

DOI 10.31029/vestdnc100/2

УДК 597.554.3:574.2/3

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗМНОЖЕНИЯ САЗАНА ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ДЕЛЬТЫ ВОЛГИ (ИГОЛКИНСКИЙ БАНК)

Н. Н. Попов¹, ORCID: 0000-0003-0926-7337

Р. М. Бархалов^{2,3}, ORCID: 0000-0003-0210-4236

Т. Ф. Курочкина⁴, ORCID: 0000-0002-3381-9376

Б. М. Насибулина⁴, ORCID: 0000-0002-6518-0837

¹Научно-исследовательский центр «Казэкопроект», Атырау, Казахстан,

²Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского
федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Россия,

³Государственный природный биосферный заповедник «Дагестанский», Махачкала, Россия,

⁴Астраханский государственный университет, Астрахань, Россия

ECOLOGICAL FEATURES OF COMMON CARP BREEDING IN THE EASTERN PART OF THE VOLGA DELTA (IGOLKINSKY BANK)

N. N. Popov¹, ORCID: 0000-0003-0926-7337

R. M. Barkhalov^{2,3}, ORCID: 0000-0003-0210-4236

T. F. Kurochkina², ORCID: 0000-0002-3381-9376

B. M. Nasibulina², ORCID: 0000-0002-6518-0837

¹Kazekoproekt Scientific Research Center, Atyrau, Kazakhstan,

²Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan
Federal Research Centre of RAS, Makhachkala, Russia,

³Daghestan State Biosphere Nature Reserve, Makhachkala, Russia

⁴Astrakhan State University, Astrakhan, Russia

Аннотация. Настоящее исследование посвящено изучению состояния нерестовой популяции сазана в среднем течении Иголкинского банка, расположенного в восточной части дельты Волги. Сбор и обработка ихтиологического материала проводились в период с марта по ноябрь 2023 г. с использованием общепринятых ихтиологических методик. Основное внимание уделялось анализу естественного воспроизводства производителей сазана, а также их морфометрическим характеристикам. В рамках исследования детально изучалась репродуктивная система особей, включая динамику изменения соотношения полов, закономерности гаметогенеза, сезонные половые циклы и показатели плодовитости. Дополнительно был рассчитан гонадосоматический индекс, отражающий степень зрелости репродуктивной системы самок и самцов сазана. Полученные результаты позволяют оценить текущее состояние популяции сазана и разработать меры для ее сохранения.

Abstract. The present study is devoted to examining the state of the spawning population of common carp in the middle reaches of the Igolkinsky Bank, located in the eastern part of the Volga delta. The collection and processing of ichthyological material were carried out between March and November 2023 using standard ichthyological methods. Primary attention was given to the analysis of the natural reproduction of common carp broodstock and their morphometric characteristics. Within the framework of the study, the reproductive system of individuals was examined in detail, including the dynamics of sex ratio changes, patterns of gametogenesis, seasonal sexual cycles, and fertility indices. Additionally, the gonadosomatic index was calculated, reflecting the degree of maturity of the reproductive system of both female and male common carp. The results obtained make it possible to assess the current state of the common carp population and to develop measures for its conservation.

Ключевые слова: дельта Волги, сазан, половое соотношение, стадия зрелости, нерест, гаметогенез, плодовитость.

Keywords: Volga delta, common carp, sex ratio, maturity stage, spawning, gametogenesis, fertility.

Введение

Эффективность естественного воспроизводства рыбы в низовьях дельты Волги зависит от нескольких факторов. Основными из них являются количество особей, участвующих в размножении, и условия затопления дельты в период размножения. В последние годы проблема естественного воспроизводства рыбы в дельте Волги, особенно в низовьях, вызывает острую озабоченность в связи с резким снижением уловов пресноводного комплекса, сочетающимся с природными и антропогенными факторами. Гидролого-гидрохимические условия реки Волги после осуществления водохозяйственных мероприятий не благоприятны для рыболовства: нарушилась естественная взаимосвязь между водным и температурным режимами, снизились пиковые уровни воды, резко возросла скорость подъема и спада паводковых вод,

сократилась продолжительность наводнений в дельте, что в конечном итоге привело к частичной или полной потере нерестилищ проходных, полупроходных и туводных рыб [1, 2]. В настоящее время сроки, продолжительность и условия нереста, места размножения и развития икры и молоди промысловых рыб, особенно полупроходных, значительно отличаются от прошлых лет (1990–2005 гг.), что в итоге оказывает глубокое влияние на развитие и функционирование репродуктивной системы.

Сазан (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758) – ценная промысловая рыба, которая обитает как в пресных, так и в солоноватых водах бассейна Каспийского моря, особенно в устьевых участках рек Волга, Урал, Терек, Сулак, Самур. Выделяют две экологические формы: туводная, которая, не совершая длительных миграций, ведет оседлый образ жизни, и полупроходная. Во время нагула полупроходной сазан, который размножается в реках, особенно в нижнем течении, покидает устья рек и заходит в опресненные участки моря. Однако пути его миграций четко не определены, длина миграционного пути невелика, поскольку места зимовки, размножения и нагула находятся близко друг к другу [3].

На сегодняшний день, в современных экологических условиях в бассейне Каспийского моря, крайне важно собрать широкий спектр информации, в том числе и литературных данных, по прохождению годичных половых циклов и экологии нереста сазана как ценного промыслового объекта в конкретном географическом и экологическом регионе. К сожалению, несмотря на многочисленные исследования по биологии карповых рыб, анализ литературных источников по воспроизводству сазана в бассейне Каспийского моря показал недостаток информации об этом процессе в дельте Волги. Основные исследования посвящены развитию репродуктивных органов сазана и проблемам их экологического воспроизводства в северо-западной (дагестанский сектор) [4–9] и в южной (иранский сектор) частях бассейна Каспийского моря [10–16]. За последние годы работы Ю.А. Кузнецова (2006) [17] и его же в соавторстве с В.А. Ижерской (2012) [18] являются практически единственным подтвержденным исследованием некоторых биологических особенностей размножения сазана в Волго-Каспийском районе. В условиях падения уровня Каспийского моря особенно важны данные о репродуктивной способности, а также об экологических факторах, которые прямо или косвенно влияют на эволюционный успех, распространение, численность и продуктивность сазана.

В Волго-Каспийском рыбохозяйственном районе, к которому относится и дельта Волги, ежегодно происходит размножение и развитие молоди ценных промысловых полупроходных видов рыб, в том числе и сазана, при этом рассматриваемый участок является наиболее благоприятным для их зимовки. Однако в последние годы прогрессирующее зарастание пойм, рыбоходных каналов, неблагоприятный режим обводнения нерестилищ, ухудшающиеся условия размножения, сокращение количества производителей из-за браконьерского изъятия и дальнейший пресс антропогенной нагрузки определяли условия и эффективность естественного размножения и являлись основными причинами уменьшения урожайности молоди сазана [18]. По данным С.В. Шипулина с соавторами [19], в настоящее время в Волго-Каспийском рыбохозяйственном районе промысловые запасы сазана оказались минимальными среди полупроходных и речных видов рыб. В связи с тем, что рассматриваемый район, и в частности дельта Волги, претерпевает серьезные антропогенные и природные трансформации, было решено провести исследования по биологии размножения сазана, включая изучение изменения гонадосоматического индекса (ГСИ), прохождения годичных половых циклов, соотношения полов и показателя плодовитости. Полученные результаты исследования позволят представить подробную картину развития и функционирования репродуктивной системы, в том числе особенности прохождения цикла полового созревания и показателя плодовитости для оценки ожидаемой эффективности естественного воспроизводства сазана в современных экологически измененных условиях Волго-Каспийского рыбохозяйственного района.

