинные пластинки от второй (начиная от головы, в наших исследованиях имеющая первый номер) до последней крупной пластинки перед спинным плавником или lsdr (last scute of dorsal row), имеющий вид так называемого копыя. Мелкие костные пластинки после lsdr во внимание не принимались. После срезания спинные костные пластинки подвергались варке, чистке, мойке и фотографированию на камеру Canon EOS 500D в режиме макросъемки.

Полученные изображения подвергались измерению в программе ImageJ с использованием инструментов «Straight Line», «Polygon selections», «Elliptical selections» при помощи графического планшета Trust Canvas Widescreen Tablet. В процессе изучения спинных костных пластинок измерялись следующие параметры: длина спинной костной пластинки; ширина спинной костной пластинки; длина левой и правой лопасти; площадь спинной костной пластинки; площадь условного круга, в который помещалась спинная костная пластинка; длина максимального зубца спинной костной пластинки; ширина основания максимального зубца; количество зубцов. Диаметр условного круга, в который помещалась спинная костная пластинка, равнялся ее ширине или длине, в зависимости от удаления костной пластинки от головы (или ее номера). Спинные костные пластинки между № 10 и lsdr не учитывались, так как их количество сильно варьировало у всех исследуемых экземпляров вне зависимости от пола.

На основании полученных измерений рассчитывались следующие коэффициенты: «коэффициент Ш/Д» – отношение ширины спинной костной пластинки к ее длине; «усредненный коэффициент Дл/Д» – среднее отношение длины левой и правой лопасти спинной костной пластинки к ее общей длине; «коэффициент заполнения» – отношение площади спинной костной пластинки к площади условного круга, в который она помещалась; «коэффициент Дз/Ш» – отношение длины максимального зубца к ширине спинной костной пластинки; «коэффициент Дз/Шз» – отношение длины максимального зубца к ширине основания максимального зубца.

Для статистической обработки полученных результатов использовали программную среду R [10], включая пакеты R Commander, PMCMR, MASS, corrplot и др. Для определения уровня статистической достоверности использовали параметрический тест Стьюдента при условии соблюдения нормальности распределения данных (оценивалось тестом Шапиро–Уилка) и однородности групповых дисперсий (оценивалось тестом Ливина). При несоблюдении указанных условий использовали непараметрический *U*-критерий Манна–Уитни (для двух исследуемых групп).

Результаты и их обсуждение. В результате исследований было установлено, что между спинными костными пластинками взрослых самцов и самок стерляди имеются множество статистических достоверных различий. Однако различия по таким абсолютным параметрам, как длина спинной костной пластинки, длина левой лопасти спинной костной пластинки, длина правой лопасти спинной костной пластинки, площадь спинной костной пластинки, длина максимального зубца спинной костной пластинки, ширина максимального зубца спинной костной пластинки будут иметь значимость только в том случае, если сравнения будут осуществляться у рыб одного возраста и размера, в противном случае индивидуальные размерно-весовые показатели будут искажать указанные параметры и приводить к ошибкам в диагностике пола. Поэтому интерес для точной диагностики пола представляют относительные параметры (коэффициенты): влияние которых на индивидуальные размерно-весовые показатели будет минимальным. К этим относительным параметрам также следует отнести количество зубцов спинной костной пластинки.

В наших исследованиях коэффициент Ш/Д у самцов взрослой стерляди варьировал от $1,55 \pm 0,08$ до $1,17 \pm 0,05$; у самок – от $1,41 \pm 0,04$ до $1,16 \pm 0,05$ (таблица). Величина различий между костными пластинками самцов и самок по коэффициенту Ш/Д варьировала от первой до пятой костной пластинки от 15 до 13 п. п. (различия для первой, третьей и пятой костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$), с дальнейшим

