

Промысловые виды и их биология

УДК 597.423-135(262.81)

**Оценка численности сеголеток русского осетра
в северо-западной части Каспийского моря**И.Н. Лепилина¹, Т.И. Булгакова²¹ Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

На основании результатов исследований за 2015–2018 гг. проведён анализ пространственного распределения молоди русского осетра на акватории Северного Каспия. Отмечены районы, где наиболее массово проходил нагул сеголеток русского осетра. Предложен метод оценки численности молоди по результатам траловых съёмов, при этом пространственное распределение пойманных рыб определялось двумя способами: 2D сплайн-аппроксимацией и методом полигонов Воронова. Оба метода включены в разработанную в ФГБНУ «ВНИРО» программу Картмастер 4.1. По этим данным установлено, что численность сеголеток в районе исследований составляла от 2,479 до 5,490 млн экз. (по методу 2D аппроксимации), что соответствует 8–15% от количества молоди, выпущенной с осетровых рыбоводных заводов в 2015–2018 гг. Результаты имеют практическую ценность, поскольку послужили материалом для прогнозирования пополнения промыслового запаса, оценки вклада осетровых рыбоводных заводов в пополнение популяции русского осетра с учётом выпуска молоди разных весовых групп, а также для создания серии электронных карт на примере сеголеток русского осетра.

Ключевые слова: северо-западная часть Каспийского моря, сеголетки, русский осетр *Acipenser gueldenstaedtii*, осетровые рыбоводные заводы, численность молоди, укрупнённая навеска.

ВВЕДЕНИЕ

По результатам генетических исследований установлено, что в современный период в Северном Каспии нагуливается молодь русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833, в основном выращенная на осетровых рыбоводных заводах (ОРЗ) [Мюге, 2016]. До постройки каскада ГЭС на путях нерестовых миграций запас этого вида формировался за счёт естест-

венного воспроизводства. Биомасса нерестовой части популяции в начале 1960-х гг. оценивалась в 13,2 тыс. т [Ходоревская, Рубан, Павлов, 2007]. Наиболее существенное пополнение русского осетра за счёт искусственного воспроизводства происходило в 1978–1992-х гг., когда объёмы выпуска достигали 34–53 млн экз. Естественное воспроизводство наоборот с начала 1990-х гг. стало снижаться: численность личинок

русского осетра, скатившихся с нерестовых гряд в 2009–2012 гг. составляла в среднем 3,6 млн экз. в год [Власенко, 2017], что почти в 12 раз ниже средней величины за период 1990–1999 гг. (42,2 млн экз. в год). При практически отсутствующем естественном пополнении масштабы заводского воспроизводства не достаточны для роста запаса вида. Одна из возможностей повышения запаса — оптимальный выпуск молоди различных весовых групп, превышающих стандартную навеску в 3 г. Более ранние исследования [Левин, 1984; 1992; 2006] показали, что в эстуарную зону Каспийского моря скатывалось значительно меньше молоди с массой до 3 г (24,7%), чем более крупной (75,3%) — массой 3,1–6,6 г и выше. Во время миграции по реке от ОРЗ до моря коэффициент выживания молоди осетра массой тела до 1,5 г в 5–7 раз ниже, чем молоди с массой более 3–5 г [Левин и др., 1987; Левин, Кокоза, 1989; Левин, 2006]. Поэтому в 2001–2008 гг. с многомиллионными выпусками молоди (27,7–48,7 млн экз.) стандартной массой 3 г вылов сеголеток в западной части Северного Каспия составлял всего 2–4 экз. за учётную съёмку. С 2010 г. научно-экспериментальная база «БИОС» (рыборазводный комплекс с. Икрыное, Астраханская область) стала выпускать молодь массой 50–100 г поэтапно, с начала августа. В период проведения съёмок на акватории Каспийского моря 12–23 августа 2010 г. в траловом улове отмечены 50-ти и 100-граммовые сеголетки. Масса сеголеток в летний период варьировала от 5 до 100 грамм, в осенний — от 16 до 130 грамм, в то время как в более ранний период (1990–2000 гг.) максимальная масса молоди в море составляла 41,2 г. Предприятия Каспийского филиала ФГБУ «Главрыбвод» с 2016 г. в рамках программы «Развитие рыбохозяйственного комплекса. Осетровые Каспия» включали в план выпуск укрупнённой молоди, что обеспечило рост их численности в траловых уловах с 2–4 экз. (2000–2003 гг.) до 53–197 экз. (2016–2018 гг.). Ежегодный мониторинг ранней молоди позволяет оценить эффективность воспроизводства. На основе расчётов её численности можно прогнозировать величину запаса вида. В связи с этим

цель настоящей работы — выявить места локализации молоди и на основе траловых съёмок рассчитать ежегодную численность сеголеток русского осетра в северной части Каспийского моря, а также прогнозировать пополнение промыслового запаса от разных поколений 2015–2018 гг.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Сбор материала осуществлялся в северной части Каспийского моря в августе–сентябре 2015–2018 гг. во время проведения ресурсных исследований в соответствии с программой, разработанной Волжско-Каспийским филиалом ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»). Исследована область, включающая 23 квадрата общей площадью 5520 км² (рис. 1).

Научно-исследовательский лов проводили с использованием 9-ти метрового донного трала, в куток которого вшивалась вставка длиной 4,5 м из килечной дели с ячейей 6,5 мм. Траления осуществлялись на глубинах от 2,0 до 12,0 м по циркуляции. Скорость траления 3,5 км/ч, время траления — 15 минут. В период съёмок 2015–2018 гг. выполнено 382 траления, отловлено 435 экз. сеголеток русского осетра. Количество станций (тралений) в разные годы различно, но расположены они внутри области исследований. Молодь из каждого тралового улова просчитывалась, поштучно измерялась и взвешивалась.

