



Промысловые виды и их биология

Биологические показатели и прослеживаемость происхождения молоди русского осетра в низовьях реки Волга и северо-западной части Каспийского моря

С.В. Шипулин¹, С.А. Власенко¹, Д.Е. Кириллов¹, Н.В. Козлова¹, И.Н. Лепилина¹, Е.Г. Макарова¹, А.В. Михайлова¹, Э.Ю. Тихонова¹, В.А. Чаплыгин¹, В.Д. Щербакова², А.Е. Барминцева², И.В. Бурлаченко², Н.С. Мюге²

¹ Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), ул. Савушкина, 1, г. Астрахань, 414056

² Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), Окружной проезд, 19, Москва, 105187

Цель работы: характеристика молоди, выпущенной с осетровых рыбодных заводов (ОРЗ) в естественную среду обитания с индивидуальной идентификацией особей.

Методы: Ихтиологические исследования в р. Волга и её водотоках выполнены с помощью малькового 4,5-метрового трала, в западной части Северного Каспия с помощью 9-метрового трала проведена траловая съёмка по разработанной сетке станций, скорректированной с учётом понижения уровня моря. Трофологический материал обрабатывался количественно-весовым методом с последующим вычислением частных и общих индексов наполнения пищеварительных трактов. Применены молекулярно-генетические методы анализа микросателлитных локусов и секвенирования фрагмента контрольного участка митохондриальной ДНК.

Новизна: молекулярно-генетическими методами определено происхождение русского осетра и вклад искусственного воспроизводства с российских осетровых рыбодных заводов в Волжско-Каспийский рыбохозяйственный бассейн.

Результаты: Дана характеристика молоди, выпущенной с осетровых рыбодных заводов (ОРЗ) в естественную среду обитания и отловленной в реке во время её миграции в море. Определён состав пищевых организмов и степень накормленности молоди осетра русского после ската в море. Вклад искусственного воспроизводства с российских осетровых рыбодных заводов в пополнение популяции русского осетра Волжско-Каспийского бассейна в период 2016–2021 гг. по сеголеткам составил в среднем 80%.

Практическая значимость: Изучена интенсивность покатной миграции в р. Волга и её водотоках молоди, выпущенной с осетровых рыбодных заводов (ОРЗ). Представленные данные позволили определить основные места локализации молоди осетра русского в зависимости от видового состава и обилия кормовых организмов в северо-западной части Каспийского моря. По результатам генотипирования производителей на осетровых рыбодных заводах и молоди, выловленной в Северном Каспии, произведена оценка эффективности работы ОРЗ в 2016–2021 гг.

Ключевые слова: сеголетки, молодь осетра русского, искусственное воспроизводство, осетровые рыбодные заводы, генетический мониторинг, коэффициент упитанности молоди по Фультону.

Biological indicators and traceability of the origin of Russian sturgeon juveniles in the lower reaches of the Volga River and the north-western part of the Caspian Sea

Sergej V. Shipulin¹, Stanislav A. Vlasenko¹, Dmitrij E. Kirillov¹, Natal'ja V. Kozlova¹, Irina N. Lepilina¹, Ekaterina G. Makarova¹, Anna V. Mikhailova¹, Jeleonora Ju. Tikhonova¹, Vladimir A. Chaplygin¹, Viktorija D. Shcherbakova², Anna A. Barmintseva², Irina V. Burlachenko², Nikolaj S. Muge²

¹ Volga-Caspian Branch of VNIRO («CaspNIRKH»), 1 Savuskin st., Astrakhan, 414056, Russia

² Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography («VNIRO»), 19, Okruzhnoy proezd, Moscow, 105187, Russia

The aim of the work: characterization of juveniles released from sturgeon hatcheries into the natural habitat with individual identification of individuals.

Methods: Ichthyological researches in the Volga River and its watercourses were surveyed using a 4.5 m fry trawl; in the western part of the Northern Caspian, a trawl survey was carried out using a 9 m trawl and the developed grid of stations, adjusted to take into account the sea level decrease. The trophological material was processed by the quantitative-weight method, followed by the calculation of private and general indices of the filling of the digestive tracts. Molecular genetic methods for the analysis of microsatellite loci and sequencing of a fragment of the control region of mitochondrial DNA were used.

Novelty: the origin of the Russian sturgeon and the contribution of artificial reproduction from Russian sturgeon hatcheries to the Volga-Caspian fishery basin were determined by molecular genetic methods.

Results: The composition of food organisms and the degree of fattening of Russian sturgeon juveniles after their migration to the sea were determined. The contribution of artificial reproduction from Russian sturgeon

hatcheries to the replenishment of the Russian sturgeon population of the Volga-Caspian basin in the period 2016–2021 for fingerlings was averaged 80%.

Practical significance: The intensity of downstream migration in the Volga River and its watercourses of juveniles released from sturgeon hatcheries was studied. The presented data was made it possible to determine the main localization sites of Russian sturgeon juveniles depending on the species composition and abundance of food organisms in the northwestern part of the Caspian Sea. Based on the results of genotyping of spawners at sturgeon hatcheries and juveniles caught in the Northern Caspian, an assessment was made of the effectiveness of the work of the sturgeon hatcheries in 2016–2021

Keywords: fingerlings, Russian sturgeon juveniles, artificial reproduction, sturgeon hatcheries, genetic monitoring, Fulton's condition factor.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время осетровые виды рыб Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна находятся в катастрофическом состоянии в результате потери нерестилищ, нарушения условий размножения и эксплуатации ННН-промыслом [Лепилина и др., 2020]. Искусственное воспроизводство в современных условиях является основным источником восполнения численности популяций осетровых рыб. С 2015 г. и по настоящее время проводится совместная работа ФГБНУ «ВНИРО» и осетровых рыболовных заводов (ОРЗ) ФГБУ «Главрыбвод» по определению вклада искусственного воспроизводства в пополнение природных популяций осетровых видов рыб Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна. Молодь осетровых выпускают с осетровых рыболовных заводов Каспийского филиала ФГБУ «Главрыбвод»: Александровского (АОРЗ), Бертюльского (БОРЗ), Житнинского (ЖОРЗ), Кизанского (КОРЗ), Лебяжьего (ЛОРЗ), Сергиевского (СОРЗ), а также с Волгоградского (ВОРЗ) Нижневолжского филиала ФГБУ «Главрыбвод» и научно-экспериментального комплекса аквакультуры (НЭКА) «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО».

Перед нерестовой кампанией на ОРЗ проходит генотипирование производителей осетровых рыб, на основании результатов которого составляются оптимальные схемы скрещивания в целях исключения близкого родства особей. Данные генотипирования и схемы скрещивания осетровых рыб с ОРЗ используются в дальнейшем для мониторинга результативности искусственного воспроизводства. С этой целью в специализированных научных экспедициях в Каспийском море проводится прижизненный отбор небольших фрагментов плавников от молоди осетровых с последующим выпуском рыб в естественную среду обитания.

В литературе имеются сведения о распределении и питании молоди русского осетра в Каспийском море [Распределение и питание..., 2019]. Актуаль-

ность настоящей работы заключается в комплексном исследовании биологических показателей и прослеживаемости происхождения молоди русского осетра в низовьях реки Волга и северо-западной части Каспийского моря.

Цель исследования – получение характеристики молоди, выпущенной с осетровых рыболовных заводов (ОРЗ) в естественную среду обитания с индивидуальной идентификацией особей. В задачи исследований входило:

1. проанализировать материалы по распределению, численности, размерно-массовым характеристикам молоди русского осетра (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt, 1833), отловленной в р. Волга и её водотоках и в западной части Северного Каспия.
2. оценить трофологические условия нагула молоди рыб;
3. провести генетический мониторинг вклада осетровых ОРЗ в Астраханской и Волгоградской области, подведомственных Росрыболовству, в пополнение популяции русского осетра Волжско-Каспийского бассейна.