снижением. Усредненный коэффициент Дл/Д у самцов варьировал от $0,70 \pm 0,02$ до $0,61 \pm 0,02$; у самок – от $0,76 \pm 0,02$ до $0,67 \pm 0,01$. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по усредненному коэффициенту Дл/Д варьировала от первой до десятой костной пластинки от 10 до 4,5 п. п. (различия для всех пластинок, кроме четвертой и пятой, являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). Средний коэффициент заполнения у самцов варьировал от $0,57 \pm 0,07$ до $0,49 \pm 0,06$; у самок – от $0,61 \pm 0,02$ до $0,57 \pm 0,02$. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по коэффициенту заполнения варьировала от первой до шестой костной пластинки от 10 до 8 п. п. (различия для всех первых шести костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$), с дальнейшим снижением до 2–4 п. п. Средний коэффициент Дз/Ш у самцов варьировал от $0,08 \pm 0,01$ до $0,14 \pm 0,01$; у самок – от $0,05 \pm 0,01$ до $0,11 \pm 0,01$. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по коэффициенту Дз/Ш варьировала от 2 до 5 п. п. (различия для всех костных пластинок, кроме седьмой и девятой, являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). Максимальные различия были для первых шести костных пластинок. Средний коэффициент Дз/Шз у самцов варьировал от $0,89 \pm 0,06$ до $1,06 \pm 0,09$; у самок – от $0,46 \pm 0,05$ до $0,65 \pm 0,08$. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по коэффициенту Дз/Шз варьировала от 28 до 51 п. п. (различия для всех костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). Максимальные различия наблюдались для первых восьми костных пластинок. Среднее количество зубцов костных пластинок у самцов варьировало от $11,55 \pm 0,87$ до $7,55 \pm 0,5$ шт.; у самок – от $7,64 \pm 0,96$ до $5,00 \pm 0,54$ шт. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по количеству зубцов варьировала от 77,7 до 31,3 п. п. (различия для всех костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). Отметим, что максимальные различия наблюдались для первых пяти костных пластинок.

Сравнение коэффициентов (К) морфологических параметров (среднее значение \pm стандартная ошибка среднего) первых шести спинных костных пластинок самцов ($n = 20$) и самок ($n = 15$) стерляди волжской популяции (*Acipenser ruthenus* Linneaus, 1758). Возраст – 3 года. Вторая стадия зрелости гонад.

Средняя длина $61,2 \pm 1,3$ см. Условия выращивания – установка замкнутого водоснабжения.

Средняя температура выращивания 16 ± 2 °С. Зимовка не проводилась

Comparison of the coefficients (K) of morphological characters (average value \pm standard error of the average) of the first six dorsal scutes of males ($n = 20$) and females ($n = 15$) of starlet of the Volga population (*Acipenser ruthenus* Linneaus, 1758). Age – 3 years. Second maturity stage of gonads. The average length – $61,2 \pm 1,3$ cm. Cultivation conditions – installation of closed water supply. Average cultivation temperature – 16 ± 2 °C. Wintering is not used

Параметр Parameter	Номер спинной костной пластинки / пол Number of dorsal scute / sex					
	1		2		3	
	самец male	самка female	самец male	самка female	самец male	самка female
К Ш/Д	$1,48 \pm 0,04^*$	$1,33 \pm 0,04$	$1,55 \pm 0,08$	$1,41 \pm 0,04$	$1,54 \pm 0,04^*$	$1,41 \pm 0,04$
К Дл/Д	$0,67 \pm 0,02$	$0,76 \pm 0,02^*$	$0,66 \pm 0,02$	$0,74 \pm 0,02^*$	$0,67 \pm 0,02$	$0,77 \pm 0,02^*$
Кз	$0,51 \pm 0,06$	$0,61 \pm 0,01^*$	$0,50 \pm 0,08$	$0,58 \pm 0,02^*$	$0,49 \pm 0,06$	$0,58 \pm 0,02^*$
К Дз/Ш	$0,08 \pm 0,01^*$	$0,05 \pm 0,01$	$0,09 \pm 0,01^*$	$0,06 \pm 0,01$	$0,11 \pm 0,01^*$	$0,07 \pm 0,01$
К Дз/Шз	$0,89 \pm 0,06^*$	$0,51 \pm 0,04$	$0,95 \pm 0,05^*$	$0,46 \pm 0,05$	$1,03 \pm 0,06^*$	$0,56 \pm 0,04$
Кол-во зубцов	$11,24 \pm 1,03^*$	$7,64 \pm 0,96$	$11,55 \pm 0,87^*$	$6,50 \pm 0,97$	$10,64 \pm 0,62^*$	$6,50 \pm 0,76$
Параметр Parameter	4		5		6	
	самец male	самка female	самец male	самка female	самец male	самка female
К Ш/Д	$1,50 \pm 0,06$	$1,37 \pm 0,06$	$1,41 \pm 0,04^*$	$1,26 \pm 0,04$	$1,40 \pm 0,04$	$1,30 \pm 0,04$
К Дл/Д	$0,70 \pm 0,02$	$0,74 \pm 0,02$	$0,68 \pm 0,02$	$0,74 \pm 0,02$	$0,66 \pm 0,02$	$0,75 \pm 0,03^*$
Кз	$0,51 \pm 0,06$	$0,60 \pm 0,02^*$	$0,53 \pm 0,07$	$0,61 \pm 0,01^*$	$0,53 \pm 0,05$	$0,61 \pm 0,02^*$
К Дз/Ш	$0,13 \pm 0,01^*$	$0,08 \pm 0,01$	$0,12 \pm 0,01^*$	$0,08 \pm 0,01$	$0,13 \pm 0,01^*$	$0,09 \pm 0,01$
К Дз/Шз	$0,98 \pm 0,06^*$	$0,54 \pm 0,06$	$1,00 \pm 0,06^*$	$0,51 \pm 0,04$	$1,01 \pm 0,06^*$	$0,52 \pm 0,05$
Кол-во зубцов	$9,50 \pm 0,70^*$	$5,92 \pm 0,60$	$8,86 \pm 0,55^*$	$5,50 \pm 0,64$	$8,91 \pm 0,62^*$	$5,43 \pm 0,58$