Материалы и методы

Современная дельта Волги берет свое начало на расстоянии 54 км выше г. Астрахани, где основное русло реки разветвляется на два основных рукава. Главный рукав представляет собой продолжение реки в пределах дельты, в то время как левый рукав, известный как Бузан, делится на две протоки: Кигач и Широкая. Эти обе протоки далее переходят в Иголкинский банк, протяженность которого составляет 25,2 километра. В районе авандельты, где происходит расширение русла, Иголкинская протока трансформируется в искусственно углубленный Иголкинский канал-рыбоход, длина которого составляет 40 километров (рис. 1).

В последние годы в связи с падением скорости течения в дельте Волги наблюдается значительное снижение уровня стока в самом Иголкинском банке, что создает благоприятные условия для роста подводной растительности – основного нерестового субстрата для полупроходных фитофильных рыб.



Рис. 1. Район проведения исследований (Иголкинский банк дельты Волги)

Сбор ихтиологического материала проводился на северных и южных участках Иголкинского банка и его притоков с начала февраля по ноябрь 2023 г. включительно (рис. 1). Обработка данных осуществлялась в соответствии с общепринятыми ихтиологическими методиками [20–23]. Основной метод лова сазана – неводный, с использованием при необходимости ставных разноячейных сетей с размерами ячеей от 35 до 60 мм, что обеспечило получение репрезентативной выборки. Всего было отобрано 374 экз. рыб, из которых 191 самец и 183 самки. Большая часть пробы ($n = 264$) была отобрана в течение весеннего промысла – с февраля по апрель, меньшая часть ($n = 110$) – с мая по ноябрь 2023 г.

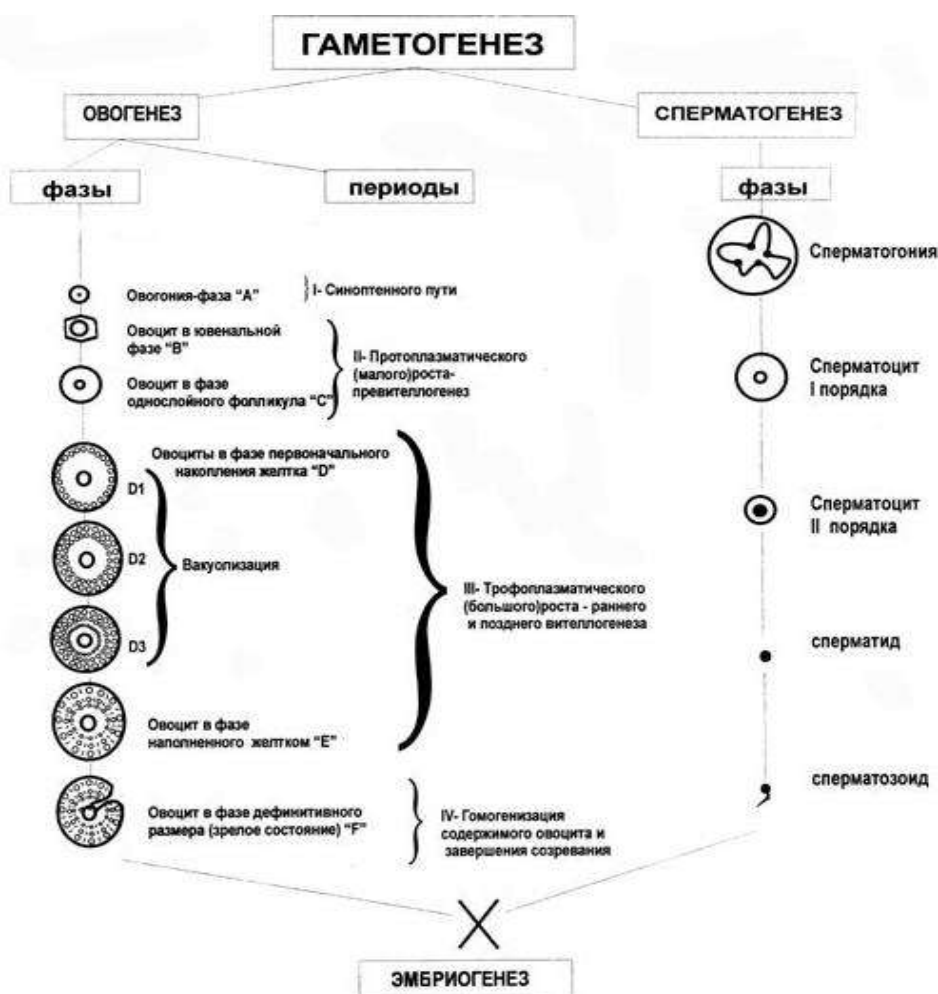


Рис. 2. Схема гаметогенеза рыб (по М.М. Шихшабекову и Р.М. Бархалову [28])

После полного биологического анализа для характеристики годичных циклических изменений в гонадах (яичниках и семенниках) рыб ежемесячно, а иногда и два раза в месяц проводили вскрытие рыб, определяли пол, брали пробы гонад на микроскопические и гистологические исследования, определяли показатель зрелости (ГСИ – отношение массы гонад к массе выпотрошенного тела рыбы (порки) выраженное в %: $ГСИ = (Wg/Wf) \times 100$, где Wg – масса гонад (г), а Wf – масса порки (г)), а также рассчитывали абсолютную и относительную плодовитость по общепринятым ихтиологическим и гистологическим методикам [24–26]. Для определения абсолютной плодовитости брали 1 г навески яичника, подсчитывали количество икринок в навесе и умножали на массу яичника: $AF = OW \times S/Ws$, где OW – масса яичника (г), S – количество икринок в навесе (шт), Ws – масса навеса (г). Относительную плодовитость (количество икринок на единицу массы тела) рассчитывали путем деления общего количества икринок на массу тела самки.

Период нереста определяли на основании частоты подхода половозрелых особей (производителей на IV, V стадиях зрелости) и по срокам их икрометания на нерестилищах. Началом нереста считали дату поимки первых самок с текущей икрой (V стадия зрелости), временем массового нереста – период, когда в научно-исследовательских уловах встречалось наибольшее количество самок с текущей икрой, а конец нереста – когда поймали последнюю самку с текущей икрой или на стадии выбоя (VI).

При описании периодов и фаз развития половых клеток, стадии зрелости гонад самок и самцов пользовались обозначениями и терминологией, принятыми в ихтиологических исследованиях [25, 27], с некоторыми поправками и дополнениями, внесенными М.М. Шихшабековым и Р.М. Бархаловым [28].