Данные по вылову заносили в таблицу EXEL с указанием характеристик съёмки: район, судно, дата, номер станции, квадрат, координаты места начала траления, глубина, температура воды, вид, длина, масса и др. биологические параметры рыбы. Из полученной таблицы формировалась другая таблица в EXEL в специальном формате, необходимом для построения карт пространственного распределения сеголеток русского осетра на исследуемой акватории Каспийского моря с использованием специализированной ГИС для обработки данных биоресурсных съёмок, версия Картмастер 4.1. [Бизиков и др., 2006]. Параметры новой таблицы включали номер станции, время траления, скорость траления (в узлах), широту и дол-

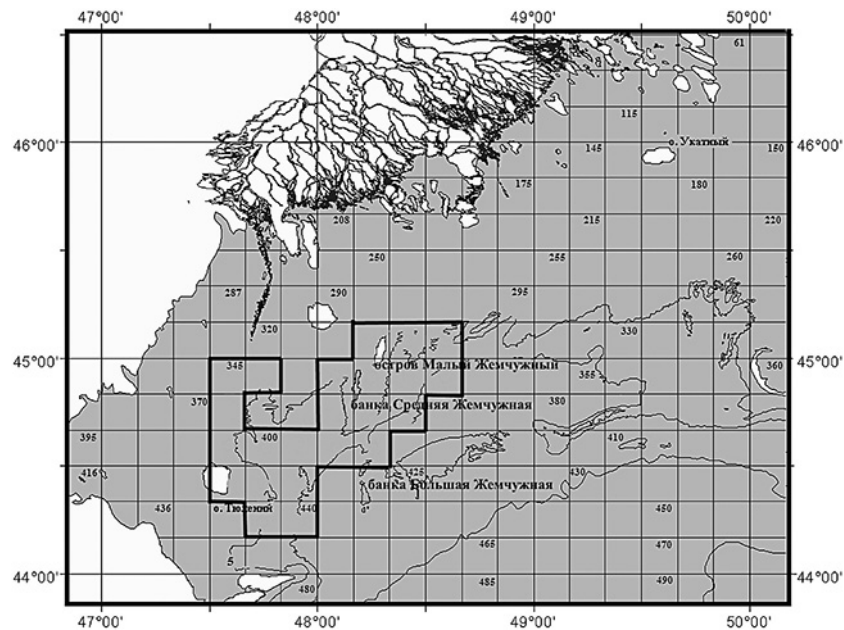


Рис. 1. Карта-схема области исследований на акватории Северного Каспия в период учётных съёмок в 2015–2018 гг. по оценке численности сеголеток русского осетра (область ограничена жирной линией). Для ориентации приведены номера некоторых статистических квадратов, площадь одного квадрата равна 240 км², стороны квадрата равны: 10 минут широты и 10 минут долготы

готу точки начала траления, глубину, количество пойманных на этой станции сеголеток осетра. Таким образом, каждая строка таблицы соответствовала одной станции.

Из шести включённых в ГИС «Картмастер» методов обработки данных траловой съёмки для оценки запаса и построения карт выбраны два метода. Первый — 2D сплайн — создаёт гладкую функцию распределения плотности запаса, аппроксимируя значения хаотически расположенных точек (станций). При использовании этого метода рассматривается двухмерное распределение молоди осетра, глубина нахождения сеголеток не учитывается. Второй метод — построение «полигонов Воронова». Эти полигоны представляют собой также расположенные на плоскости выпуклые многоугольники (ячейки), внутри каждого находится одна станция, а в этот полигон входит множество точек, расстояние которых от данной станции меньше, чем расстояние от всех других станций исследуемой области. Сумма площадей всех построенных полигонов равна площади исследуемой области.

На основе выше указанных методов была рассчитана численность сеголеток на исследуемой акватории в 2015–2018 гг., а также

величина пополнения промыслового запаса от этих особей. Численность поколений, вступающих в промысловый запас в период с 2022 по 2028 гг., оценивалась с помощью построенной в среде EXEL программы, в которой коэффициент выживаемости до 7, 8, 9 и 10 лет рассчитывался с использованием функции естественной смертности, построенной для популяции русского осетра по методике Л.А. Зыкова с соавторами [2013].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Молодь осетра, мигрируя из реки в море, сначала предпочитает расселяться в водах западной части Северного Каспия на глубинах 2–4 м, солёностью 8–9‰, при температуре воды в придонном слое 24–28 °С, на плотных песчаных и песчано-ракушечных грунтах, в основном на отмелях банок Средняя и Большая Жемчужные и острова Малый Жемчужный, где обычно наблюдается повышенная биомасса донных пищевых ракообразных [Левин, 2006]. Молодь этого вида образует в благоприятных местах нагула самые устойчивые в пространственно-временном измерении нагульные скопления

до середины осени и в октябре-ноябре мигрирует на зимовку в более глубокие места с большей солёностью, в Средний Каспий [Левин, 2006].

Распределение молоди связано как с наличием на участках кормовых организмов, так и с характером грунта, который обеспечивает его доступность и определяет поведенческие реакции молоди, такие как избирание, избегание или инертное отношение к грунту [Левин, 2006]. Наиболее устойчивые концентрации молоди русского осетра на протяжении четырёх лет наблюдались в районе острова Малый Жемчужный и банки Средняя Жемчужная на глубинах от 2 до 4 м (78,3%). В ареале нагула сеголеток отме-

чаются группы осетровых рыб более старшего возраста. Уловы сеголеток по глубинам приведены в табл. 1, особей русского осетра в возрасте от 1+ до 9+ лет — в табл. 2.