Примечание. * – различия являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$.

Notes. * – the differences are statistically significant at the level of reliability, $p < 0.05$.

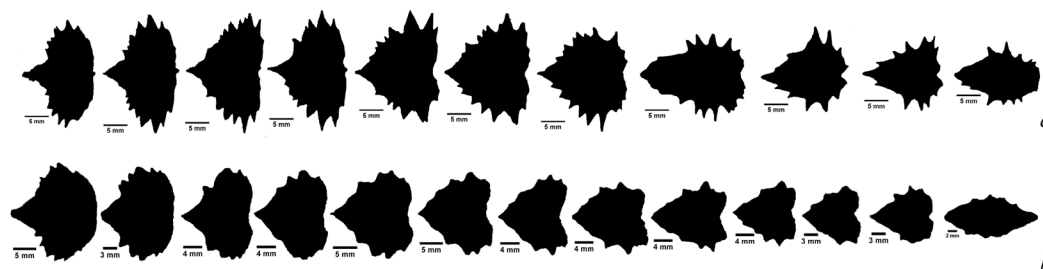


Рис. 1. Типичные контуры спинных костных пластинок самцов (а) и самок (b) взрослой стерляди. Возраст – 3 года. Вторая стадия зрелости гонад. Средняя длина $61,2 \pm 1,3$ см

Fig. 1. Typical contours of dorsal scutes of males (a) and females (b) of adult starlet. Age – 3 years. Second maturity stage of gonads. Average length – 61.2 ± 1.3 cm

Представленные данные в настоящей работе свидетельствуют, что между морфологическим строением спинных костных пластинок взрослых самцов и самок стерляди с гонадами, достигшими половой дифференциации, имеются статистические значимые различия (рис. 1).

Из исследуемых относительных параметров можно выделить две группы показателей, характеризующих визуальные качества спинных костных пластинок.

1. Группа морфологических параметров, характеризующих форму спинной костной пластинки: коэффициент Ш/Д, усредненный коэффициент Дл (длина лопасти)/Д, коэффициент заполнения.

2. Группа морфологических параметров, характеризующих зубцы спинной костной пластинки: коэффициент Дз/Ш, коэффициент Дз/Шз, количество зубцов.

Как показали наши исследования, наибольшее количество статистически достоверных отличий наблюдалось у первых пяти спинных костных пластинок.

В результате проведенных исследований оставался открытым вопрос о возможном сохранении наблюдаемых половых закономерностей в строении спинных костных пластинок у молоди стерляди. Как показали исследования Вюртца и соавт. [11], у личинок атлантического и американского атлантического осетров имеются видовые различия в строении костных пластинок, которые, как показали исследования Тиерена и соавт. [12], сохраняются у половозрелых особей. Это позволяло нам надеяться на положительный результат в разработке способа идентификации пола стерляди на более ранних стадиях онтогенеза.

Проведенные исследования установили, что выявленные полоспецифические закономерности в строении костных пластинок у взрослой стерляди, по большинству выявленных ранее морфологических параметров, сохранялись в строении спинных пластинок молоди стерляди (возраст 1 год, средняя длина $24,8 \pm 1,5$ см, рис. 2).