Каждые пять дней в течение с апреля по август, т.е. в преднерестовый и нерестовый периоды сазана, проводилось также измерение температуры воды.

Результаты

По нашим данным, весной (с апреля по конец мая) 2023 г. температура воды на участке Иголкинского банка постепенно повышается с 8,1 до 18,9°C. Летом (июнь – август) температура воды в исследуемом районе достигла своего максимума и составляла 25,3–26,4°C (табл. 1).

В целом указанные в табл. 1 диапазоны колебаний температуры воды в исследуемом районе находятся в пределах преднерестового и нерестового периодов сазана в дельте Волги [29]. Так, 23–28 апреля 2023 г. наблюдался первый подход производителей сазана к нерестилищам нижнего и среднего участков Иголкинского банка, где температура воды в этот период варьировалась в пределах от 10,7 до 13,8°C, а нерест наблюдался в середине первой декады мая.

Таблица 1. Средняя температура воды Иголкинского банка дельты Волги в нерестовый период (апрель – август 2023 г.)

Сезон	Месяцы	Min	Max	Среднее
Весна	апрель	8,1	13,8	10,9
	май	13,4	18,9	16,3
Лето	июнь	18,2	25,3	20,5
	июль	20,3	26,4	22,7
	август	19,5	26,0	21,6

В контрольных уловах встречались особи сазана с абсолютной длиной тела от 26 до 73 см, среди них доминировали особи длиной 35–45 см (в среднем $41,9 \pm 0,34$ см), которые составили 62% размерного ряда нерестовой популяции (рис. 3, б). Эта популяция включала 12 возрастных групп (в возрасте от 2 до 13 лет), причем большинство из них составляли рыбы в возрасте 4–5 лет (средний возраст 4,7 лет), их доля составляла более 58% (рис. 3, а). В популяции масса тела (вес) колебалась от 0,40 до 8,42 кг, доминировали особи массой от 0,6 до 3,5 кг (средняя масса $2,35 \pm 0,46$ кг) (рис. 3, в), при этом средняя масса самцов составила $1,726 \pm 0,53$ кг, а масса самок – $2,673 \pm 0,42$ кг.

В табл. 2 представлены размерно-весовые показатели нерестовой популяции сазана Иголкинского банка в 2023 г. Из этой таблицы видно, что наблюдаются существенные расхождения в темпах роста рыбы. Максимальный прирост длины наблюдался в третий год жизни, он составил 8,2 см. Однако следует отметить, что, вероятно, самый большой прирост длины приходится на второй год, но, к сожалению, такие особи не попали в нашу выборку. Процент прироста как длины, так и массы уменьшался

по мере увеличения возраста особей (табл. 2). В целом высокие показатели темпа роста отмечены в первые четыре года (2–5 лет) жизненного цикла.

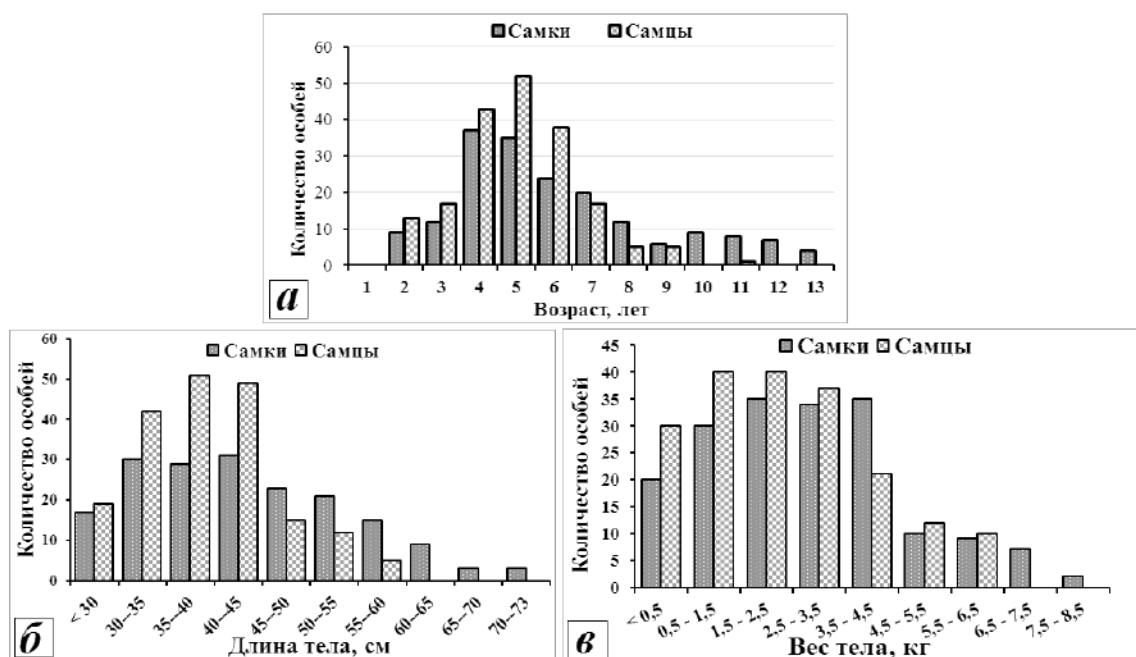


Рис. 3. Возрастной (а) и размерно-весовой (б, в) состав самок и самцов сазана Иголкинского банка дельты Волги в 2023 г.

Таблица 2. Размерно-весовые показатели нерестовой популяции сазана Иголкинского банка дельты Волги в 2023 г.

Возраст, лет	Средняя длина, см	Прирост длины	Средняя масса, кг	Прирост массы
2	27,4	–	0,4	–
3	34,5	7,1	1,2	0,8
4	42,7	8,2	1,9	0,7
5	49,1	6,4	2,4	0,5
6	54,8	5,7	2,7	0,3
7	58,5	3,7	3,5	0,8
8	61,3	2,8	4,2	0,7
9	63,8	2,5	4,6	0,4
10	66,1	2,3	4,8	0,2
11	67,8	1,7	5,1	0,3
12	68,9	1,1	5,6	0,5
13	71,6	2,7	5,8	0,2
Параметры соотношения	$Y = 27,54^{*0,4}$ $R^2 = 0,989$		$Y = 0,523^{*1,02}$ $R^2 = 0,975$	

Данные по соотношению полов имеют важное значение для оценки репродуктивной способности и размера запасов рыбной популяции [30]. Согласно результатам исследований в водах протоков дельты Волги наблюдается заметная возрастная динамика в соотношении полов у сазана (рис. 4). В нашей выборке общее соотношение полов самцов и самок составляло примерно 51,8:48,2% соответственно, то есть, несмотря на то что в начале сезона самцов было несколько больше самок, их соотношение меняется в пользу самок в конце сезона. Этот дисбаланс между полами отмечен весной и начале лета в сторону доминирования самцов, которое сохранялось до тех пор, пока популяция направилась к местам нереста (рис. 4). В начале осени, во время нагула сазана, наблюдалось преобладание самок над самцами, а к ноябрю численность

самцов начала увеличиваться. Исследованиями установлено, что половая зрелость у самцов в дельте Волги наступает при длине 35,5 см, а у самок – 39 см.