В 2015–2016 гг. большая часть сеголеток (54,8–59,1%) отмечалась на глубинах 3,1–4,0 м. В 2017–2018 гг. наибольшая их численность (47,4–50,9%) была сосредоточена на глубине 2,0–3,0 м (табл. 1). Более глубоководную акваторию молодь осваивает обычно осенью по мере приспособления особей к солёности. Зимовальные миграции сеголеток в Средний Каспий проходят западнее от района исследований, поэтому сеголетки на глубине более 10 м не встречались.

Таблица 1. Уловы сеголеток русского осетра в Северо-Западном Каспии в зависимости от глубины

Год	Единицы измерения	Глубина, м									Всего
		2,0–3,0	3,1–4,0	4,1–5,0	5,1–6,0	6,1–7,0	7,1–8,0	8,1–9,0	9,1–10,0	10,1–12,0	
2015	экз.	13	52	11	5	1	5	1	0	—	88
	%	14,8	59,1	12,5	5,7	1,1	5,7	1,1	0	—	100
2016	экз.	56	108	18	11	2	2	0	0	0	197
	%	28,5	54,8	9,1	5,6	1	1	0	0	0	100
2017	экз.	46	20	13	4	3	0	1	10	0	97
	%	47,4	20,6	13,4	4,2	3,1	0	1	10,3	0	100
2018	экз.	27	19	1	5	1	0	0	0	0	53
	%	50,9	35,9	1,9	9,4	1,9	0	0	0	0	100
Всего	экз.	142	199	43	25	7	7	2	10	0	435
	%	32,6	45,7	9,9	5,8	1,6	1,6	0,5	2,3	0	100

Таблица 2. Уловы русского осетра в возрасте от 1+ до 9+ лет в Северо-Западном Каспии в зависимости от глубины

Год	Единицы измерения	Глубина, м									Всего
		2,0–3,0	3,1–4,0	4,1–5,0	5,1–6,0	6,1–7,0	7,1–8,0	8,1–9,0	9,1–10,0	10,1–12,0	
2015	экз.	1	8	2	0	0	1	0	0	0	12
	%	8,3	66,7	16,7	0	0	8,3	0	0	0	100
2016	экз.	10	13	4	0	1	0	0	0	0	28
	%	35,7	46,8	14,3	0	3,6	0	0	0	0	100
2017	экз.	30	20	1	0	0	0	0	0	0	51
	%	58,8	39,2	2	0	0	0	0	0	0	100
2018	экз.	78	24	0	3	1	5	0	0	0	111
	%	70,3	21,6	0	2,7	0,9	4,5	0	0	0	100
Всего	экз.	119	65	7	3	2	6	0	0	0	202
	%	58,9	32,2	3,5	1,5	1	2,9	0	0	0	100

Аналогично, в первые два года максимальная часть особей осетра в возрасте от 1+ до 9+ лет, а именно от 46,8 до 66,7% находилась на глубинах от 3 до 4 м, а в 2017 и 2018 гг. — 58,8–70,3%, обитала на глубине от 2 до 3 м (табл. 2). Ниже 8 м изобаты осётр не встречался.

Несовпадение скоплений в эти годы связано с различным временным отрезком проведения траловых работ. В 2015–2016 гг. специализированная съёмка проходила в три этапа — с 8 по 19 августа и с 28 августа по 9 сентября, а также с 16 сентября по 27 сентября, в 2017–2018 гг. в один этап — с 21 августа по 12 сентября. Развитие кормового бентоса в конце лета наиболее активно проходит на более мелководных, хорошо прогреваемых участках (до 2 м), где концентрировалась основная масса молоди в 2017–2018 гг. К концу сентября на мелководье за счёт активного потребления ракообразных бентосоядными видами (лещ, вобла, атерина, осетровые) снижается численность бентоса, пригодного для сеголеток. Концентрации ранней молоди смещались на глубину до 4 м. На глубинах ниже 6 м доля встреченных сеголеток, как и кормового бентоса, незначительна — 0,5–2,3%.

Известно, что на поведение и миграцию рыб, в том числе и молоди осетра, влияет температура — важнейший из абиотических показателей. Неравномерность распределения осетра в Северном Каспии определяется температурным режимом на разных глубинах. Максимальные концентрации рыб обнаруживаются при средних для данного периода времени величинах [Коробочкина, 1971]. За период наблюдений придонная температура воды в августе колебалась от 23,8 до 27,3 °C; в сентябре — от 20,4 до 25,6 °C. Разница температуры воды в зонах нагула не превышала 6 °C, поэтому в период исследований не имела решающего влияния на расселение молоди [Левин, 2006], в связи с чем роль данного фактора была исключена.

Основная численность сеголеток располагается на небольших глубинах (до 5–6 м, табл. 1), этим обусловлен выбор метода 2D сплайн-аппроксимации для оценки общей численности сеголеток, в котором не учи-

тываются различия в распределении особей по глубине, поскольку сбор материала осуществлялся в светлое время суток, когда 99,4% молоди осетра концентрируется в придонном слое [Левин, 2006].

Сравнение биологических показателей сеголеток, выловленных в одинаковые сроки, но в различные годы, позволяет оценить линейно-весовой состав ежегодно выпускаемой молоди. В трёх (2016–2018 гг.) из четырёх съёмок период совпадений дат в эти годы составлял 4 дня (с 28 по 31 августа). В 2015 г. съёмка в эти дни не проводилась. Выпуск молоди с заводов осуществлялся в одни и те же сроки, по первую декаду июля, что позволяет сравнить длину и массу выловленных сеголеток с 28 по 31 августа 2016, 2017, 2018 гг. (табл. 3). Чем крупнее молодь в момент её выпуска, тем крупнее и в большей численности она находится в местах нагула к концу августа, следовательно, и выживаемость молоди выше.