Так, коэффициент Ш/Д у самцов молоди стерляди варьировал в первых пяти спинных костных пластинках от $1,48 \pm 0,10$ до $1,18 \pm 0,07$; у самок – от $1,30 \pm 0,08$ до $1,17 \pm 0,05$. Величина различий между костными пластинками молоди самцов и самок по коэффициенту Ш/Д от первой до пятой костной пластинки варьировала от 17,8 до 1,4 п. п. (различия для второй и четвертой костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). Усредненный коэффициент Дл/Д у самцов молоди варьировал в первых пяти спинных костных

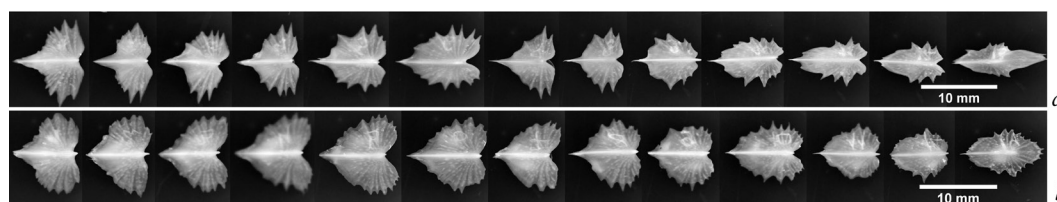


Рис. 2. Типичные спинные костные пластинки самцов (а) и самок (b) молоди стерляди. Возраст – 1 год. Средняя длина $24,8 \pm 1,5$ см

Fig. 2. Typical contours of dorsal scutes of males (a) and females (b) of young starlet. Age – 1 year. Average length – 24.8 ± 1.5 cm

пластинках от $0,69 \pm 0,03$ до $0,58 \pm 0,02$; у самок молоди – от $0,80 \pm 0,05$ до $0,66 \pm 0,03$. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по усредненному коэффициенту Дл/Д варьировала от первой до пятой костной пластинки от 18,0 до 2,6 п. п. (различия для первых четырех пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). Средний коэффициент заполнения у самцов молоди в первых пяти спинных костных пластинках варьировал от $0,53 \pm 0,09$ до $0,42 \pm 0,04$; у самок – от $0,57 \pm 0,03$ до $0,55 \pm 0,02$. **Величина различий между костными пластинками самцов и самок по коэффициенту заполнения** от первой до пятой костной пластинки варьировала от 13,5 до 4,3 п. п. (различия для первых четырех костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). Средний коэффициент Дз/Ш у самцов молоди в первых пяти спинных костных пластинках варьировал от $0,14 \pm 0,01$ до $0,18 \pm 0,01$; у самок – от $0,05 \pm 0,01$ до $0,08 \pm 0,01$. **Величина различий между костными пластинками самцов и самок по коэффициенту Дз/Ш** от первой до пятой костной пластинки варьировала от 7,4 до 9,4 п. п. (различия для первых пяти костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). **Средний коэффициент Дз/Шз у самцов молоди от первой до пятой костной пластинки** варьировал от $0,95 \pm 0,04$ до $1,75 \pm 0,10$; у самок – от $0,53 \pm 0,04$ до $1,39 \pm 0,09$. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по коэффициенту Дз/Шз в первых пяти спинных костных пластинках варьировала от 13,7 до 101,7 п. п. (различия для всех первых пяти костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). **Среднее количество зубцов костных пластинок у самцов молоди** варьировало в первых пяти спинных костных пластинках от $9,4 \pm 0,7$ до $7,2 \pm 0,5$ шт.; у самок – от $6,2 \pm 1,0$ до $4,0 \pm 0,6$ шт. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по количеству зубцов варьировала от 125 до 60 % (различия для всех пяти костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$).

Таким образом, проведенные исследования установили, что между морфологическим строением спинных костных пластинок самцов и самок молоди стерляди размером $24,8 \pm 1,5$ см имеются статистические значимые различия.

В результате проведенных исследований оставался открытым вопрос о возможном сохранении наблюдаемых половых закономерностей в строении спинных костных пластинок у личинок стерляди.

Проведенные исследования установили, что выявленные полоспецифические закономерности в строении костных пластинок у взрослой стерляди по большинству выявленных ранее морфологических параметров сохранялись в строении спинных пластинок личинок стерляди (возраст 3 месяца, средняя длина $70,3 \pm 3,6$ мм, рис. 3).

Так, коэффициент Ш/Д у самцов личинок стерляди варьировал в первых пяти спинных костных пластинках от $1,75 \pm 0,12$ до $1,47 \pm 0,09$; у самок – от $1,40 \pm 0,07$ до $1,08 \pm 0,04$. Величина различий между костными пластинками личинок самцов и самок по коэффициенту Ш/Д от первой до пятой костной пластинки варьировала от 42,8 до 15,7 п. п. (различия для первых пяти костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$).