Полученные данные дают возможность определить происхождение любой особи русского осетра, выпущенного в Каспийское море с российских осетровых рыболовных заводов, начиная с 2016 г.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проходили в западной части Северного Каспия в период с третьей декады августа по первую декаду сентября (2016–2021 гг.), за исключением 2021 г., когда рейс по техническим причинам был перенесён на третью декаду сентября. Наблюдения за распределением и численностью рыб в море осуществляли в ходе проведения траловых съёмок с научно-исследовательских судов. Расположение станций (рис. 1 А) было выбрано по результатам многолетних поисковых тралений, которые учитывали миграции сеголеток осетра в западной части Северного Каспия в южном и юго-восточном направле-

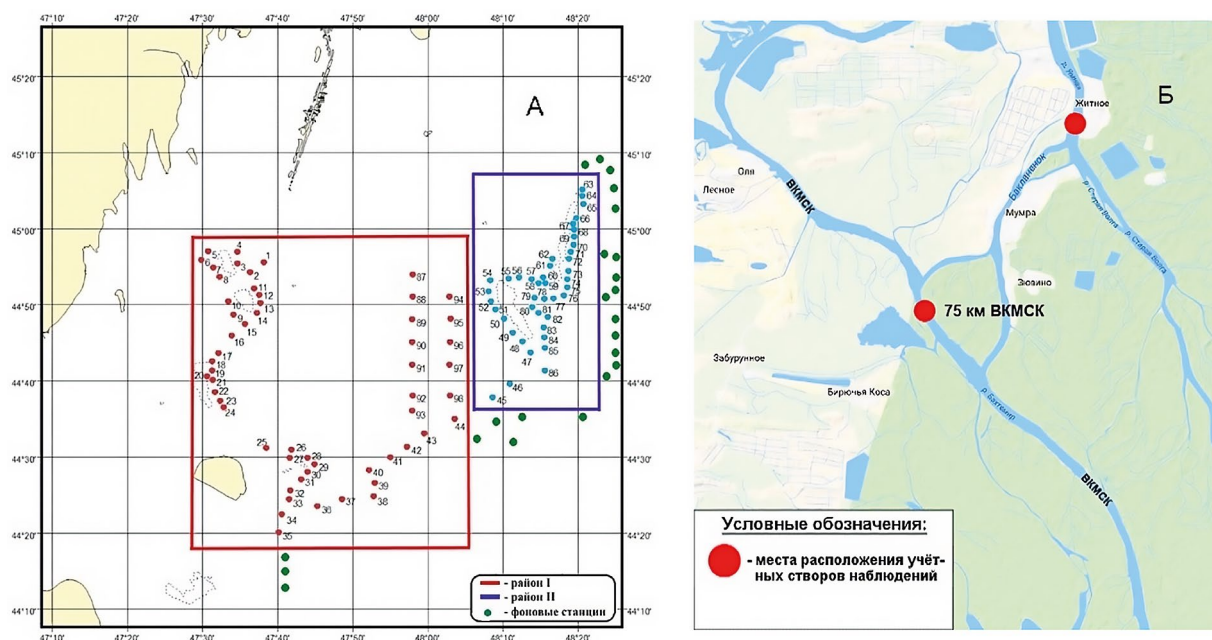


Рис. 1. Схема траловых станций на местах нагула молоди осетровых в северной части Каспийского моря (А) и на путях речного ската (Б)

Fig. 1. Scheme of trawl stations at feeding grounds for sturgeon juveniles in the northern part of the Caspian Sea (A) and on the Volga River downstream migration paths (B)

нии [Кряжев, Левин, 1976; Методика определения ..., 1988¹; Левин, 2006]. Траловая сетка станций разделена на два района. Станции первого района включали предустьевую акваторию от Главного банка до острова Тюлений; станции второго района – акваторию вокруг острова Малый Жемчужный и банки Средняя Жемчужная [Левин, 2006]. Кроме того, для поиска возможных мест концентрации молоди за пределами первого и второго районов в 2016–2020 гг. были проведены траления на фоновых станциях. Исследованная область, включала 23 квадрата общей площадью 5520 км². Количество станций (тралений) в разные годы было не всегда одинаково, но располагались они всегда внутри области исследований. В период съёмок 2016–2021 гг. выполнено 511 тралений, отловлено 459 экз. сеголеток осетра русского.

На каждой станции проводились траления 9-метровым тралом, в куток которого вшивалась вставка из килечной дели с ячейе 5–6 мм, длиной 4,5 м. Траления выполнялись по циркуляции на глубине от 1,8 до 15 м, скорость траления – 3,5 км/ч (2 узла), продолжительность траления – 15 минут.

Выловленных осетровых (сеголеток и старших возрастных групп) поштучно подсчитывали, измеряли, после чего брали генетическую пробу (фрагмент плавника). Затем особей выпускали живыми в есте-

ственную среду обитания, за исключением той части улова (198 экз.), которую использовали для выполнения полного биологического анализа.

Сбор материала по скату молоди русского осетра в водотоках р. Волга осуществляли в соответствии с традиционными методами исследований [Хорошко, Власенко, 1972; Павлов, 1979; Покатная миграция ..., 1981; Вещев и др., 1993; Лагунова, 2002]. Для учёта мигрирующей молоди ежедневно выполняли 6 тралений 4,5-метровым тралом с 1,5-метровой вставкой в кутце из газового сита № 8. Лов молоди проводили вдоль правого, левого берегов и по стрежню реки. Продолжительность одного траления в реке составляла 10 минут. Траловый улов разбирали и очищали от грунта, травы, ракушек и мусора.

В первой и третьей декаде июля в 2016–2020 гг. наблюдения за покатной миграцией молоди русского осетра, выпущенной с осетровых рыбозводных заводов (ОРЗ), проводили в р. Волга и её водотоках на двух участках, расположенных ниже района выпуска (рис. 1 Б).

Первый участок был расположен в районе 75 км Волго-Каспийского морского судоходного канала (VKMSK), по которому скатывается основная часть заводской молоди с осетрового рыбозводного завода Нижневолжского филиала ФГБУ «Главрыбвод» (Волгоградский), с трёх ОРЗ Каспийского филиала ФГБУ «Главрыбвод» (Лебяжий, Бертюльский, Сергиевский) и научно-экспериментального комплекса аквакуль-

¹ Методика определения абсолютной численности сеголеток осетра, в том числе заводского воспроизводства, в Волго-Каспийском районе. 1988. Астрахань: КаспНИРХ. 11 с.

туры «БИОС» Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»).

Второй участок был определён на протоке Ямная в районе с. Житное Икрянинского района, где проходит покатная миграция молоди, выпущенной с Александровского и Житнинского ОРЗ (рис. 1 Б).

У каждой выловленной в реке молоди осетровых определяли её видовую принадлежность и размерно-весовые показатели. Затем её выпускали в естественную среду обитания, за исключением той части улова, которую использовали для полного биологического анализа.

Для трофологических исследований часть молоди после подъёма трала фиксировали раствором 10%-ного формалина для дальнейшей камеральной обработки. В лабораторных условиях определяли таксономический состав пищевого комка [Атлас беспозвоночных ..., 1968] и степень наполнения желудков по общепринятой методике [Методическое пособие ..., 1974]. Всего обработано и проанализировано 198 пищеварительных трактов сеголеток русского осетра.