В 2016 г. основная доля сеголеток русского осетра была выпущена с ОРЗ с массой тела до 3 г (молодь с массой выше 5 г составляла всего 3,2%), потому сеголетки, выловленные в вышеуказанные даты этого года, имели наименьшие значения длины и массы тела. В 2017–2018 гг. доля выпущенной молоди, массой свыше 5 г, возросла до 10,3–16,3% соответственно, что привело к росту средних показателей длины и массы тела на 4,1–4,7 см и 27,1–29,5 г соответственно по сравнению с 2016 г. (табл. 3).

Заметен не только прирост средней длины и средней массы особей, но и расшире-

Таблица 3. Численность и биологические показатели сеголеток русского осетра, пойманных в период 28–31 августа

Показатели	28–31 августа		
	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Численность, экз.	6	40	44
Длина, см	17–24 20,3	16–28 24,4	19–32 25,0
Масса, г	22–46 31,5	18–95 58,6	27–117 61,0

Примечание. В числителе приведены границы варьирования длины и массы, в знаменателе — их средние значения

ние интервала этих значений с годами, что связано с увеличением доли более крупной выпускаемой молодежи.

Учёт подрастающей молодежи русского осетра в западной части Северного Каспия подтвердил увеличение средней массы особей в 2015–2018 гг. по сравнению с 2000–2003 гг., что в перспективе должно привести к росту эффективности искусственного воспроизводства и к увеличению запасов русского осетра (конечно, при условии снижения незаконного, несообщаемого, нерегулируемого (ННН) промысла). Результаты естественно-го нереста осетра слабо влияют на пополнение вида. В настоящее время большая часть научно-исследовательского улова (63,1%) состоит из особей русского осетра в возрасте до шести лет.

В 2015–2018 гг. в период проведения траловых работ по учёту численности сеголеток в прилове встречались осетровые виды рыб (белуга, осетр, севрюга) в возрасте от 1+ до 9+ лет. В 2016–2017 гг. единично отмечались особи белуги длиной тела 39 и 62 см, соответственно. Уловы севрюги в 2015 г. составили 2 экз. (70 и 86 см), в 2016 г. — 3 экз. (53, 106, 107 см) и по 1 экз. в 2017 и 2018 гг. (78 и 59 см, соответственно). Линейно-возрастной ряд русского осетра, как наиболее часто встречаемого в прилове, представлен для возрастных групп от 1+ до 3+ лет в табл. 4.

Полученные данные свидетельствуют о ежегодном росте прилова русского осетра, что ещё раз подтверждает более высокую выживаемости молодежи, выпущенной с ОРЗ массой тела более 3 г. Увеличивается интервал изменения длины и массы особей,

демонстрируя разнообразие молодежи осетров в популяции.

Даже при условии недоучёта рыб в море в отдельные годы (сдвиг сроков исследования, штормовые дни, закрытие района исследований в период учений Каспийской флотилии, простой судна за счёт попадания браконьерских сетей на винт) можно судить о количестве нагуливающейся молодежи в западной части Северного Каспия.

По результатам траловых специализированных съёмок с использованием программы «Картмастер» рассчитаны площадь оконтуренной области, плотность распределения внутри этой области и численность сеголеток с учётом коэффициента уловистости, равного 0,1 (табл. 5). Для каждого года из интервала 2015–2018 гг. расчёты проводились по двум указанным выше методам.

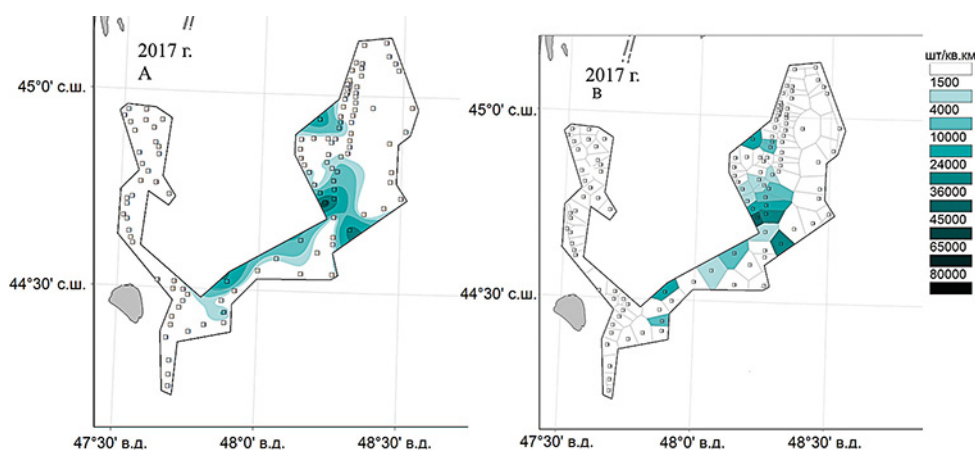
Коэффициент вариации, равный отношению стандартной ошибки к среднему значению численности, в данных случаях составляет от 2,0 до 8,7%, что свидетельствует о надёжности оценок численности сеголеток. Для расчёта численности сеголеток по траловым уловам необходимо было провести оконтуривание области исследований, которая менялась по годам и зависела от количества и распределения выполненных станций. При применении двух разных методов оценки общей численности (2D-сплайн и полигоны Воронова) оконтуривание для каждого года было одним и тем же. Как привило, оценка площади оконтуренной области получалась немного меньше при использовании метода полигонов Воронова. Так, для 2017 г. методом 2D-сплайн-аппроксимации (рис. 2А) исследованная площадь

Таблица 4. Биологические показатели молодежи русского осетра в возрасте от 1+ до 3+ лет, встреченной в прилове в Северном Каспии в период проведения специализированных съёмок по учёту численности сеголеток

Годы	Количество, экз.	Длина, см		Масса, кг	
		колебания	среднее	колебания	среднее
2015	6	43–56	48,3	0,270–0,730	0,460
2016	13	34–50	41,7	0,125–0,570	0,316
2017	37	29–60	37,3	0,083–1,0	0,233
2018	61	32–56	49	0,125–0,920	0,600