В период исследования самцов старшего возраста (9 и более лет) в экспериментальных уловах не отмечено, при этом доля самцов в возрасте 7–8 лет заметно уменьшилась. В уловах встречались самки старше 9 лет, доля которых составила менее 18%, в основном доминировали 4–6-годовики (рис. 5).

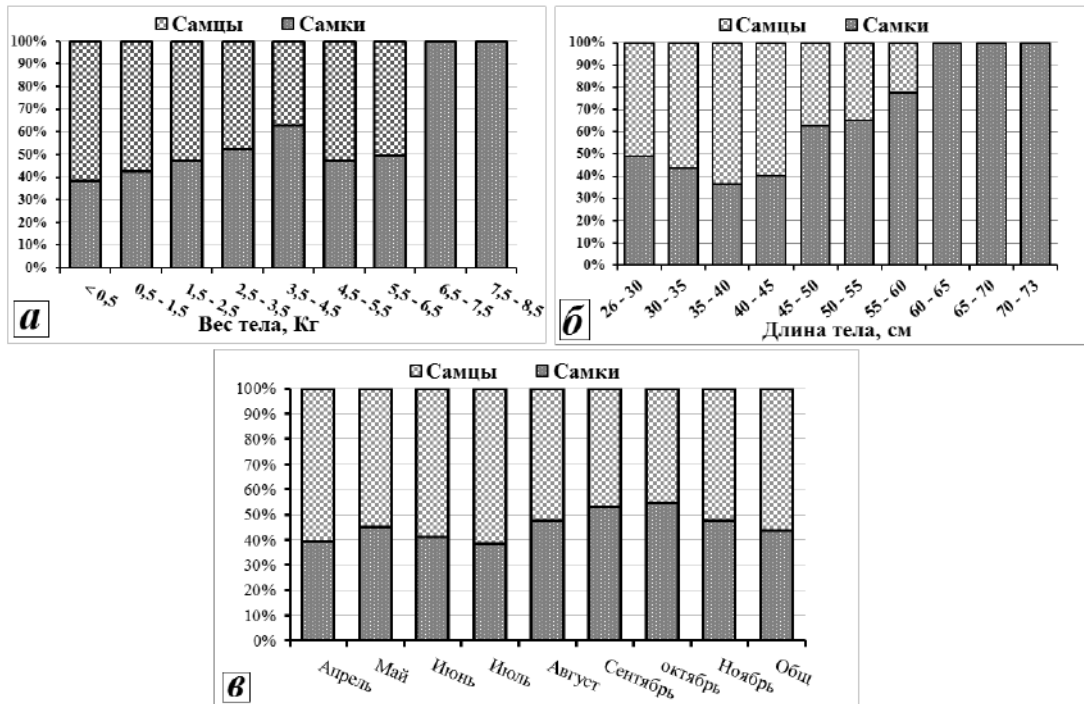


Рис. 4. Динамика соотношения самок и самцов сазана в зависимости от массы (а), длины (б) тела и времени года (в) в Иголкинском банке дельты Волги в 2023 г.

Из рис. 5 видно, что в первых пяти возрастных группах (2–6 лет) преобладают самцы. Когда рыбы достигают уже массового полового созревания, доля самцов начинает резко уменьшаться, соотношение полов изменяется – примерно 1:1.7. В последних четырех возрастных группах (10–13 лет) встречаются только самки, за исключением одного самца в возрасте 11 лет. Проведенными нами исследованиями в Иголкинском банке дельты Волги установлено, что самцы достигают половой зрелости в возрасте 2,7 лет, а самки ровно на один год позже самцов – 3,7 лет.

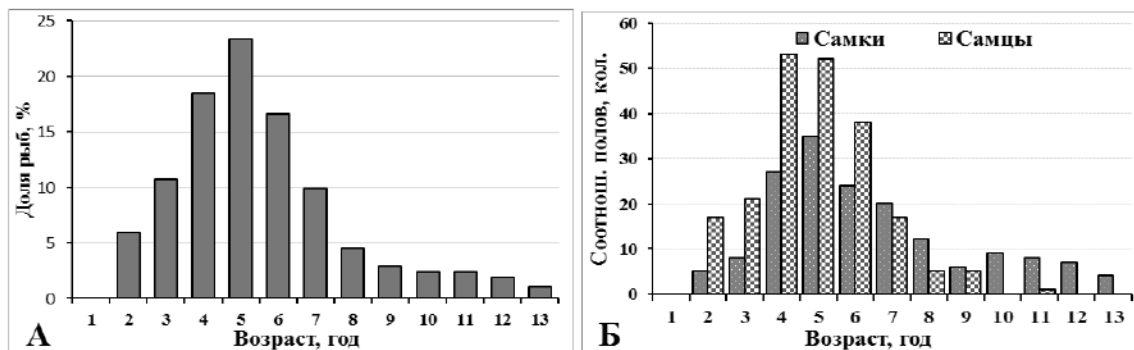


Рис. 5. Доля и возрастное соотношение полов сазана Иголкинского банка дельты Волги в 2023 г.

Для самок и самцов сазана с помощью уравнения роста степенного типа И.И. Шмальгаузена [31, 32] нами были рассчитаны отдельные показатели соотношения длины и массы тела (рис. 6).

Анализ данных из рис. 6 показывает, что для самок соотношение составило $W = 1E-05x^{3,167}$, $R^2 = 0,925$, для самцов – $W = 4E-06x^{3,453}$, $R^2 = 0,967$, а для обоих полов в совокупности это соотношение составило

$W = 7E-06x^{3,112}$, $R^2 = 0,940$. В случае соотношения длины и массы тела значение b было выше теоретического значения для самцов и самок ($t = 3,30$, $P < 0,05$) у представителей обоих полов ($t = 3,00$, $P < 0,05$), что говорит о благоприятном росте в аллометрическом отношении. Рост немного быстрее проявляется по массе, чем по длине тела.

Как известно, сроки начала нереста у рыб зависят в основном от температурных условий и уровня режима, при этом температура воды служит для рыб как бы сигнальным факторам и «посредником» между организмом производителей и комплексом экологических факторов, необходимых для всего процесса онтогенеза [28]. Сазан относится к группе рыб с асинхронным ростом ооцитов и с порционным типом икрометания. Период размножения сазана довольно растянут во времени и зависит не только от температуры воды, но и главным образом от времени и наличия нерестилищ. На дагестанском побережье Каспийского моря при раннем и длительном затоплении нерестилищ он успевает нереститься дважды, а если в нерестилищах уровень воды резко падает, то и нерест останавливается [7, 28].