На молекулярно-генетический анализ от каждого экземпляра рыб прижизненно отбирали пробы — фрагменты плавников, которые фиксировали в 96%-ном этаноле. Обработку собранных генетических материалов проводили сотрудники отдела молекулярной генетики Центрального аппарата ФГБНУ «ВНИРО» и физиологии Волжско-Каспийского филиала ФГБНУ «ВНИРО» с использованием сопоставимых методов анализа пяти микросателлитных локусов и секвенирования фрагмента контрольного участка митохондриальной ДНК [Мюге и др., 2008; Методика генотипирования..., 2012²; Барминцева, Мюге, 2013, 2017; Мюге, Барминцева, 2020]. Гаплотип мтДНК определяли по базе данных мт-гаплотипов осетровых видов рыб, ведущейся в отделе молекулярной генетики Центрального аппарата ФГБНУ «ВНИРО». Для идентификации молоди и ответа на вопрос, на каком осетровом заводе получены и выращены данные особи, использовали разработанную в отделе молекулярной генетики программу определения родительской пары для исследуемой молоди для тетраплоидных видов рыб Tetraploid Parentage Analyze ver. 02 (TPA v.02) [Мюге, Барминцева, 2020] (операционная система MS Windows). Молекулярно-генетический анализ выполнен для 1548 экз. молоди русского осетра. По результатам анализа оценивали вклад отдельных ОРЗ

в пополнение природной популяции русского осетра Волжско-Каспийского рыбохозяйственного бассейна.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В период 2016–2021 гг. с учётом действующих мощностей ОРЗ, расположенных в Астраханской, Волгоградской областях, согласно государственному заданию, осуществили выпуск молоди осетровых рыб (белуга, осётр русский, севрюга, стерлядь) в объёме 33–40 млн экз. Основную долю выпускаемой молоди составлял русский осётр, и поэтому далее в работе будет рассматриваться только этот вид.

С 2016 по 2020 гг. ежегодно в уловах преобладала молодь осетра русского (82,7%), на долю других видов осетровых приходилось не более 17,3%.

Характеризуя данные по количеству молоди осетра русского, отловленной в реке во время ее миграции в море, необходимо отметить, что в 2016 г. средний улов составил 21,4 экз./траление, в 2017 г. — 2,40 экз., в 2018 г. — 0,90 экз., в 2019 г. — 0,30 экз. и в 2020 г. — 0,18 экз./траление.

Размерно-весовые показатели в уловах 2016 г. были значительно ниже, чем в уловах 2020 г. (табл. 1), что можно объяснить отличиями гидрологического режима в период покатной миграции молоди и в период её выпуска с ОРЗ.

В 2020 г. средний улов за траление русского осетра в водотоках р. Волга снизился более, чем в 34 раза по сравнению с 2016–2019 гг. — с 6,25 до 0,18 экз./траление. В июле многоводного 2020 г. средний сброс воды через плотину Волжской ГЭС составил 6231 м³/с (в 2016 г. — 5497 м³/с): это повысило скорость течения (до 0,85 м/с), и молодь не задерживалась в реке, а скатывалась на нагул в мелководную зону Северного Каспия.

Молодь осетра русского, 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 биомасса кормового бентоса может достигать 15 г/м² [Левин, 2006].

В то же время отдельные участки акватории моря, даже богатые кормовыми организмами, не всегда являются местами активного нагула молоди русского осетра и лимитируются определёнными факторами среды: солёностью, освещённостью, температурой, газовым режимом [Шкорбатов, 1966]. Отмечено, что на богатых рачками-гаммаридами мелководных полосах Северного Каспия (о. Малый Жемчужный) на

² Методика генотипирования производителей и молоди осетровых видов рыб с целью проведения генетического мониторинга искусственного воспроизводства. 2012. М.: ВНИРО. 28 с.

Таблица 1. Морфометрические показатели молоди осетра русского в р. Волга и её водотоках в 2016–2020 гг.
Table 1. Morphometric indicators of the juvenile Russian sturgeon in the Volga River and its watercourses in 2016–2020

Годы	Кол-во рыб, экз.	I район		II район		Итого	
		L, см	P, г	L, см	P, г	L, см	P, г
2016	1404	11,5±0,4	7,3±0,7	9,5±0,4	4,8±0,4	10,5±0,4	6,0±0,6
2017	213	9,6±0,3	4,9±0,4	9,8±0,5	5,8±0,6	9,7±0,3	5,4±0,5
2018	88	8,8±0,3	4,2±0,3	0	0	8,8±0,3	4,2±0,3
2019	34	11,8±0,5	8,1±0,7	10,1±0,4	4,1±0,4	11,8±0,5	8,1±0,7
2020	6	12,4±0,4	9,3±0,9	0	0	12,4±0,4	9,3±0,9

глубинах 0,6–0,7 м их биомасса летом достигала 80–200 г/м². Но эти сверхвысокие скопления пищи мало использовались молодь осетровых: в тихие дни их отпугивала сильная освещённость и повышенная температура (иногда свыше 30 °С), а в штормовую погоду – интенсивная гидродинамика мелководья [Левин, 2006]. В зависимости от ряда факторов, которые складывались в период проведения съёмок, наблюдались и значительные колебания численности молоди на единицу улова по районам.

Численность молоди в первом районе, помимо объёмов её выпуска и факторов гибели на пути миграции, зависит и от скорости течения в р. Волга. В 2016 г. улов (за период с 2016 по 2021 гг.) был наибольшим, составив 0,48 экз./траление, при средней скорости течения в июле-августе – 0,30–0,40 м/с и расходе воды 5500–5080 м³/с. С 2017 г. наблюдались высокие скорости течения 1,5–0,9 м/с (расход воды 14200–8540 м³/с), продолжавшиеся до конца августа. Общий улов сеголеток в 2017 г. в первом районе (13 экз.) был в 6,5 раз, в 2018 г. – в 49 раз, в 2019 г. – в 3 раза, в 2020 г. – в 10 раз ниже, по сравнению со вторым районом. С 2018 г. при скорости течения, превышающей 1,0 м/с, за съёмку вылавливали всего 1–3 мальков. Сеголетки в первом районе задерживаются на более длительное время в маловодные годы с низкой скоростью потока. Общий вылов за период исследований составил всего 40 экз., показатель вылова на единицу усилия – 0,22 экз./траление.

Распределение в географической зоне второго района наиболее стабильно в районе о. Малый Жемчужный и банки Средняя Жемчужная на глубинах от 2 до 4 м (78,3%). Уловы за период исследований варьировали от 0,50 экз./траление (2019 г.) до 2,4 экз./траление (2016 г.). Развитие кормового бентоса в конце лета наиболее активно проходит на более мелководных, хорошо прогреваемых участках (2–4 м), где концентрировалась основная масса молоди при благоприятных гидрологических условиях (температура до 26,0 °С, прозрачность воды до 2,0 м, слабая гидро-

динамика). 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 (температура до 24,0 °С, прозрачность воды до 1,0 м, слабая гидродинамика). На глубинах ниже 6 м доля встреченных сеголеток незначительна и составляет 0,5–2,3%. В 2016–2018 гг. основные концентрации молоди были сосредоточены на юго-западе Средней Жемчужной банки, в 2019–2021 гг. – с восточной её стороны. Общий вылов во втором районе за период исследований составил 345 экз., относительная численность – 1,39 экз./траление.

Фоновый полигон не имел стабильной сетки станций. Уловы, в основном, регистрировали восточнее о. Малый Жемчужный и банки Средняя Жемчужная, и они варьировали от 0 до 2,17 экз./траление. Результаты за несколько лет могут служить основой для корректировки сетки станций, особенно с учётом трансгрессии Каспийского моря в последние годы. Общий улов на «фоновом» полигоне составил 73 экз., относительная численность – 0,86 экз./траление.

Популяция русского осетра на Каспии ежегодно пополняется за счёт заводской молоди, о чём свидетельствуют траловые уловы 2016–2021 гг. (0,34–2,19 экз./траление). Эти показатели значительно выше данных, полученных в период аналогичных съёмок 2001–2003 гг. (0,02–0,2 экз./траление) [Левин, 2006]. В начале 2000-х гг. при выпуске с ОРЗ основную долю составляла мелкая молодь русского осетра массой тела 1,5–3,1 г. Систематизация данных (2001–2003 гг.) по выпуску молоди при средней навеске 1,5 и 4,4 г показала, что численность 1,5-граммовой молоди в траловых уловах была в 5 раз, а встречаемость – в 3,3 раза ниже численности 4-граммовой молоди, и это косвенно свидетельствует о значительном росте эффективности работы ОРЗ за последние 10 лет.