Таблица 5. Оценки численности сеголеток русского осетра в протраленном районе Северного Каспия, полученные двумя способами с помощью программы «Картмастер»

Год	Количество станций / улов сеголеток, экз.	Метод расчёта	Оценки по программе «Картмастер»				
			Площадь охотуренной области, кв. км	Средняя плотность 1000 экз./кв. км	Оценка численности 1000 экз.	Стандартное отклонение численности, 1000 экз.	Коэффициент вариации
2015	52/88	2D сплайн	1388	3,66	5490	477	0,087
		Полигоны Воронова	1352		4433	293	0,066
2016	114/198	2D сплайн	2270	3,64	5434	176	0,032
		Полигоны Воронова	2173		4804	206	0,043
2017	115/97	2D сплайн	2302	1,82	4837	134	0,028
		Полигоны Воронова	2192		4490	207	0,046
2018	85/53	2D сплайн	1184	1,35	2479	44	0,018
		Полигоны Воронова	1084		2176	43	0,020

**Рис. 2.** Карты распределения сеголеток русского осетра в 2017 г., построенные двумя методами:

А — 2D-сплайн-аппроксимации, В — полигонами Воронова

оценена как 2302 км², а полигонами Воронова (рис. 2В) — 2192 км². Это объясняется тем, что незначительная часть области возле её границ не попадает внутрь построенных полигонов.

Карты распределения сеголеток русского осетра в западной части Северного Каспия, полученные методом 2D-сплайн-аппроксимации представлены на рис. 3.

Оценки численности, полученные методом 2D-сплайн-аппроксимации несколько выше, чем полученные методом полигонов Воронова. Различия варьируют от 19% (2015 г.) до 7% (2017 г.) (табл. 5). В целом,

расчёты показали, что в августе-сентябре 2015–2018 гг. в районе исследований откармливалось не менее 2 млн экз. сеголеток русского осетра, а в некоторые годы более 5 млн экз. (табл. 5).

Самая высокая оценка численности сеголеток получена в 2015 г. Исследованная область располагалась в основном между 48°00' в. д. и 48°30' в. д., где расположена банка Средняя Жемчужная, наиболее «кормная» область Северного Каспия. Молодь осетра в благоприятных местах нагула образует устойчивые в пространственно-временном измерении нагульные скопления до середи-

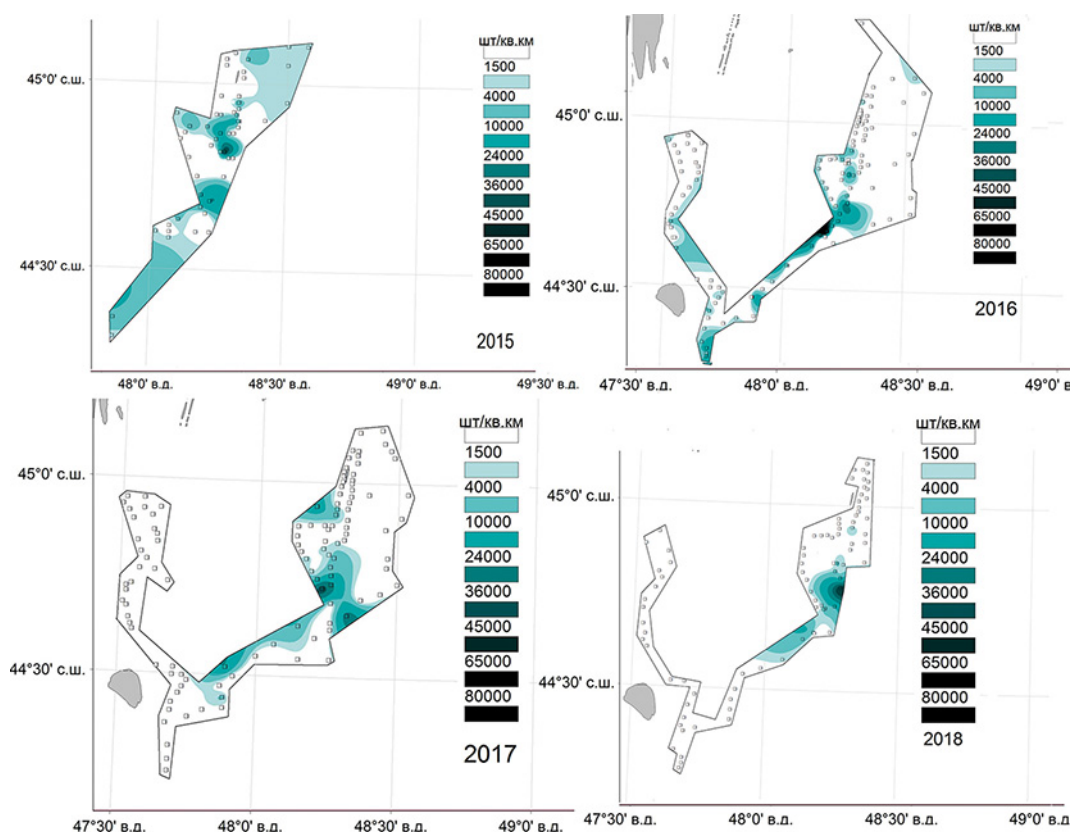


Рис. 3. Карты распределения сеголеток русского осетра, построенные методом 2D-сплайн-аппроксимации; шкала цвета для всех карт одна и та же

ны осени. На отмелях банок скорости течения меньше, температура воды в сентябре обычно превышает $20,0^{\circ}\text{C}$, что позволяет молоди концентрироваться в этом районе на более длительное время и встречаться чаще в траловых уловах.