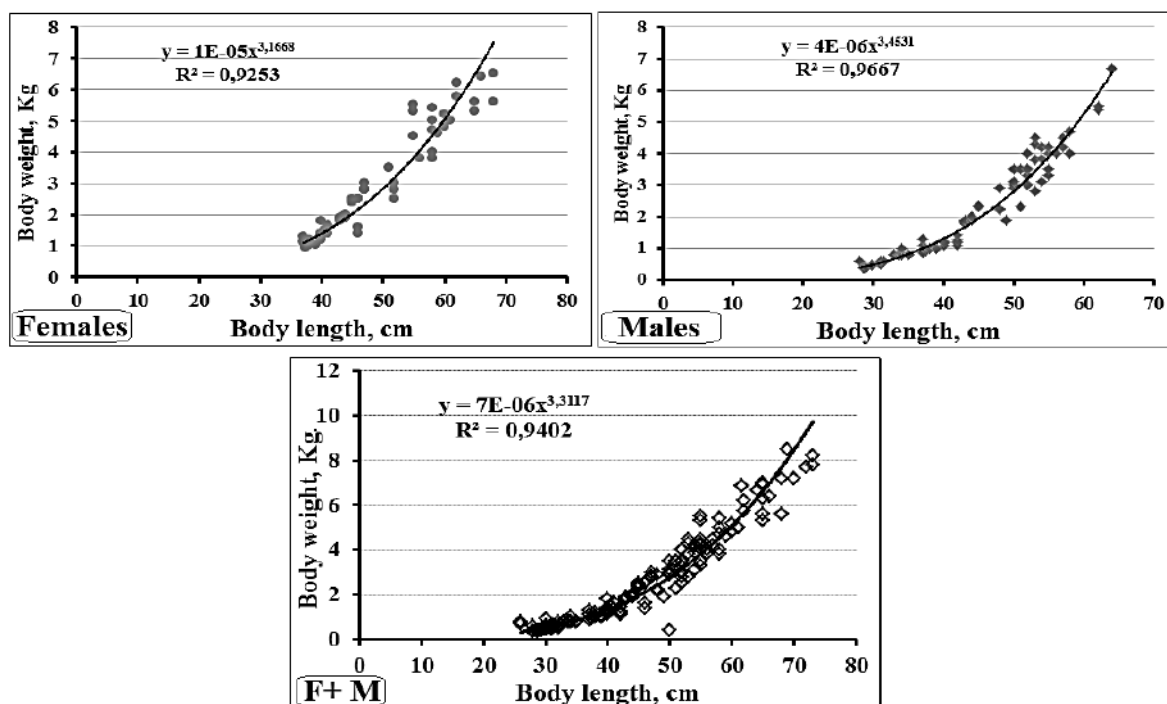


Рис. 6. Кривые линейного (body length) и весового (body weight) роста самок (females) и самцов (males) сазана Иголкинского банка дельты Волги в 2023 г.

В конце апреля у большинства самок и самцов гонады находились в IV стадии зрелости. Начало нереста в Иголкинском банке дельты Волги наблюдалось в первой декаде мая, а массовый нерест происходил примерно с 15 мая по 17 июня при температуре воды 18–19°C на глубине 20–40 см и продолжался до второй декады июля 2023 г. при достижении температуры воды 21°C. Гистологическое изучение яичников сазана в начале мая показало, что гонады находятся в IV стадии зрелости, а половые клетки – на разных фазах трофоплазматического роста. На гистологическом срезе яичника видны ооциты в фазе наполненного желтком (фаза «Е»), они более крупные (1,45–1,52 мм) и составляют основную массу (70–75%); кроме того, есть и ооциты в различных фазах вакуолизации («D₁», «D₂» и «D₃») и меньших размеров (диаметр икринок 0,8–1,1 мм) и в меньшем количестве (20–25%). Однако ооциты с одним рядом вакуолей (фаза «D₁»), не достигнув дефинитивного размера, могут быть не выметаны. ГСИ имел максимальную величину – в среднем 27,5% (19,8–35,1%).

После вымета первой порции икры в яичниках сазана протекал процесс созревания ооцитов второй порции и переход их в состояние зрелости или дефинитивного размера (фаза «F»). Интервал между первым и вторым нерестом был небольшим, в среднем 17–22 дня. Показатель зрелости (ГСИ) значительно уменьшен за счет выделения первой порции икры и составлял в среднем 3,9% (с колебаниями от 2,3 до 7,1%).

На гистологических срезах яичника сентябрьского сбора следы резорбции остаются, основная масса половых продуктов представлена ооцитами на различных фазах трофоплазматического роста. В октябре асинхронность роста ооцитов более или менее сглаживается, т.е. ясно заметны ооциты, формирующие первую порцию икры (они занимают большую часть среза яичника), вторую порцию – ооциты в начальной фазе вакуолизации («D₁» и «D₂») и протоплазматического роста (их меньше). В ноябре яичники уже находились в IV стадии зрелости, ГСИ достигал в среднем 11,5% (6,2–17,5%), т.е. около 55% майского минимума, и зимуют самки в этом состоянии.

У сазана IV стадия зрелости яичников самая продолжительная и длится около 8 месяцев (с конца сентября по конец апреля). При повышении температуры воды до нерестовой (в конце апреля) яичники сазана переходят в V стадию зрелости (текущее состояние). Надо отметить, что если у многих других видов рыб текущих производителей можно обнаруживать значительно раньше до начала нереста, то у сазана самки с текущими половыми продуктами обнаруживаются только в нерестилищах и перед непосредственным нерестом. По завершении нереста яичники сазана переходят в посленерестовую VI–III, а не VI–II стадию, которая характерна для всех видов рыб с единовременным нерестом и некоторым видам (линь, красноперка) с порционным нерестом.