В ранее опубликованной работе [Лепилина, Булгакова, 2019] расчёт численности сеголеток методом

2D-сплайн-аппроксимации, версия Картмастер 4.1 [Бизиков и др., 2006] показал, что в августе-сентябре 2016–2018 гг. в районе исследований откармливалось от 2 до 5 млн экз. сеголеток русского осетра. Кроме того, в вышеуказанной работе приводился расчёт численности поколений, которые начиная с 2022 г. должны пополнить промысловый запас на 264 тыс. экз., а также и общий запас молодыми рыбами до шести лет. Деятельность рыбоводных заводов была бы значительно более эффективной при ликвидации ННН-промысла, который заметно регулирует запас осетровых в Каспийском море в сторону понижения.

Сравнение биологических показателей сеголеток, выловленных в одинаковые сроки, но в различные годы, позволяет оценить размерно-весовой состав ежегодно выпускаемой молоди (табл. 2). Длина и масса сеголеток осетра русского, отловленного в Северном Каспии в 2016–2020 гг., во многом определялась долей сеголеток, выпущенных с ОРЗ массой тела более 4,5 г, встречаемость которой была в пять раз выше по сравнению с 2001–2003 гг. Наибольший средний показатель по длине и массе тела молоди в 2019 г. связан как с количеством, так и с размахом варьирования весового ряда от 0,5 до 14 г. Выпуск молоди в 2020 г. варьировал от 0,5 до 8,5 г. В 2021 г. исследования были смещены с третьей декады августа на конец сентября, и это привело к увеличению средних биологических показателей за счёт более длительного периода откорма молоди. Длина и масса сеголеток в сентябре 2021 г. были выше значений 2020 г. и средних многолетних данных за 2016–2021 гг. (24,9 см и 61,8 г).

Степень накормленности молоди зависит не только от биомассы основных кормовых организмов на нагульной площади, но и от их доступности, которая, в свою очередь, связана с характером донных грун-

тов, глубиной, солёностью воды и т. д. Осетровые, не обладающие хорошо развитым зрением [Будаев, Сбикин, 1989], проводят поиск кормовых организмов на поверхности дна, двигаясь по круговым или S-образным траекториям [Касумян, Тауфик, 1993]. Наиболее быстро мальки осетра русского обнаруживают корм на поверхности песка и битой ракушки, где тактильная рецепция наиболее длительна и эффективна, и это ещё раз свидетельствует, что характер грунта имеет существенное значение при поиске кормовых объектов. На акватории Каспийского моря встречаются мягкие илистые грунты с запахом сероводорода и заиливанием ракушки, что затрудняет поиск кормовых организмов и может влиять на коэффициент упитанности молоди.

Сравнение биологических показателей осетра русского в уловах в р. Волга с данными морских съёмов показали превышение длины и массы сеголеток в 2,3 и 8,7 раза соответственно. За период 2016–2020 гг. молодь нового поколения в р. Волге имела среднюю длину 10,6 см и массу 6,6 г. В траловых уловах Северного Каспия длина достигала 24,4 см, масса – 57,9 г. Увеличение размерно-весовых показателей связано с тем, что в р. Волга исследования проводились в июле, сразу после ската молоди с ОРЗ, а в мелководной части Северного Каспия – в августе-сентябре, когда молодь была сосредоточена на кормовых участках западной части Северного Каспия.

Ежегодно в уловах в районе нагула сеголеток отмечались и старшие возрастные группы, численность которых имела тенденцию к увеличению до 2020 г., что свидетельствует о хорошей выживаемости выпускаемой молоди (табл. 3).

В последние два года больших скоплений осётр русский старше 1 года не образовывал. Уловы 2–3 экз. за одно траление отмечены на востоке свала банки Средняя Жемчужная. Траловые уловы от 1 до 2 экз.

Таблица 2. Морфометрические показатели сеголеток русского осетра в западной части Северного Каспия в 2016–2021 гг.

Table 2. Morphometric indicators of Russian sturgeon fingerlings in the western part of the Northern Caspian Sea in 2016–2021

Годы	Кол-во рыб, экз.	I район		II район		Фоновый полигон		Среднее значение между районами	
		L, см	P, г	L, см	P, г	L, см	P, г	L, см	P, г
2016	197	20,4±0,7	32,6±3,2	24,3±0,4	60,3±2,4	24,0±0,5	56,4±3,4	23,8±0,3	56,5±1,9
2017	97	20,4±1,2	32,2±4,4	24,0±0,3	53,7±2,0	0	0	23,5±0,3	50,8±2,0
2018	53	22,0	45,0	24,7±0,5	60,1±3,2	27,0±1,4	65,0±8,7	24,8±0,5	60,1±3,0
2019	33	22,5±1,0	37,0±2,3	27,5±1,0	75,9±8,4	29,5±0,5	86,5±0,5	28,3±0,6	78,8±4,6
2020	32	19,7±2,0	27,0±9,4	21,8±0,5	45,7±3,9	0	0	21,6±0,5	43,9±3,7
2021	46	–	–	25,7±0,5	62,2±3,5	–	–	25,7±0,5	62,2±3,5

Таблица 3. Биологические показатели старшевозрастных групп (1–3 года) осетра русского и их доля в улове
Table 3. Biological indicators of older age groups (1–3 years) of Russian sturgeon and their share in the catch

Годы	Доля в улове, %		Длина, см		Масса, кг	
	сеголеток	рыб от 1 до 3 лет	колебания	среднее	колебания	среднее
2016	93,8	6,2	34–50	41,7	0,125–0,570	0,316
2017	72,4	27,6	29–60	37,3	0,083–1,00	0,233
2018	46,5	53,5	32–56	49,0	0,125–0,920	0,600
2019	28,5	71,5	33–59	48,6	0,100–1,100	0,453
2020	84,2	15,8	29–55	40,2	0,074–0,770	0,339
2021	75,4	24,6	35–55	47,0	0,165–0,650	0,413

за одно траление были рассредоточены на востоке от о. Малый Жемчужный до банки Средняя Жемчужная. Самый крупный экземпляр в возрасте 3-х лет достигал длины 55 см и массы 0,770 кг. В среднем улов рыб старшего возраста за период с 2016 по 2021 гг. составил 0,42 экз./трал.

За период исследований (2016–2021 гг.) рацион сеголеток осетра русского базировался на представителях «мягкого» бентоса – червях и ракообразных (рис. 2).

Из группы червей в составе пищевого комка за исследуемый период обнаружены многощетинковые *Hediste diversicolor* (Müller, 1776) и представители рода *Marenzelleria* (Mesnil, 1896), а также малощетинковые черви. Среди ракообразных встречались организмы нектобентоса – мизиды (*Paramysis ullskyi* (Czerniavsky, 1882), *P. baeri* (Czerniavsky, 1883), *P. lacustris* (Czerniavsky, 1882), *P. intermedia* (Czerniavsky, 1882)), бокоплавы (*Pontogammarus abbreviatus* (Sars, 1894), *Stenogammarus macrurus* (Sars, 1894), *S. similis* (Sars, 1894), *S. compressus* (Sars, 1894), *Gmelina pusilla* (Sars, 1896)) и кумовые раки (*Pterocuma pectinata* (Sowinsky, 1893), *Schizorhynchus bilamellatus* (Sars, 1900), *Stenocuma graciloides* (Sars, 1894)).