Результаты модельных расчётов показали, что минимальная оценка численности нагуливающейся молоди получена для 2018 г. Возможная причина — сокращение количества станций в связи со штормовыми условиями и закрытием части акватории в период проведения учений Каспийской флотилии.

Образцовым можно считать расчёт численности сеголеток для 2016–2017 гг. На основании полученных результатов можно с высокой степенью достоверности утверждать, что на акватории Северного Каспия при выпуске 30–36 млн экз. молоди осетровых нагуливается от 4,5 до 5,5 млн экз. молоди, при этом доля молоди выпущенной с ОРЗ массой свыше 5 г не превышала 20%.

В сложившихся условиях низкой скорости восстановления ресурсного потенциала осетра выпуск крупноразмерной молоди в большем количестве приведёт к росту численности сеголеток на акватории Северного Каспия.

Темп заводского воспроизводства русского осетра в предыдущие четыре года способствовал стабилизации и даже росту численности младших возрастных групп этого вида. Оценки численности сеголеток в 2015–2018 гг. позволили рассчитать пополнение промыслового запаса русского осетра 7–10-летними особями в 2022–2028 гг.

Промысловая часть популяции русского осетра, способная мигрировать в реку на нерест, формируется, начиная с семилетнего возраста [Журавлева, 2012]. Поэтому, используя полученные оценки численности сеголеток за четыре года, можно рассчитать минимальные численности этих поколений в возрасте 7, 8, 9 и 10 лет, которые вступят в промысловый запас в годы, начиная с 2022

и по 2028 гг. (в большинстве случаев — частично). Для расчётов использовали формулу, полученную Л.А. Зыковым с соавторами [2013] для коэффициента годовой естественной смертности русского осетра, зависящего от возраста:

$$\varphi_m = 1 - Aa^k(T^k - a^k),$$

где a — возраст; T — предельный возраст, равный 45,6 лет; показатель степени $k=0,4793$. Тогда формула принимает вид:

$$\varphi_m = 1 - 0,0898a^k(6,242 - a^k).$$

Поскольку коэффициент выживания за год равен $S(a) = 1 - \varphi_m$ и тоже зависит от возраста, то коэффициент выживания от возраста 0+ до возраста A равен произведению годовых коэффициентов выживания осетра за A лет, а именно:

$$S(0^+, A) = \prod_{0^+}^A S(a).$$

Расчёты в EXEL показали, что выживаемость молоди от 0+ до 7+ лет составляет 4,80%, до 8+ лет — 4,10%, до 9+ лет — 4,55%, до 10+ — 3,1%. Используя оценки численности сеголеток из табл. 5, полученные методом 2D-сплайн-аппроксимации для 2015–2018 гг., рассчитываем численность пополнения в возрасте от 7 до 10 лет для 4-х поколений осетра (табл. 6).

Таким образом, в каждой строке последнего столбца табл. 6 представлена численность пополнения, получаемого из четырёх возрастных групп в год, указанный в первом столбце. Пропуски означают отсутствие

данных. Например, в 2022 г. придёт в реку только одно из исследованных в данной работе поколений, а именно поколение 2015 г. в возрасте 7 лет, в более старших возрастах в 2022 г. придут поколения прежних лет, по которым у нас нет данных. Самая полная информация имеется для пополнения запаса в 2025 г., его численность составляет 0,68 млн экз.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённые исследования являются практически первым опытом оценки численности сеголеток на основе специализированной географической информационной системы (ГИС) для обработки результатов биоресурсных съёмок «Картмастер». Используемый подход позволяет связать в единую систему основные показатели отдельных съёмок. В итоге получен ряд оценок, таких как площадь оконтуренной области, средняя плотность, численность, статистики оценок численности. Построены карты пространственного распределения молоди осетра.

Изучение биологии сеголеток русского осетра важно для определения их выживаемости, оптимальной навески выпускаемой молоди, состояния запасов. Распределение молоди зависит от времени года, кормовой базы и её доступности, от глубины, температуры, солёности и кислородного режима [Левин, 2006]. Наблюдения 2015–2018 гг. показали, что сеголетки осетра встречались на площади 5520 км² внутри области исследований, приведённой на рис. 1.

Таблица 6. Оценки численности пополнения промыслового запаса русского осетра в возрасте от 7 до 10 лет, которая может быть реализована в 2025–2028 гг.

Год пополнения	Возраст пополнения, годы				Численность, 1000 экз.
	7	8	9	10	
2022	264,196				264,2
2023	261,886	225,299			487,2
2024	232,771	223,329	194,843		650,9
2025	119,249	198,501	193,139	169,869	680,8
2026		101,692	171,668	168,384	441,7
2027			87,945	149,665	237,6
2028				76,673	76,7

Распределение их численности в период проведения съёмок было различным. Наибольшая часть молоди (78,3%) концентрировалась на глубинах от 2 до 4 м, в районе острова Малый Жемчужный и банки Средняя Жемчужная, что связано с активным развитием мягкого бентоса в зоне вышеуказанных глубин. Ежегодные линейно-весовые показатели молоди, по результатам анализа по срокам вылова, определялись величиной выпуска укрупнённой молоди. Анализ подтвердил, что с выпуском укрупнённой молоди увеличивается её жизнеспособность.

Оценённая численность сеголеток на исследуемой акватории варьировала от 2,2 до 5,5 млн экз. Коэффициент вариации, рассчитанный для всего периода исследований, не превышал 10%, что свидетельствует о надёжности полученных оценок численности сеголеток. Для достоверной оценки численности на заданной акватории, полученной методом 2D-сплайн-аппроксимации, достаточно проведения исследований на 110–120 станциях, что согласуется с разработанной в 1988 г. сеткой станций по учёту численности сеголеток.