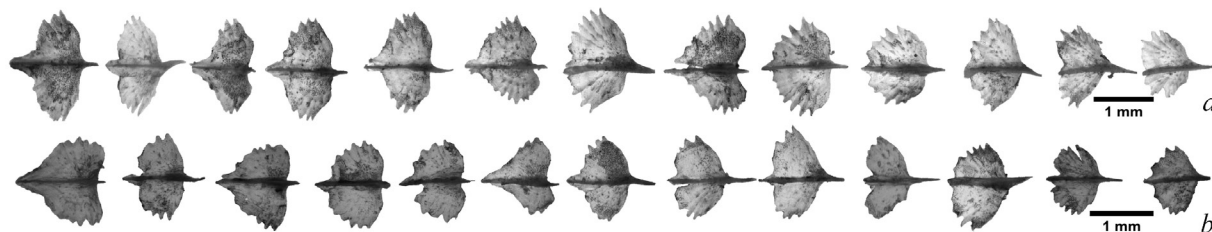


Рис. 3. Типичные спинные костные пластинки самцов (а) и самок (б) личинок стерляди. Возраст – 3 месяца. Средняя длина $70,3 \pm 3,6$ мм

Fig. 3. Typical contours of dorsal scutes of males (a) and females (b) of starlet avelin. Age – 3 months. Average length – 70.3 ± 3.6 mm

Усредненный коэффициент Дл/Д у самцов личинок варьировал в первых пяти спинных костных пластинках от $0,68 \pm 0,04$ до $0,57 \pm 0,02$; у самок личинок – от $0,74 \pm 0,05$ до $0,68 \pm 0,03$. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по усредненному коэффициенту Дл/Д варьировала от первой до пятой костной пластинки от 10,1 до 1,2 п. п. (различия для первых четырех пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). Средний коэффициент заполнения у самцов личинок в первых пяти спинных костных пластинках варьировал от $0,50 \pm 0,07$ до $0,40 \pm 0,02$; у самок – от $0,62 \pm 0,06$ до $0,52 \pm 0,03$. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по коэффициенту заполнения от первой до пятой костной пластинки варьировала от 13,9 до 9,5 п. п. (различия для первых пяти костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). Средний коэффициент Дз/Ш у самцов личинок в первых пяти спинных костных пластинках варьировал от $0,04 \pm 0,01$ до $0,11 \pm 0,01$; у самок – от $0,05 \pm 0,01$ до $0,10 \pm 0,01$ (статистические достоверные различия отсутствовали, $p > 0,05$). Средний коэффициент Дз/Шз у самцов личинок от первой до пятой костной пластинки варьировал от $0,91 \pm 0,02$ до $1,72 \pm 0,10$; у самок – от $0,42 \pm 0,01$ до $0,92 \pm 0,05$. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по коэффициенту Дз/Шз в первых пяти спинных костных пластинках варьировала от 1,0 до 79,8 п. п. (различия для первой, второй, третьей, пятой костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$). Среднее количество зубцов костных пластинок у самцов личинок варьировало в первых пяти спинных костных пластинках от 8 до 4 шт.; у самок – от 5 до 3 шт. Величина различий между костными пластинками самцов и самок по количеству зубцов варьировала от 133 до 0 % (различия для второй, четвертой и пятой костных пластинок являются статистически значимыми при уровне достоверности $p < 0,05$).

Таким образом, проведенные исследования установили, что между морфологическим строением спинных костных пластинок самцов и самок личинок стерляди размеров $70,3 \pm 3,6$ мм имеются статистические значимые различия.

Наши результаты показывают, что у самцов всех возрастов (взрослые особи, молодежь, личинки) сохраняются общие полоспецифические закономерности в морфологическом строении спинных костных пластинок (в основном, на первых пяти пластинках): по сравнению с самками, спинные костные пластинки самцов более вытянуты в ширину, по отношению к длине (результаты длины и коэффициента Ш/Д); за счет меньших размеров лопастей, спинные костные пластинки у самцов выглядят более сплюснутыми и узкими, чем у самок (результаты длины левой и правой лопасти, результаты коэффициента Дл/Д). На основании результатов коэффициента заполнения мы наблюдали, что спинные костные пластинки у самок выглядят более округлыми или овальными, чем у самцов. Яркой отличительной особенностью всех исследуемых костных пластинок самцов является наличие более длинных, тонких и заостренных зубцов, которые выделяются относительно ширины пластинки, и их количество больше, чем у самок (результаты длины и ширины зубцов, коэффициенты Дз/Ш, Дз/Шз, количества зубцов).