Главным кормом являлись полихеты вида *H. diversicolor*. В 2017 г. их дополняли олигохеты, в 2020 г. – новый вселенец *Marenzelleria* sp. Субдоминантами выступали ракообразные, из которых 2016–2017 и 2020 гг. наиболее предпочтение отдавалось мизидам, в 2018–2019 гг. и 2021 г. – гаммаридам.

Величины показателей накормленности характеризуют трофологические условия для сеголеток осетра как благоприятные; более высокие индексы наполнения желудков на протяжении всех лет исследования отмечались у особей, нагул которых проходил в районе банки Средняя Жемчужная.

Наиболее сильно из молоди осетровых ко дну водоёма привязаны сеголетки русского осетра, питающиеся уже в течение первого года жизни бентическими беспозвоночными [Полянинова, 1981].

Анализ питания разновозрастных сеголеток осетра в море показал, что с увеличением длины тела от 10 до 35 см качественный состав пищи изменяется, снижается потребление мизид, кумовых и бокоплавов и повышается роль нереиса и краба [Молодцова, 1997]. Изучение рациона питания разновозрастных особей в районе исследования подтверждает факт возрастающего потребления червей с ростом сего-

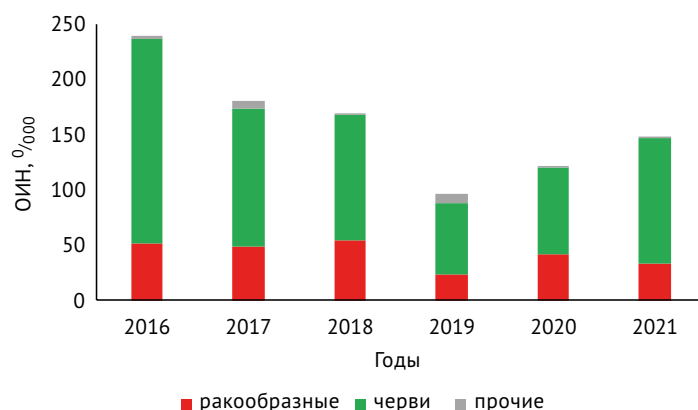


Рис. 2. Многолетняя динамика состава пищи и накормленности сеголеток осетра

Fig. 2. Long-term dynamics of the composition of food and fullness of sturgeon fingerlings

леток. В пищевом спектре более мелких экземпляров осетра длиной до 20 см на группу червей приходилось от 0 (2021 г.) до 68,3% (2017 г.) от всего состава кормовых компонентов; с увеличением длины тела рыб (от 26 см) этот показатель повышался, составляя 65% (2019 г.) – 95,7% (2017 г.) (рис. 3).

На протяжении 2016–2021 гг. доля определяемой в уловах заводской молоди (сеголеток) русского осетра оставалась неизменной и составляла не менее 80%, и только в 2018 г. данный показатель составил 64% (табл. 4).

Соотношение в уловах 2016–2021 гг. сеголеток русского осетра, относящихся к разным рыбоводным

Таблица 4. Генетический мониторинг сеголеток осетра русского в 2016–2021 гг.

Table 4. Genetic monitoring of Russian sturgeon fingerlings in 2016–2021

Годы	Доля идентифицированных особей, %	Доля неидентифицированных особей, %
2016	80	20
2017	81	19
2018	64	36
2019	81	19
2020	84	16
2021	88	12