Анализ предыдущих исследований [Левин, 2006] показывает, что кроме факторов окружающей среды, на численность молоди во многом влияет начальная масса в момент её выпуска. Линейно-весовой состав молоди, оценённый в один и тот же временной диапазон в разные годы, меняется за счёт значительных изменений верхних границ длины и массы молоди и увеличения их средних значений при увеличении массы выпускаемой молоди. При выпуске укрупнённой молоди сокращается этап пресса хищных рыб, увеличивается доступность кормовых организмов. Анализ прилова молоди осетра от 1+ до 3+ лет (т. е. поколения 2015–2017 гг.) свидетельствовал о ежегодном приросте особей на исследуемой акватории. Восстановление запасов осетра (при условии прекращения браконьерства) наиболее эффективно за счёт искусственного воспроизводства. Результаты моделирования показывают, что поколения 2015–2018 гг. в возрасте от семи до десяти лет начнут пополнять промысловый запас в период с 2022 по 2028 гг., и чи-

сленность пополнения запаса осетра в 2025 г. по нашим оценкам может достигать 0,68 млн экз. Следует отметить, что полученные оценки пополнения минимальные, поскольку не учитывалось возможное наличие сеголеток вне оконтуренной области.

ЛИТЕРАТУРА

- Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «КАРТМАСТЕР» для обработки данных биоресурсных съёмок // Тез. докл. VII Всеросс. конф. по пром. беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова). Мурманск, 9.10.-13.10.2006 г. М.: Изд-во ВНИРО. С. 18–24.
- Власенко С.А. 2017. Современное состояние естественного воспроизводства осетровых рыб в незарегулированной части Нижней Волги. Автореф. дис. ...канд. биол. наук. Новосибирск: Новосибирский ГАУ. 24 с.
- Журавлева О.Л. 2012. Закономерности формирования численности и структуры популяции русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) Волго-Каспийского района под воздействием промысла, воспроизводства и условий обитания. Автореф. дис. ... докт. биол. наук. Петрозаводск: Петрозаводский ГУ. 44 с.
- Зыков Л.А., Зыкова Г.Ф., Абраменко М.И. 2013. Оценка промыслового возврата русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* от молоди искусственного воспроизводства // Вопросы рыболовства. Т. 14. № 3(55). С. 460–477.
- Коробочкина З.С. 1971. Распределение осетра и севрюги в Северном Каспии в зависимости от изменений температуры воды // Труды ВНИРО. Т. 81. С. 205–219.
- Левин А.В. 1984. Поведение и распределение молоди русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt в западной части Северного Каспия на первом году жизни: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: ИЭМЭЖ. 24 с.
- Левин А.В. 1992. Динамика распределения и численность сеголеток и годовиков осетра и севрюги в Северном Каспии в период нагула // Вопросы ихтиологии. Т. 32. № 3. С. 101–109.
- Левин А.В. 2006. Экология и поведение молоди осетровых рыб в Волго-Каспийском регионе. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. 228 с.
- Левин А.В., Кокоза А.А., Бурыкин М.В. 1987. Выживаемость и рост молоди осетровых на первых этапах морского периода жизни // Воспроизводство запасов осетровых рыб в Каспийском и Азово-Черноморском бассейнах. М.: ВНИРО. С. 65–75.
- Левин А.В., Кокоза А.А. 1989. О выживаемости и росте заводской молоди осетровых в Каспийском море // Морфология, экология и поведение осетровых. М.: Наука. С. 102–112.

Мюге Н., Булаченко И.В., Барминцева А.Е., Базелюк Н.Н. 2016. Первые результаты Программы «Осетровые Каспия» — массовое генетическое мечение с целью мониторинга эффективности искусственного воспроизводства // Межд. совещ. по осетровым. Тез. док. Краснодар, 1.06–5.06. 2016 г. Краснодар. С. 72.

Ходоревская Р.П., Рубан Г.И., Павлов Д.С. 2007. Поведение, миграции, распределение и запасы осетровых рыб Волго-Каспийского бассейна. М.: Товарищество научных изданий КМК. 242 с.

Поступила в редакцию 25.06.2019 г.
Принята после рецензии 02.08.2019 г.

Trudy VNIRO

2019. Vol. 177

Commercial species and their biology

The estimation of the fingerling number of Russian sturgeon in the North-Western part of the Caspian Sea

I.N. Lepilina¹, T.I. Bulgakova²

¹ Volga-Caspian branch of FSBSI «VNIRO» («KaspNIRKH»), Astrakhan

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

The analysis of the spatial distribution of fingerlings in the waters of the North-Western Caspian was carried out on base of 2015–2018 trawl surveys. The spatial distributions of the Russian sturgeon fingerling maps were drawn and compared for 4 years. The regions where the Russian sturgeon fingerlings feed the most mass were marked. The number and the spatial distribution of fingerlings were determined in two ways: 2D spline approximation and the Voronov's polygon method. Both methods are included in the program “Cartmaster” developed by FSBSI “VNIRO”. The fingerling number estimates in the study area fell in the range from 2.479 to 5.490 million specimen, which corresponds to 8–15% of the number of juveniles released from sturgeon hatcheries in 2015–2018. The results are used as base for predicting the stock recruitment and for estimating the contribution of sturgeon hatcheries to replenishing the Russian sturgeon population.

Keywords: north-western part of the Caspian Sea, fingerling, Russian sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii*, the number of juveniles, sturgeon hatchery, enlarged weight.

REFERENCES

Bizikov V.A., Goncharov S.M. 2006. Novaya geograficheskaya informacionnaya sistema «KARTMASTER» dlya obrabotki dannyh bioresursnyh s'emok [The new geographical informational system “Cartmaster” for data processing of biological resources surveys] // VII Vseros. konf. po prom. bespozvonochnym (pamyati B.G. Ivanova). Tез. dokl.. Murmansk, 9–13 oktyabrya. M.: Izdatelstvo VNIRO. С. 18–24.