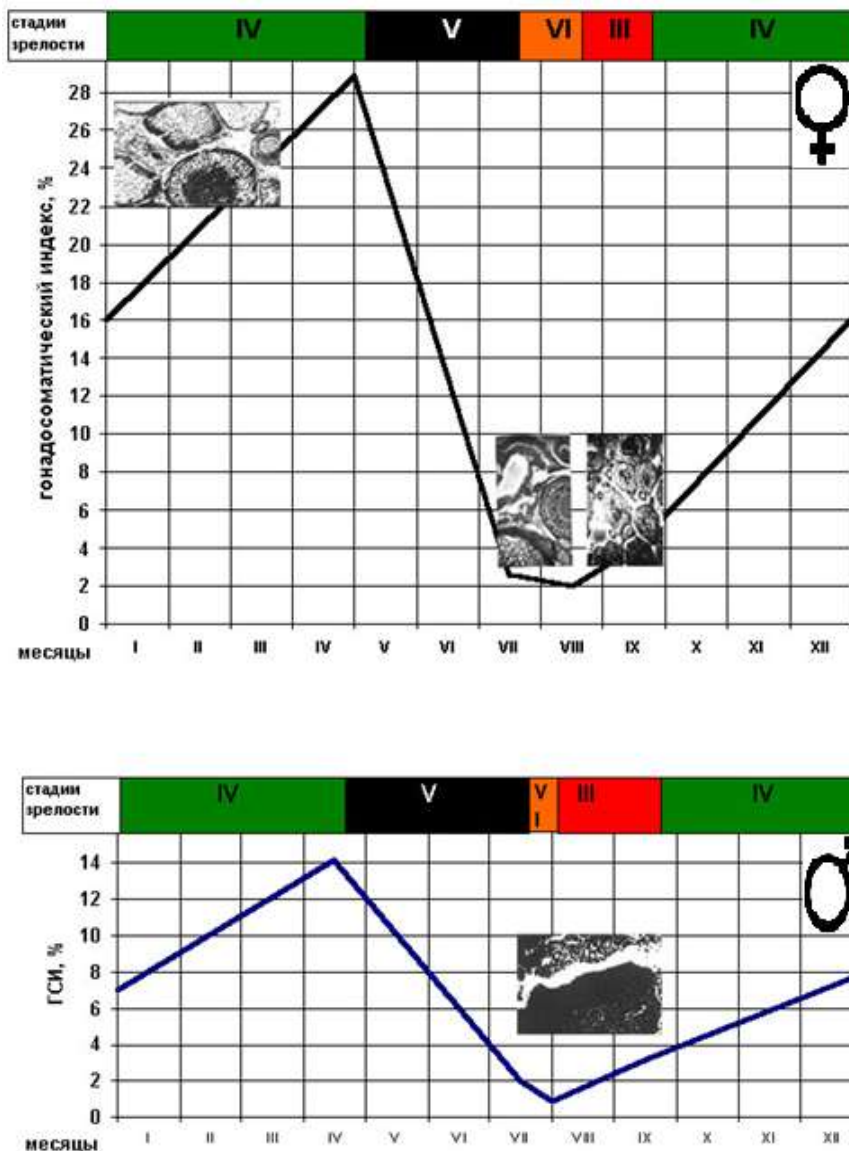


Рис. 7. Динамика ГСИ по стадиям зрелости гонад самок и самцов сазана в течение годичного полового цикла

В целом в яичниках сазана развитие ооцитов на различных фазах трофоплазматического роста («D₁», «D₂», «D₃» и «E») фактически в течение года не прекращается, а только замедляется в зимний период или усиливается в нерестовый и посленерестовый периоды [7, 28].

Характер прохождения половых циклов у самцов сазана показал, что в период нереста сперматогенез не прекращается, после выделений зрелых сперматозоидов они быстро восстанавливаются в семенных ампулах за счет новой волны сперматогенеза. Поэтому сперматозоиды в семенниках можно обнаружить в любое время года, т.е. в семенных ампулах наблюдаются половые клетки во всех фазах их развития – от сперматогонии до сперматидов, а по наступлении нерестовых температур и сперматозоидов.

Во время нерестовой миграции в дельту Волги как у самок, так и у самцов наблюдались довольно значительные ежемесячные изменения значений ГСИ, связанные с особенностями развития и функционирования репродуктивной системы рыб. У особей обоих полов этот показатель зрелости имеет наивысший уровень весной, достигая своего пика в начале мая: у самок – $28,2 \pm 2,65$ и у самцов – 14,1%. Более низкие значения ГСИ у самок, как и у самцов, были отмечены в июле и августе (рис. 7). Снижение показателей ГСИ в июне – августе означает, что в течение всего периода икротетания одновременно протекают два противоположных процесса – резорбция после нерестовых остатков (фолликулярные оболочки и зрелые остаточные икринки, охваченные резорбцией) и трофоплазматический рост ооцитов последующих порций.

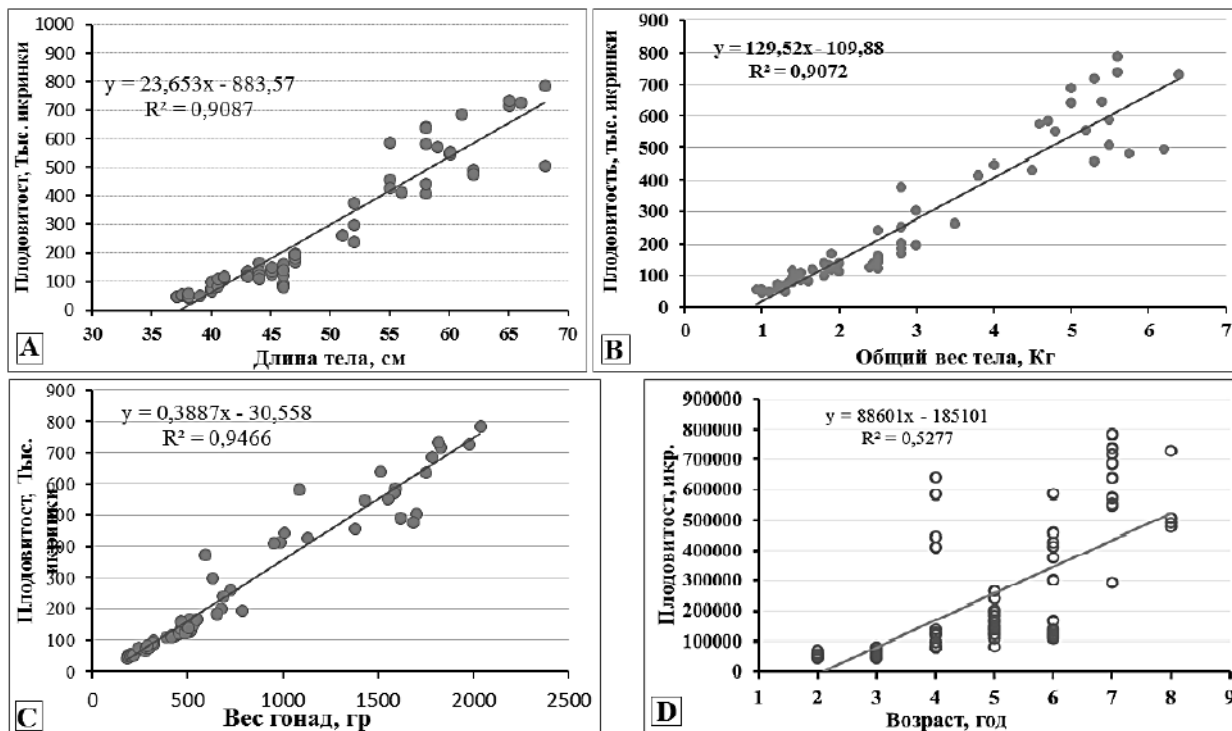


Рис. 8. Зависимость между абсолютной плодовитостью и длиной, массой тела, массой половых желез и возрастом сазана из вод восточно-волжской дельты

По нашим наблюдениям, нерест сазана в Иголкинском банке дельты Волги происходит с мая по конец июня при средней температуре воды 17–19°C. В первой декаде июля мы также находили отдельных нерестящихся особей сазана с частично созревшими гонадами. Очевидно, что эти особи выметывают оставшуюся часть зрелых икринок. В июле – августе происходит формирование и трансформация половых желез, а с сентября по апрель они активно созревают, происходит процесс формирования фонда потенциальной плодовитости за счет интенсивного трофоплазматического роста ооцитов.

Воспроизводительная способность во многом определяется скоростью достижения половой зрелости рыбами и их плодовитостью. Изучение плодовитости сазана осуществлялось посредством подсчета икринок у 70 самок, достигших половой зрелости. Стандартная длина самок варьировала от 37 до 68 см,

а их масса – от 0,93 до 6,2 кг. Абсолютная плодовитость колебалась от 43,8 до 765,64 тыс. икринок, в среднем $272,815 \pm 49,502$ тыс. икринок. Относительная плодовитость колебалась от 76,8 до 283,2 шт./г массы тела.