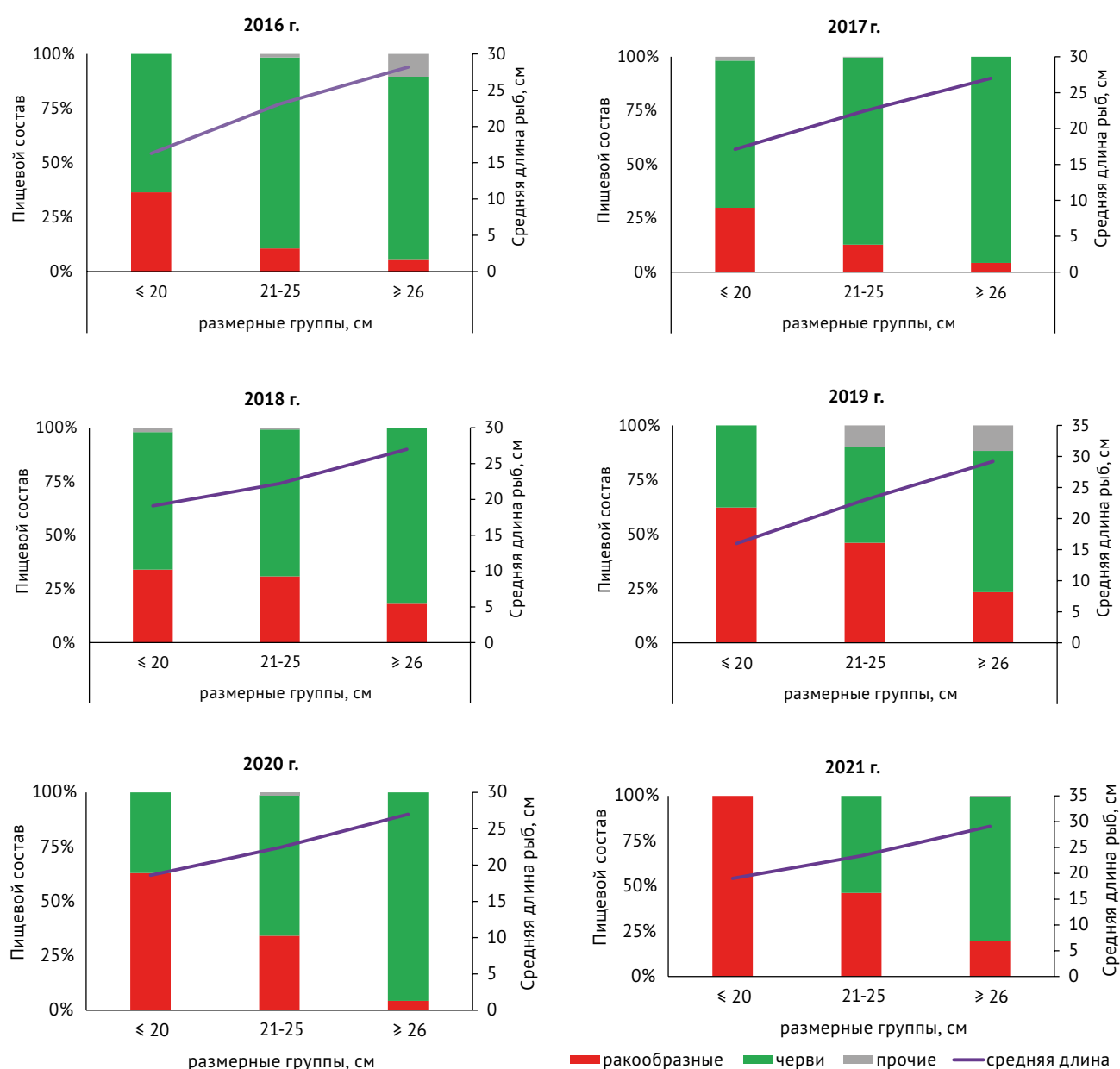


Рис. 3. Спектр питания разноразмерных сеголеток русского осетра

Fig. 3. A spectrum of power of different – sized of Russian sturgeon fingerlings

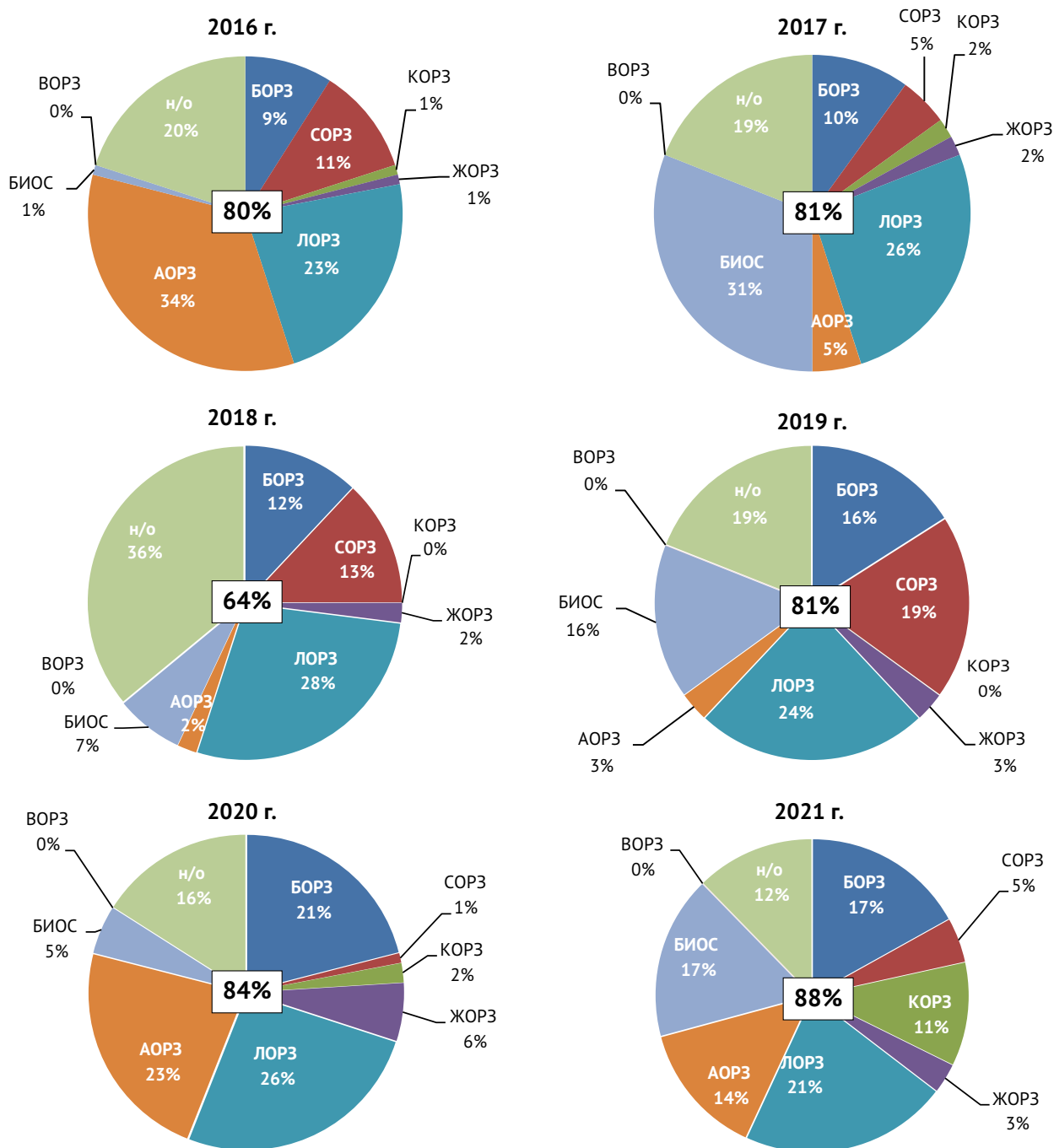


Рис. 4. Соотношение выловленных сеголеток осетра русского, выращенных на ОРЗ
Fig. 4. Distribution of the caught fingerlings of Russian sturgeon by sturgeon hatcheries (SH)

заводам, представлено на рис. 4. Наибольшей стабильностью по доле выловленной молодежи, выращенной на восьми ОРЗ, отмечается Лебяжий осетровый завод. Доля его представителей в общем улове составляла 21–28%. Не зарегистрировано в уловах сеголеток осетра русского, выпущенных ВОРЗ.

Среди молодежи русского осетра средняя доля неидентифицированных (для которых не удалось достоверно определить родительскую пару, участво-

вавшую в нерестовой компании какого-либо из ОРЗ) особей за период 2016–2021 гг., равная 20%, может быть результатом естественного нереста. Нельзя также исключить ошибки генотипирования, приводящие к отсутствию положительной идентификации родительской пары. Также причиной наличия неидентифицированных особей может быть выпуск молодежи организациями, где генотипирование производителей и запись скрещиваний не проводили.

После оценки вкладов искусственного воспроизводства по ОРЗ в численность одного поколения (рис. 5) лучшие показатели (23–53%) по учёту как выпущенной (0+) так и подрастающей (1+ и более) молоди русского осетра были отмечены для ОРЗ Лебяжий (ЛОРЗ). Отмеченная нами в ходе исследования эффективность выживания, переход на естественные корма и адаптация к природной среде выпущенной заводской молоди в перспективе должно привести к дальнейшему росту эффективности искусственного воспроизводства и к увеличению запасов осетра русского (конечно, при условии снижения незаконного, несообщаемого, нерегулируемого (ННН) промысла). Естественный нерест русского осетра все ещё незначителен и слабо влияет на пополнение вида.

В период 2020–2021 гг. небольшое количество выловленных представителей старших возрастных групп не позволило сделать статистически достоверные выводы о выживаемости молоди и об эффективности работы ОРЗ по воспроизводству популяции русского осетра. Тем не менее, в настоящее время большая часть научно-исследовательского улова в Каспий-

ском море состоит из особей этого вида в возрасте до шести лет (53–74%), и большинство из них идентифицируется как выпущенная с ОРЗ молодь.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На обследованной акватории западной части Северного Каспия уловы ежегодно варьируют. Средний улов сеголеток русского осетра в 2021 г. составил 2,19 экз./траление, что выше многолетнего показателя 2016–2020 гг. в 2,4 раза. По итогам исследований 2016–2021 гг. можно заключить, что основные места нагула молоди нового поколения сосредоточены во втором районе, акватория которого прилегает к банке Средняя Жемчужная. Небольшие межгодовые изменения в распределении связаны с объёмами годового выпуска сеголеток и стока р. Волга, выживаемостью молоди на пути миграции из реки в море, размерно-весовыми характеристиками при выпуске с ОРЗ, обилием и доступностью кормовой базы, гидрологическими условиями в районах нагула молоди. На основании полученных результатов [Лепилина, Булгакова, 2019], например, в 2016–2017 гг. можно с высокой