Vlasenko S.A. 2017. Sovremennoe sostoyanie estestvennogo vosproizvodstva osetrovyh ryb v nezaregulirovannoy chasti Nizhney Volgi. [The

present state of natural reproduction of sturgeons fish on unregulated part of lower Volga]. Autoreferat disser. ...kand. biol. nauk. Novosibirsk. Novosibirskij GAU. 24с.

Zhuravleva O.L. 2012. Zakonomernosti formirovaniya chislennosti i struktury populyacii russkogo osetra (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) Volgo-Kaspijskogo rajona pod vozdejstviem promysla, vosproizvodstva i uslovij obitaniya [Regular formation of numbers and structure of the Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) in the Volga-Caspian basin upon influence of

- fisheries, reproduction and habitation conditions]. Autoreferat disser. ...doct. biol.nauk. Petrozavodsk. Petrozavodskij GU. 44 s.
- Zykov L.A., Zyкова G.F., Abramenko M.I. 2013. Ocenka promyslovogo vozvrata russkogo osetra *Acipenser gueldenstaedtii* ot molodi iskusstvennogo vosproizvodstva [Estimation of trade return Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*) from young fish of artificial reproduction] // Voprosy rybolovstva. T. 14. № 3(55). S.460–477.
- Korobochkina Z.S. 1971. Raspredelenie osetra i sevryugi v Severnom Kaspii v zavisimosti ot izmenenij temperatury vody [Distribution of sturgeon and stellate sturgeon in Nord Caspian as dependence on water temperature] // Trudy VNIRO. M. T. 81. S. 205–219.
- Levin A.V. 1984. Povedenie i raspredelenie molodi russkogo osetra *Acipenser gueldenstaedtii* Brandt v zapadnoj chasti Severnogo Kaspiya na pervom godu zhizni [Behaviour and distribution of Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt) young in Western part of the North Caspian during the first life year]. Avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. M.: IEMEZH. 24 s.
- Levin A.V. 1992. Dinamika raspredeleniya i chislennost' segoletok i godovikov osetra i sevryugi v Severnom Kaspii v period nagula [Distribution and number dynamics of sturgeon and stellate sturgeon fingerlings and yearlings in Nord Caspian during fattening] // Voprosy ihtologii. T. 32. № 3. S. 101–109.
- Levin A.V. 2006. Ekologiya i povedenie molodi osetrovyyh ryb v Volgo-Kaspijskom regione [Ecology and behaviour of sturgeon young in Volga-Caspian region] // Astrahan': Izd-vo KaspNIRH. 228 s.
- Levin A.V., Kokoza A.A., Burykin M.V. 1987. Vyzhivaemost' i rost molodi osetrovyyh na pervyy etapah morskogo perioda zhizni [Survivorship and growth of sturgeons young during first stages of marine life period] // Vosproizvodstvo zapasov osetrovyyh ryb v Kaspijskom i Azovo-Chernomorskom bassejnah. M.: Izd-vo VNIRO. S. 65–75.
- Levin A.V., Kokoza A.A. 1989. O vyzhivaemosti i roste zavodskoj molodi osetrovyyh v Kaspijskom more [About survivorship and growth of manufacture sturgeons young of the Caspian Sea] // Morfologiya, ekologiya i povedenie osetrovyyh. M.: Nauka. S. 102–112.
- Myuge N., Burlachenko I.V., Barmintseva A.E., Bazelyuk N.N. 2016. Pervye rezul'taty Programmy «Osetrovye Kaspiya» — massovoe geneticheskoe mechenie s cel'yu monitoringa effektivnosti iskusstvennogo vosproizvodstva [The first results of the program “Caspian sturgeons” — large-scale genetic marking for monitoring the artificial reproduction efficiency] // Mezhd. soveshch. po osetrovym: Tez. dokl. Krasnodar, 1–5 iyunya 2016 g. Krasnodar. S. 72.
- Khodorevskaya R.P., Ruban G.I., Pavlov D.S. 2007. Povedenie, migracii, raspredelenie i zapasy osetrovyyh ryb Volgo-Kaspijskogo bassejna. [Behaviour, migration, distribution and stocks of sturgeon fish of Volga-Caspian basin] M.: Tovarishestvo nauchnyh izdanij KMK. 242 s.

TABLE CAPTIONS

- Table 1.** The Russian sturgeon fingerling catches in the North-Western Caspian Sea as dependence on water depth
- Table 2.** The Russian sturgeon at age from 1+ to 9+ catches in the North-Western Caspian Sea as dependence on water depth
- Table 3.** The abundance and biological parameters of Russian sturgeon fingerlings caught on period 28–31 august: variations of the length or weight limits are in numerator, their average values are in denominator
- Table 4.** Biological parameters of Russian sturgeon juveniles in age from 1+ to 3+, taken as by-catch in the North Caspian during special surveys in purpose of counting fingerlings
- Table 5.** Estimation of Russian sturgeon fingerling abundance in trawled region of the North Caspian obtained by two methods of the Cartmaster program
- Table 6.** The Russian sturgeon commercial stock recruitment numbers estimate in ages from 7 to 10 years, which will be realized in 2025–2028, 1000 ind.

FIGURE CAPTIONS

- Fig. 1.** The chart of the investigation area in aquatory of North Caspian during surveys in 2015–2018 years for the Russian sturgeon fingerling abundance estimation (the area is allocated by the strong line)
- Fig. 2.** Charts of Russian sturgeon fingerling distribution in 2017 year, built by two methods: A — 2D-spline approximation, B — Voronov's polygons
- Fig. 3.** Charts of Russian sturgeon fingerling distribution for 2015–2017 years, built by 2D-spline approximation method; colour scale is the same for 4 years