Известно, что уровень плодовитости зависит от длины, массы и в большей степени от веса гонад. Наши данные (рис. 8) об изменении плодовитости сазана в период нереста подтверждают и указывают на значительные различия ($P < 0,05$). В зависимости от возрастных групп абсолютная плодовитость увеличилась с 43 802 икринок до 765 640 икринок. Это привело к увеличению плодовитости с возрастом с 51 716 яиц в год в первые годы до 57 782 яиц в год у возрастных особей, что подтверждается коэффициентом корреляции – $R^2 = 0,53$ (рис. 8, D).

С увеличением длины и массы сазана его абсолютная плодовитость в среднем также растет. Однако количество икринок, откладываемых особями одинакового размера и массы значительно варьируется. Например, в группе рыб длиной от 35 до 40 см плодовитость колеблется в пределах от 43,8 до 100 тыс. икринок. В самой многочисленной размерной группе от 45 до 55 см диапазон еще шире – от 126 до 586,5 тыс. яиц. Такие же значительные колебания плодовитости наблюдаются у сазана в одних и тех же весовых категориях в год наблюдений. Эти колебания могут быть в 2–3 раза выше. Однако такая тенденция проявляется не во всех возрастных группах. Единственное исключение составляют четырехлетние самки, у которых колебания составили от 78 до 642 тыс. яиц, т.е. в 6 раз выше (рис. 8). На рис. 8 также показана взаимосвязь между абсолютной плодовитостью, длиной тела, весом и массой половых желез. Результаты демонстрируют относительно высокую корреляцию между абсолютной плодовитостью рыб и их длиной, массой тела ($r = 0,91$, $P < 0,01$) и массой гонад ($r = 0,95$, $P < 0,01$).

Заключение

Прежде всего, стоит отметить, что в настоящее время наблюдается недостаток информации о биологии сазана в Волго-Каспийском регионе, несмотря на его промысловую важность. В последние годы в связи с изменениями экологических условий обитания популяция мигрирующих сазана в дельту Волги и низовья дельты Волги заметно сократилась. Исследования показали, что ухудшение экологических условий отразилось на многих биологических показателях сазана: изменились сроки начала нереста (разгар нереста приходится на первую половину мая, после того как он выпустит первую порцию икры), продолжительность периода икрометания (они имеют большой диапазон), сократились нерестилища (более 70% площадей водоемов покрылись камышом); снизились репродуктивные способности. В то же время для успешного нереста и выживания мальков необходим оптимальный уровень воды после выхода первой порции.

Анализ соотношения самок и самцов показал, что зрелые самки играют ключевую роль в определении урожайности нерестовой операции. В результате этого создается впечатление, что нерест сазана в Иголкинском банке дельты Волги в исследуемый период был относительно слабым. Это может быть связано с селективностью используемых орудий лова, а также с тем, что производители сазана предпочитают более благоприятные условия для нереста и нагула молоди, возможно в верхних районах дельты Волго-Ахтубинской поймы и по рукавам Бузана [2, 33, 34].

Изучение роста и развития половых клеток и гонад в течение годового полового цикла позволило выявить, что как у самок, так и у самцов сазана гаметогенез более интенсивно протекает в осенний период (сентябрь – ноябрь) и зимуют они в IV стадии зрелости. По мере роста и развития половых клеток наблюдается увеличение ГСИ, причем максимальное увеличение этого показателя приходится на период завершения вителлогенеза.

Высокая абсолютная плодовитость сазана в Иголкинском банке дельты Волги объясняется порционностью икрометания и крупноразмерностью самок. Установлено, что относительная плодовитость сазана из восточных водоемов дельты Волги колеблется в пределах 76,8–283,2 шт./г массы тела. Однако расчет коэффициентов корреляции (R^2) указывает на отсутствие какой-либо прямой зависимости между относительной плодовитостью и длиной тела, массой и возрастом (коэффициенты корреляции статистически незначимы).

Таким образом, несмотря на изменения некоторых биологических параметров в рассматриваемом районе, сазан может быть отнесен к видам с высокой численностью популяции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чавычалова Н.И. Современные проблемы естественного воспроизводства рыб в низовьях Волги // Научный потенциал регионов на службу модернизации. 2013. № 2 (5). С. 80–87.
2. Чавычалова Н.И., Тарадина Д.Г., Васильченко О.М., Лардыгина Е.Г. Эффективность размножения полупроходных и речных рыб реки Волга в различные, по водности и режиму половодья, годовые периоды // Рыбное хозяйство. 2020. № 2. С. 67–73.
3. Иванов В.П., Комарова Г.В. Рыбы Каспийского моря (систематика, биология, промысел). Астрахань: АГТУ, 2012. С. 30–172.
4. Рабазанов Н.И., Шихибабеков М.М., Бархалов Р.М., Рамазанова Д.М., Набиев М.М. Эколого-морфофизиологические особенности репродуктивных циклов в условиях измененного экологического режима водоемов // Университетская экология : сб. науч. тр. Махачкала: ДГУ, 2009. Вып. 4. С. 302–304.
5. Бархалов Р.М. Экология размножения основных промысловых видов рыб из семейства Cyprinidae (воблы, кутума, леща, сазана и линя) и их современное состояние в Терско-Каспийском районе // Проблемы развития АПК региона. 2010. № 2. С. 65–75.
6. Бархалов Р.М., Мустафаев А.Р., Шихибабеков М.М. Экологические особенности воспроизводства сазана в Терско-Каспийском рыбохозяйственном подрайоне // Вестник Дагестанского государственного университета. Сер. 1: Естественные науки. 2014. № 6. С. 93–99.
7. Курбанов З.М., Зурхаева У.Д., Бархалов Р.М. Сезонные изменения микроструктуры ранних стадий оогенеза у сазана и воблы в условиях западного побережья Прикаспия // Вестник Дагестанского научного центра. 2019. № 74. С. 19–27.
8. Бархалов Р.М., Рабазанов Н.И., Чалаева С.А., Курбанов З.М., Гусейнов К.М., Шихибабекова Б.И. Биология сазана (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) в северной части Аграханского залива // Материалы национальной научно-практической конференции «Состояние и перспективы научно-технического развития рыбохозяйственного комплекса». Махачкала: ДГАУ, 2019. С. 29–39.
9. Абдусаматов А.С., Ахмаев Э.А., Латунев А.А., Абдусаматов Т.А., Бутаева А.К., Гусейнова С.А. Оценка эффективности естественного воспроизводства полупроходных и речных видов рыб во внутренних водных объектах Республики Дагестан // Юг России: экология, развитие. 2020. Т. 15, № 3. С. 31–42.
10. Ghelichi A., Akrami R., Bandani G.A., Jorjani S. Reproduction biology of female common carp (*Cyprinus carpio*) in southeast of the Caspian Sea (Miankale Fishing Station) // Iranian Journal of Natural Resources. 2010. Vol. 63, N 3. P. 197–208.
11. Vazirzadeh A., Yelghi S. Long-term changes in the biological parameters of wild carp (*Cyprinus carpio carpio*) from the south-eastern Caspian Sea // Iranian Journal of Science and Technology. 2015. Vol. 39. P. 391–397.
12. Abbasi K., Fereidoni A.E., Bourani M.S., Rahmani H. Study on main reproductive characteristics of wild common carp, *Cyprinus carpio*, in Anzali Lagoon // Wetland Ecobiology. 2022. Vol. 13, N 1. P. 61–80.
13. Andarz B., Kamali A., Keysami M.A., Islami H.R. Comparison of common carp (*Cyprinus carpio* L.) fecundity in two provinces of the southern part of the Caspian Sea in relation to the genetic variations // Iranian Journal of Fisheries Sciences. 2022. Vol. 21, N 4. P. 902–914.
14. Fazli H., Kaymaram F., Daryanabard G.R., Hoseini S.A., Bandani G.A., Larijani M.K., Yahyaei M. Population biology and stock status of common carp (*Cyprinus carpio*) in the Caspian Sea // Regional Studies in Marine Science. 2023. Vol. 68. P. 103272
15. Larijani M.K., Kordjazi Z., Patimar R., Bandani G.A., Ansari Z., Jafarian H.O. Biology of reproduction of sea carp (*Cyprinus carpio* Linnaeus 1758) in the southern shores of the Caspian Sea // Journal of Utilization and Cultivation of Aquatics. 2024. Vol. 12, N 4. P. 23–36.
16. Vayghan H.A., Ghanbarzadeh M. Stock status and fisheries reference points for common carp (*Cyprinus carpio*) in the Aras dam reservoir, the west Azerbaijan province // Iranian Journal of Applied Ecology. 2025. Vol. 13, N 2. P. 21–34.
17. Кузнецов Ю.А. Качественная структура, динамика численности, условия формирования и рациональное использование запасов сазана *Cyprinus carpio* (Linnaeus, 1758) в Волго-Каспийском районе : дис. ... канд. биол. наук: 03.00.10. Астрахань, 2006. 146 с.
18. Кузнецов Ю.А., Ижгерская В.А. Биология и современное состояние запасов сазана в Волго-Каспийском и Северо-Каспийском рыбохозяйственных подрайонах // Рыбохозяйственные исследования в низовьях реки Волги и Каспийском море. Астрахань, 2012. С. 117–119.
19. Шипулин С.В., Барабанов В.В., Левашина Н.В., Лепилина И.Н., Никитин Э.В., Васильченко О.В., Клюкина Е.А. Воспроизводство и состояние запасов водных биоресурсов в низовьях Волги в 2003–2022 гг. // Вопросы рыболовства. 2023. Т. 24, № 3. С. 96–119.