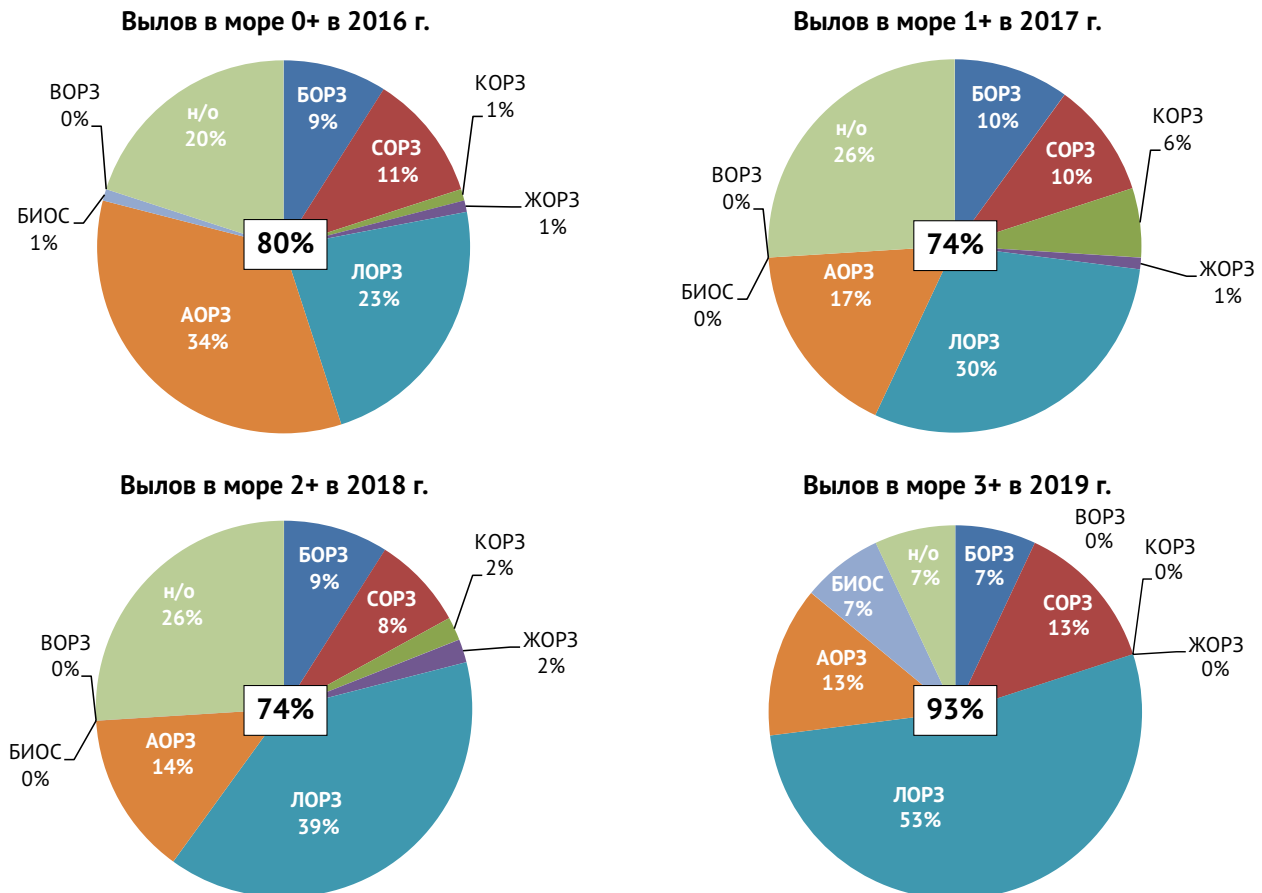


Рис. 5. Распределение выловленной молоди 2016 года рождения в 2016–2019 гг. по ОРЗ
 Fig. 5. Distribution of caught juveniles born in 2016–2019 by sturgeon hatcheries

степень достоверности утверждать, что на акватории Северного Каспия, при выпуске 30–36 млн экз. сеголеток только на площади 2–2,5 тыс. км², прилегающей к о. Малый Жемчужный и банке Средняя Жемчужная, нагуливается от 4,5 до 5,5 млн экз. молоди осетра русского. Проведение исследований на «фоновом» полигоне в отдельные годы и траловых съёмках по учёту численности осетровых рыб на акватории Северного и Среднего Каспия свидетельствует о наличии сеголеток за пределами первого и второго районов съёмки. В начале 2000-х гг. численность молоди осетра, облавливаемой при проведении учётных траловых съёмках, 2–8 экз. в настоящий период – 25–40 экз. Стабильный темп заводского воспроизводства осетра русского с 2016 г. способствовал росту численности младших возрастных групп этого вида.

Анализ питания показал, что к началу осени главным кормом скатившейся молоди осетра русского является многощетинковый червь *H. diversicolor*. Переход сеголеток при достижении определённых размеров на питание червями свидетельствует о полной адаптации мальков к естественным условиям и их способности добывания кормовых объектов согласно своим возрастным предпочтениям. Высокая калорийность нерид [Карзинкин, Махмудов, 1968] и степень наполнения желудков сеголеток подтверждают наличие благоприятных условий для нагула молоди осетра русского на акватории западной части Северного Каспия.

Методами молекулярно-генетического анализа определён вклад искусственного воспроизводства с российских осетровых рыбоводных заводов в пополнение популяции русского осетра Волжско-Каспийского бассейна в период 2016–2021 гг., составивший по сеголеткам, в среднем 80%. Результаты генотипирования выловленной молоди в Северном Каспии в период 2016–2021 гг. наряду с молекулярно-генетическим исследованием производителей, позволили идентифицировать молодь от конкретных пар производителей, т. е. оценить эффективность работы ОРЗ.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Соблюдение этических норм

Все применимые этические нормы при планировании и выполнении полевых и экспериментальных работ соблюдены.

Финансирование

Исследование проводилось в соответствии с Государственной работой Волжско-Каспийского фили-

ала ВНИРО («КаспНИРХ») и Центрального Института ФГБНУ «ВНИРО».

ЛИТЕРАТУРА

- Барминцева А.Е., Мюге Н.С. 2013. Использование микросателлитных локусов для установления видовой принадлежности осетровых (Acipenseridae) и выявления особей гибридного происхождения // Генетика. Т. 4. № 9. С. 1093–1105.
- Барминцева А.Е., Мюге Н.С. 2017. Природный генетический полиморфизм и филогеография сибирского осетра *Acipenser baerii* Brandt, 1869 // Генетика. Т. 53. № 3. С. 345–355.
- Бизиков В.А., Гончаров С.М., Поляков А.В. 2006. Новая географическая информационная система «КАРТМАСТЕР» для обработки данных биоресурсных съёмки // VII Всеросс. конф. по промысловым беспозвоночным (памяти Б.Г. Иванова). М.: Изд-во ВНИРО. С. 18–24.
- Бирштейн Я.А., Виноградов Л.Г. 1968. Атлас беспозвоночных Каспийского моря. М.: Пищевая промышленность. 430 с.
- Боруцкий Е.В. 1974. Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука. 253 с.
- Будаев С.В., Сбикин Ю.Н. 1989. Оборонительные реакции молоди севрюги на приближающиеся объекты // Морфология, экология и поведение осетровых. М.: Наука. С. 194–198.
- Вещев П.В., Сливка А.П., Новикова А.С., Шеходанов К.Л. 1993. Методика учёта отложенной икры и скатывающихся личинок осетровых в русле рек // Гидробиологический журнал. Т. 29. № 2. С. 97–102.
- Карзинкин Г.С., Махмудов М.А. 1968. Оценка по химическим показателям зообентоса Каспия как кормовой базы рыб // Вопросы ихтиологии. Т. 8. № 2(49). С. 325–331.
- Касумян А.О., Тауфик Л.Р. 1993. Поведенческая реакция молоди осетровых рыб (Acipenseridae) на аминокислоты // Вопросы ихтиологии. Т. 33. № 5. С. 691–700.
- Кряжев А.И., Левин А.В. 1976. Некоторые особенности распределения молоди осетровых заводского выращивания в северном Каспии // Отчётная сессия ЦНИОРХ по результатам работ в 9-й пятилетке (1971–1975 гг.). Тез. докл. Гурьев. 1976. С. 25–26.
- Лагунова В.С. К методике сбора и подсчёта абсолютной численности осетровых // Современные проблемы Каспия. Мат. Межд. конф. посвящённой 105-летию КаспНИРХа. Астрахань: КаспНИРХ, 2002. С. 169–175.
- Левин А.В. 2006. Экология и поведение молоди осетровых рыб в Волго-Каспийском регионе. Астрахань: Изд-во КаспНИРХ. 228 с.
- Лепилина И.Н., Булгакова Т.И. 2019. Оценка численности сеголетков русского осетра в северо-западной части Каспийского моря // Труды ВНИРО. Т. 177. С. 58–69.
- Лепилина И.Н., Власенко А.Д., Коноплева И.В., Сафаралиев И.А., Чаплыгин В.А. 2020 г. Распределение, численность, запасы и уловы осетровых в Каспийском бассейне // 64-я Междунар. научн. конф. АГТУ. Астрахань: Изд-во АГТУ. С. 241.
- Молодцова А.И. 1997. Питание сеголеток осетровых в Северном Каспии // X Межд. конф. по промысловой океанологии. М.: Изд-во ВНИРО. С. 86.
- Мюге Н.С., Барминцева А.Е. 2020. Геномные исследования для сохранения осетровых: анализ наследования полиплоидных локусов и разработка панели маркеров для иденти-