Многие исследователи неоднократно предпринимали попытки найти внешние морфологические признаки у осетровых рыб, зависящие от пола, и разработать простой способ идентификации пола осетровых. Так, Фалахаткар и Поурсайд [3] не обнаружили достоверных половых отличий по размерно-весовым показателям у белуги *Huso huso*. Чиотти и соавт. [13] указывают на имеющиеся достоверные половые отличия при определении отношения длины к максимальному обхвату у озерного осетра *A. fulvescens*. Однако такое достоверное отличие наблюдалось у рыб, находящихся на последних стадиях зрелости.

По данным Бийада [4], у самцов и самок бестера (гибрид *H. huso* × *A. ruthenus*) имеются морфометрические различия в расстоянии между урогенитальным и анальным отверстиями. На возможность раннего определения пола у русского осетра *A. gueldenstaedtii* с использованием биометрических методов указывали в своей работе Мальцев и Маркулов [14]. Однако, как отмечает Чебанов и Галич [4], указанные морфометрические методы не были разработаны в полной

мере и несмотря на простоту применения, они не могут быть рекомендованы для широкого применения в аквакультуре.

Вексей и соавт. [15] установили половые различия по форме уrogenитального отверстия у белого *A. transmontanus*, американского атлантического *A. oxyrinchus* и короткорылового *A. brevirostrum* осетров. Однако Чебанов и Галич [4] скептически отнеслись к такому методу определения пола, указывая на отсутствие достоверных половых отличий у других видов осетровых.

По нашему мнению, несмотря на сложившийся скептицизм к попыткам найти внешние морфологические половые различия у осетровых рыб, такие исследования должны продолжаться.

Мы обратили внимание на имеющиеся особенности в строении спинных костных пластинок, зависящих от пола. Такие особенности, возможно, не привлекали внимание других авторов из-за темной окраски спин стерляди.

Закключение. Впервые в практике ихтиологии и аквакультуры установлено, что спинные костные пластинки взрослой стерляди, а также молоди и личинок имеют достоверные морфологические отличия, которые зависят от пола. Для оценки морфологического строения спинных костных пластинок предлагается определять две группы показателей, характеризующих форму пластинки, а также строение их зубцов. Мы определили, что у самцов стерляди спинные костные пластинки более вытянуты в ширину, имеют более сплюснутую форму, а также имеют более длинные и заостренные зубцы, количество которых больше, чем у самок.

Мы считаем, что методика определения пола по внешним морфологическим признакам нуждается в дальнейших всесторонних исследованиях. Обнаруженные закономерности в строении спинных костных пластинок в зависимости от пола создают методологические основы мировой практики аквакультуры для разработки систем раннего и сверхраннего определения пола для других представителей семейства осетровых *Acipenseridae*, без использования дорогостоящего оборудования (например, УЗИ-сканера или эндоскопа). Это имеет практическое значение для аквакультуры. Интересным является вопрос о возможных половых закономерностях в строении не только спинных, но также боковых и брюшных костных пластинок. Обозначенные выше перспективы – тема наших дальнейших публикаций.

Список использованных источников

1. Barulin, N. V. Serum enzyme response of captive sturgeon brookstock *Acipenser baerii* Brandt 1869 females and two hybrids (bestor = female *Huso huso* Linnaeus, 1758 × male *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758, and RsSs = *A. gueldenstaedtii* Brandt 1833 × *A. baerii* Brandt 1869) to hormonal stimulation for spawning induction / N. V. Barulin // *J. Appl. Ichthyol.* – 2015. – Vol. 31. – P. 2–6. doi.org/10.1111/jai.12898.
2. Zhivotovsky, L. A. Morphological markers of sex in pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae) / L. A. Zhivotovsky, H. Y. Kim // *J. Ichthyol.* – 2015. – Vol. 55, N 1. – P. 131–133. doi.org/10.1134/s003294521501021x.
3. Falahatkar, B. Gender Identification in Great Sturgeon (*Huso huso*) Using Morphology, Sex Steroids, Histology and Endoscopy / B. Falahatkar, S. Poursaeid // *Anatomia, Histologia, Embryologia.* – 2014. – Vol. 43, N 2. – P. 81–89. doi.org/10.1111/ah.12049.
4. Chebanov, M. S. Sturgeon hatchery manual / M. S. Chebanov, E. V. Galich // *FAO Fisheries and Aquaculture.* – 2010. – N. 558, XXXII. – 303 p.
5. Use of endoscopy for gender and ovarian stage determinations in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) grown in aquaculture / A. Hurvitz [et al.] // *Aquaculture.* – 2007. – Vol. 270. – P. 158–166. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.05.020.
6. Potential classification of sex and stage of gonadal maturity of wild white sturgeon using blood plasma indicators / M. A. H. Webb [et al.] // *Transactions of the American fisheries society.* – 2002. – Vol. 131, N 1. – P. 132–142. doi.org/10.1577/1548-8659(2002)131%3C0132:pcosas%3E2.0.co;2.
7. Gender and gonadal maturity stage identification of captive Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, using ultrasound imagery and sex steroids / H. Du [et al.] // *Gen. Comp. Endocrinol.* – 2016. doi.org/10.1016/j.ygcn.2016.08.004.
8. Identification of the Molecular Sex-Differentiation Period in the Siberian Sturgeon / D. Vizziano-Cantonnet [et al.] // *Molecular Reproduction and Development.* – 2016. – Vol. 83, N 1. – P. 19–36. doi.org/10.1002/mrd.22589.
9. Distinguishing ovarian maturity of farmed white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) by Fourier transform infrared spectroscopy: a potential tool for caviar production management / X. Lu [et al.] // *J. Agric. Food Chem.* – 2010. – Vol. 58, N 7. – P. 4056–4064. doi.org/10.1021/jf9038502.
10. The R Project for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2016 [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.R-project.org>. – Date of access: 21.11.2016.