20. Бархалов Р.М. Методические указания по сбору и обработке ихтиологического материала. Махачкала: Ред.-изд. центр ДГПУ, 2014. 108 с.
21. Инструкции по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания / под ред. Г.А. Судакова. Астрахань: КаспНИРХ, 2011. С. 5–104.
22. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 376 с.
23. Чугунова Н.И. Методика изучения возраста и роста рыб. М.: Советская наука, 1959. С. 6–33.
24. Петлина А.П. Определение плодовитости и стадии зрелости рыб. Томск: ТГУ, 1987. 106 с.
25. Шихшабеков М.М. Методические указания по определению стадий зрелости гонад и половых продуктов некоторых промысловых рыб. М.: ВАСХНИЛ, 1980. 123 с.
26. Шихшабеков М.М., Абдурахманов Г.М., Гаджиев А.А., Бархалов Р.М. Морфогенез половых желез рыб. Махачкала: ДГУ, 2003. 72 с.
27. Tyler C.R., Sumpter J.P. Oocyte growth and development in teleosts // Reviews in fish biology and fisheries. 1996. Vol. 6, N 3. P. 287–318.
28. Шихшабеков М.М., Бархалов Р.М. Гаметогенез, половые циклы и экология нереста рыб (на примере семейства Serrinidae) в водоемах Терской системы. Махачкала, 2004. 162 с.
29. Тарадина Д.Г., Чавычалова Н.И. О естественном воспроизводстве полупроходных и некоторых речных видов рыб в низовьях р. Волга в 2011–2015 гг. // Труды ВНИРО. 2017. Т. 166. С. 85–108.
30. Никольский Г.В. Структура вида и закономерности изменчивости рыб. М.: Пищевая промышленность, 1980. 183 с.
31. Рост животных / под ред. С.Я. Капланского, М.С. Мицкевича, Б.П. Токина, И.И. Шмальгаузена. М.; Л.: Биомедгиз, 1935. С. 8–60.
32. Мина М.В., Клевезаль Г.А. Рост животных : анализ на уровне организма. М.: Наука, 1976. 291 с.
33. Аббакумов В.П. Перспективы развития рыбного хозяйства во внутренних водоемах Волго-Ахтубинской поймы // Рыбоводство и рыбное хозяйство. 2015. № 10. С. 3–9.
34. Сидорова М.А., Тарадина Д.Г., Аббакумов В.П. Состояние запасов и условий воспроизводства мелких пресноводных видов рыб в водоемах Волго-Ахтубинской поймы и Волго-Каспийского рыбопромыслового района // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань, 2004. С. 334–346.

Поступила в редакцию 20.11.2025 г.
Принята к печати 26.03.2026 г.

* * *

Попов Николай Николаевич, кандидат биологических наук, ведущий специалист, Научно-исследовательский центр «Казэкопроект»; e-mail: fish63@mail.ru

Nikolay N. Popov, Candidate of Biology, leading specialist, Kazekoproekt Scientific Research Center; e-mail: fish63@mail.ru

Бархалов Руслан Магомедович, кандидат биологических наук, и.о. зав. лабораторией морской биологии и аквакультуры, Прикаспийский институт биологических ресурсов Дагестанского федерального исследовательского центра РАН; старший научный сотрудник, Государственный природный биосферный заповедник «Дагестанский»; e-mail: barkhalov.ruslan@yandex.ru

Ruslan M. Barkhalov, Candidate of Biology, acting head of the Laboratory of Marine Biology and aquaculture, Precaspian Institute of Biological Resources of the Daghestan Federal Research Centre of RAS; senior researcher, Daghestan State Nature Biosphere Reserve; e-mail: barkhalov.ruslan@yandex.ru

Курочкина Татьяна Федоровна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности, Астраханский государственный университет; e-mail: kyrtf@mail.ru

Tatyana F. Kurochkina, Doctor of Biology, professor of the Department of Ecology, Nature Management, Land Management and Life Safety, Astrakhan State University; e-mail: kyrtf@mail.ru

Насибулина Ботагоз Мурасовна, доктор биологических наук, профессор кафедры экологии, природопользования, землеустройства и безопасности жизнедеятельности, Астраханский государственный университет; e-mail: aspu.nasibulina@yandex.ru

Botagoz M. Nasibulina, Doctor of Biology, professor of the Department of Ecology, Nature Management, Land Management and Life Safety, Astrakhan State University; e-mail: aspu.nasibulina@yandex.ru