- фикации гибридов осетровых и продукции из них // Вестник РФФИ. № 2 (106). С. 78–87.
- Мюге Н.С., Барминцева А.Е., Расторгуев С.М., Мюге В.Н., Барминцев В.А. 2008. Полиморфизм контрольного региона митохондриальной ДНК восьми видов осетровых и разработка системы ДНК-идентификации видов // Генетика. Т. 44. С. 931–917.
- Павлов Д.С. 1979. Биологические основы управления поведением рыб в потоке воды. М.: Наука. 319 с.
- Павлов Д.С., Нездолый В.К., Ходоревская Р.П., Островский М.П., Попова И.К. 1981. Покатная миграция молоди рыб в реках Волга и Или. М.: Наука. 320 с.
- Полянинова А.А. 1981. Трофические связи сеголеток осетровых в Каспийском море // Рациональные основы ведения осетрового хозяйства. Волгоград: ЦНИОРХ. С. 201–202.
- Хорошко П.Н., Власенко А.Д. 1972. Характер миграции разновозрастной молоди севрюги в р. Волге // Труды ЦНИОРХ. Т. 4. С. 52–58.
- Шипулин С.В., Канатъев С.В., Лепилина И.Н., Тихонова Э.Ю. 2019. Распределение и питание молоди русского осетра *Acipenser gueldenstaedtii* (Acipenseridae) в северо-западной части Каспийского моря // Вопросы рыболовства. Т. 20. № 3. С. 326–338.
- Шкорбатов Г.Л. 1966. Избираемая температура и фототаксис личинок сигов // Зоологический журнал. Т. 14. № 10. С. 1515–1525.
- REFERENCES**
- Barmintseva A.E., Mugue N.S. 2013. The use of microsatellite loci to establish the species affiliation of sturgeon (Acipenseridae) and to identify individuals of hybrid origin // Genetics. V. 4. No 9. P. 1093–1105. (In Russ.).
- Barmintseva A.E., Mugue N.S. 2017. Natural genetic polymorphism and phylogeography of Siberian sturgeon *Acipenser baerii* Brandt, 1869 // Genetics. V. 53. No 3. P. 345–355. (In Russ.).
- Bizikov V.A., Goncharov S.M., Poljakov A.V. 2006. The new geographical informational system «Kartmaster» for data processing of biological resources surveys // VII All-Russian Conf. on commercial invertebrates (in memory of B.G. Ivanov). M.: VNIRO Publish. P. 18–24.
- Birshhtejn J.A., Vinogradov L.G. 1968. Atlas bespozvonochnyh Kaspijskogo morja Moscow: Pischevaya promyshlennost. 430 p. (In Russ.).
- Borutskii E.V. 1974. Methodological guide for the study of nutrition and food relations of fish in natural conditions. Moscow: Nauka. 253 p. (In Russ.).
- Budaev S.V., Sbikin Y.N. 1989. Defensive reactions of juvenile stellate sturgeon to approaching objects // Morphology, ecology and behavior of sturgeon. Moscow: Nauka. P. 194–198. (In Russ.).
- Veshchev P.V., Stivka A.P., Novikova A.S., Shekhodanov K.L. 1993. Methodology of accounting for deposited eggs and rolling larvae of sturgeon in the riverbed // Hydrobiologicheskij journal. V. 29. No 2. P. 97–102. (In Russ.).
- Karzikin G.S., Makhmudov M.A. 1968. Assessment of the chemical parameters of the zoobenthos of the Caspian Sea as a food base for fish // Journal of Ichthyology. V.8. No. 2(49). P. 325–331. (In Russ.).
- Kasumyan A.O., Taufik L.R. 1993. Behavioral reaction of juvenile sturgeon fish (Acipenseridae) to amino acids // J. of Ichthyology. V. 33. No 5. P. 691–700. (In Russ.).
- Krjazhev A.I., Levin A.V. 1976. Some features of the distribution of sturgeon hatchery fry in the Northern Caspian // Abstracts of the reporting session of the TsNIORKh based on the results of work in the 9th five-year plan (1971–1975). Guryev. P. 25–26. (In Russ.).
- Lagunova V.S. 2002. To the methodology of collecting and counting the absolute number of sturgeon // Modern problems of the Caspian Sea: Materials of the International Conference dedicated to the 105th anniversary of CaspNIRKh, Astrakhan: CaspNIRKh. P. 169–175. (In Russ.).
- Levin A.V. 2006. Ecology and behavior of juvenile sturgeon fish in the Volga-Caspian region. Astrakhan: CaspNIRKh Publish. 228 p. (In Russ.).
- Lepilina I.N., Bulgakova T.I. 2019. The estimation of the fingerling number of Russian sturgeon in the North-Western part of the Caspian Sea // Trudy VNIRO. T. 177. P. 58–69. (In Russ.).
- Lepilina I.N., Vlasenko A.D., Konopleva I.V., Sapharaliev I.A., Chaplygin V.A. 2020. Distribution, abundance, stocks and catches of sturgeon in the Caspian basin // 64th International Scientific Conference of Astrakhan State Technical Univ. Astrakhan' ASTU Publish. (In Russ.).
- Molodtsova A.I. 1997. Nutrition of sturgeon fingerlings in the Northern Caspian Sea // X International. Conf. on Fisheries Oceanology. Moscow: VNIRO Publish. 86 p. (In Russ.).
- Mugue N.S., Barmintseva A.E. 2020. Genomic studies for sturgeon conservation: analysis of inheritance of polyploid loci and development of a panel of markers for identification of sturgeon hybrids and products from them // Bull. of the Russian Foundation for Basic Research. No 2 (106). P. 78–87. (In Russ.).
- Mugue N.S., Barmintseva A.E., Rastorguev S.M., Mugue V.N., Barmintsev V.A. 2008. Polymorphism of the control region of mitochondrial DNA of eight sturgeon species and development of a DNA identification system for species // Genetics. V. 44. P. 931–917. (In Russ.).
- Pavlov D.S. 1979. Biological fundamentals of controlling the behavior of fish in the water flow. Moscow: Nauka. 319 p. (In Russ.).
- Pavlov D.S., Nezdolii V.K., Khodorevskaya R.P., Ostrovskii M.P., Popova I.K. 1981. Stopping migration of juvenile fish in the Volga and Ili rivers. Moscow: Nauka. 320 p. (In Russ.).
- Polyaninova A.A. 1981. Trophic connections of sturgeon fingerlings in the Caspian Sea // Rational foundations of sturgeon farming. Volgograd: CNIORH. P. 201–202. (In Russ.).
- Khoroshko P.N., Vlasenko A.D. 1972. The nature of migration of juvenile stellate sturgeon of different ages in the Volga river // Trudy TSNIORKH. V. 4. P. 52–58. (In Russ.).
- Shipulin S.V., Kanat'ev S.V., Lepilina I.N., Tikhonova E.Ju. 2019. Distribution and nutrition of Russian sturgeon juveniles (*Acipenser gueldenstaedtii*, Acipenseridae) in the north-western part of the Caspian Sea // Problems of Fisheries. V. 20. P. 326–338. (In Russ.).
- Shkorbatov G.L. 1966. Selected temperature and phototaxis of whitefish larvae // Zoological J.V.14. P. 1515–1525. (In Russ.).

Поступила в редакцию 19.11.2022 г.
Принята после рецензии 03.03.2023 г.