11. Morphological Distinction Between Juvenile Stages of the European Sturgeon *Acipenser sturio* and the Atlantic Sturgeon *Acipenser oxyrinchus* / S. Wuertz [et al.] // *Biology and Conservation of the European Sturgeon *Acipenser sturio* L. 1758*. – 2011. – P. 53–64. doi.org/10.1007/978-3-642-20611-5_4.
12. Thieren, E. Guide for the identification of archaeological sea sturgeon (*Acipenser sturio* and *A. oxyrinchus*) remains / E. Thieren, W. Wouters, W. Van Neer // *Cybium*. – 2015. – Vol. 39, N 3. – P. 175–192.
13. Assigning Sex and Reproductive Stage to Adult Lake Sturgeon using Ultrasonography and Common Morphological Measurements / J. A. Chiotti [et al.] // *North American J. of Fisheries Management*. – 2016. – Vol. 36, N 1. – P. 21–29. doi.org/10.1080/02755947.2015.1103823.
14. Mal'tsev, A. V. A biometric method for determining the sex of acipenserids, including the Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* (Acipenseridae) of the Azov Population / A.V. Mal'tsev, Ya. G. Merkulov // *J. Ichthyol.* – 2016. – Vol. 46, N 6. – P. 460–464. doi.org/10.1134/s0032945206060075.
15. A noninvasive technique for determining sex of live adult North American sturgeons / P. Vecsei [et al.] // *Environ. Biol. Fishes.* – 2003. – Vol. 68, N 4. – P. 333–338. doi.org/10.1023/b:ebfi.0000005732.98047.f3.

References

1. Barulin N. V. Serum enzyme response of captive sturgeon brookstock *Acipenser baerii* Brandt 1869 females and two hybrids (bestor = female *Huso huso* Linnaeus, 1758 × male *Acipenser ruthenus* Linnaeus, 1758, and RsSs = *A. gueldenstaedtii* Brandt 1833 × *A. baerii* Brandt 1869) to hormonal stimulation for spawning induction. *Journal of Applied Ichthyology*, 2015, vol. 31, pp. 2–6. doi.org/10.1111/jai.12898.
2. Zhivotovsky L. A., Kim H. Y. Morphological markers of sex in pink salmon *Oncorhynchus gorbuscha* (Salmonidae). *Journal of Ichthyology*, 2015, vol. 55, no. 1, pp. 131–133. doi.org/10.1134/s003294521501021x.
3. Falahatkar B., Poursaeid S. Gender Identification in Great Sturgeon (*Huso huso*) Using Morphology, Sex Steroids, Histology and Endoscopy. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 2014, vol. 43, no. 2, pp. 81–89. doi.org/10.1111/ahc.12049.
4. Chebanov M. S., Galich E. V. Sturgeon hatchery manual. *FAO Fisheries and Aquaculture*, 2010, Technical Paper no. 558, XXXII. 303 p.
5. Hurvitz A., Jackson K., Degani G., Levavi-Sivan B. Use of endoscopy for gender and ovarian stage determinations in Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) grown in aquaculture. *Aquaculture*, 2007, vol. 270, pp. 158–166. doi.org/10.1016/j.aquaculture.2007.05.020.
6. Webb M. A. H., Feist G. W., Foster E. P., Schreck C. B., Fitzpatrick M. S. Potential classification of sex and stage of gonadal maturity of wild white sturgeon using blood plasma indicators. *Transactions of the American fisheries society*, 2002, vol. 131, no. 1, pp. 132–142. doi.org/10.1577/1548-8659(2002)131%3C0132:pcosas%3E2.0.co;2.
7. Hao Du, Xiaoyan Zhang, Xiaoqian Leng, Shuhuan Zhang, Jiang Luo, Zhigang Liu, Xingmei Qiao, Boyd Kynard, Qiwei Wei. Gender and gonadal maturity stage identification of captive Chinese sturgeon, *Acipenser sinensis*, using ultrasound imagery and sex steroids. *General and Comparative Endocrinology*, 2016. doi.org/10.1016/j.ygcen.2016.08.004.
8. Vizziano-Cantonnet D., Landro S., Lasalle A., Martinez A., Mazzoni T. S., Quagio-Grassiotto I. Identification of the Molecular Sex-Differentiation Period in the Siberian Sturgeon. *Molecular Reproduction and Development*, 2016, vol. 83, no. 1, pp. 19–36. doi.org/10.1002/mrd.22589.
9. Lu X., Webb M., Talbott M., Van Eenennaam J., Palumbo A., Linares-Casenave J., Doroshov S., Struffenegger P., Rasco B. Distinguishing ovarian maturity of farmed white sturgeon (*Acipenser transmontanus*) by Fourier transform infrared spectroscopy: a potential tool for caviar production management. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, vol. 58, no. 7, pp. 4056–4064. doi.org/10.1021/jf9038502.
10. *The R Project for Statistical Computing*. Vienna, Austria, 2016. Available at: <https://www.R-project.org> (accessed 21 November 2016).
11. Wuertz S., Reiser S., Gessner J., Kirschbaum F. Morphological Distinction Between Juvenile Stages of the European Sturgeon *Acipenser sturio* and the Atlantic Sturgeon *Acipenser oxyrinchus*. *Biology and Conservation of the European Sturgeon *Acipenser sturio* L. 1758*, 2011, pp. 53–64. doi.org/10.1007/978-3-642-20611-5_4.
12. Thieren E., Wouters W., Van Neer W. Guide for the identification of archaeological sea sturgeon (*Acipenser sturio* and *A. oxyrinchus*) remains. *Cybium*, 2015, vol. 39, no. 3, pp. 175–192.
13. Chiotti J. A., Boase J. C., Hondorp D. W., Briggs A. S. Assigning Sex and Reproductive Stage to Adult Lake Sturgeon using Ultrasonography and Common Morphological Measurements. *North American Journal of Fisheries Management*, 2016, vol. 36, no. 1, pp. 21–29. doi.org/10.1080/02755947.2015.1103823.
14. Mal'tsev A. V., Merkulov Ya. G. A biometric method for determining the sex of acipenserids, including the Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* (Acipenseridae) of the Azov Population. *Journal of Ichthyology*, 2016, vol. 46, no. 6, pp. 460–464. <https://doi.org/10.1134/s0032945206060075>.
15. Vecsei P., Litvak M. K., Noakes D. L. G., Rien T., Hochleithner M. A noninvasive technique for determining sex of live adult North American sturgeons. *Environmental Biology of Fishes*, 2003, vol. 68, no. 4, pp. 333–338. doi.org/10.1023/b:ebfi.0000005732.98047.f3.

Информация об авторе

Барулин Николай Валерьевич – канд. с.-х. наук, доцент, заведующий кафедрой, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия (ул. Мичурина, 5, 213407, Горки, Могилевская область). E-mail: barulin@list.ru.

Для цитирования

Барулин, Н. В. Обнаружение внешних полоспецифических признаков в строении производных кориума личинок и молоди стерляди *Acipenser ruthenus* / Н. В. Барулин // Докл. Нац. акад. наук Беларуси. – 2017. – Т. 61, № 1. – С. 119–128.

Information about the author

Barulin Nikolai Valerievich – Ph. D. (Agrarian), Assistant Professor, Head of the Department, Belarusian State Agricultural Academy (5, Michurin Str., 213407, Gorki, Mogilev region, Republic of Belarus). E-mail: barulin@list.ru.

For citation

Barulin N. V. Detection of the external sex specific features in the structure of corium derivatives of larvae and juveniles of sterlet *Acipenser ruthenus*. *Doklady Natsional'noi akademii nauk Belarusi* [Doklady of the National Academy of Sciences of Belarus], 2017, vol. 61, no. 1, pp. 119–128. (in Russian)