

DOI 10.31029/vestdnc97/2

УДК 597.54-146.56: 597-147.3: 577.11 (262.81)

## ИССЛЕДОВАНИЕ РЕПРОДУКТИВНОГО ПОТЕНЦИАЛА КАСПИЙСКОГО ПУЗАНКА В РОССИЙСКОЙ ЗОНЕ КАСПИЙСКОГО МОРЯ

Н. В. Козлова<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0002-2840-9647

О. В. Макеева<sup>1</sup>, ORCID: 0009-0007-2003-7504

П. С. Таиров<sup>2</sup>, ORCID: 0009-0004-6517-7592

<sup>1</sup>Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Астрахань, Россия

<sup>2</sup>Западно-Каспийский отдел Волжско-Каспийского филиала  
ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»), Махачкала, Россия

## STUDY OF THE REPRODUCTIVE POTENTIAL OF *ALOSA CASPIA CASPIA* (EICHWALD, 1838) IN THE RUSSIAN ZONE OF THE CASPIAN SEA

Н. В. Козлова<sup>1</sup>, ORCID: 0000-0002-2840-9647

О. В. Макеева<sup>1</sup>, ORCID: 0009-0007-2003-7504

П. С. Таиров<sup>2</sup>, ORCID: 0009-0004-6517-7592

<sup>1</sup>Volga-Caspian branch of "VNIRO" ("CaspNIRKh"), Astrakhan, Russia,

<sup>2</sup>West Caspian Department of the State Research Center  
of the Russian Federation FGBNU «VNIRO» («CaspNIRKh»), Makhachkala, Russia

**Аннотация.** Цель исследования – изучить репродуктивный потенциал каспийского пузанка в российской зоне Каспийского моря в период 2020, 2022–2023 гг. В работе использованы ихтиологические, гистологические и биохимические методы исследования. Измеряли массу и длину рыб. Классическими методами гистологии изучали стадии зрелости гонад рыб, нарушения в ооцитах. В мышечной ткани и гонадах определяли концентрации общих липидов и водорасторимого белка. В результате исследований выявлено, что у самок каспийского пузанка в весенний период в Каспийском море преобладала IV стадия зрелости гонад. У особей фиксировали начало нереста и выметывание первой порции икры. При созревании гонад самок в исследуемый период регистрировали нарушения оогенеза. В яичниках IV стадии зрелости индивидуальный показатель резорбции составил от 9 до 33% ооцитов. Статистический анализ биохимических данных показал односторонний характер белкового обмена организма в нерестовый период. Отмечено перераспределение биохимических субстратов в органах, направленных на оптимизацию общих энергетических затрат для выполнения репродуктивной функции организма. Уровень липидных и белковых запасов в организме рыб, служащий индикатором благополучия стада и его воспроизводительных свойств, стабилен, за исключением 2020 г., когда отмечали пониженный уровень водорасторимого белка в мышцах, что, вероятно, объясняется компенсаторными затратами организма на осуществление репродуктивной функции.

**Abstract.** The research aim was to study the reproductive potential of the *Alosa caspia caspia* (Eichwald, 1838) in the Russian zone of the Caspian Sea during 2020, 2022–2023. Ichthyological, histological, and biochemical research methods were used in the work. Fish mass and length were measured. Classical histological methods were applied to study the maturity stages of fish gonads and disturbances in oocytes. Concentrations of total lipids and water-soluble protein were determined in muscle tissue and gonads. The research revealed that in female *Alosa caspia caspia* during the spring period in the Caspian Sea, stage IV gonad maturity predominated. The beginning of spawning and the release of the first batch of eggs were recorded in the specimens. During gonad maturation in the study period, disturbances in oogenesis were registered. In stage IV maturity ovaries, the individual resorption index ranged from 9 to 33% of oocytes. Statistical analysis of biochemical data showed a unidirectional nature of protein metabolism in the organism during the spawning period. A redistribution of biochemical substrates in the organs was noted, aimed at optimizing general energy costs for performing the organism's reproductive function. The level of lipid and protein reserves in the fish organism, serving as an indicator of the population's well-being and its reproductive properties, is stable, except for 2020, when a reduced level of water-soluble protein in the muscles was noted, which is likely explained by the organism's compensatory costs for realizing the reproductive function.

**Ключевые слова:** каспийский пузанок, стадии зрелости, резорбция, ооциты, гонады, мышцы, общие липиды, водорасторимый белок.

**Keywords:** *Alosa caspia*, maturity stages, resorption, oocytes, gonads, muscles, total lipids, water-soluble protein.

### Введение

Каспийский пузанок (*Alosa caspia caspia* (Eichwald, 1838)) является стайной пелагической рыбой Каспийского моря, относится к широко распространенному роду *Alosa*. Периоды нагула и зимовки

эти рыбы проводят в глубоководных частях Среднего и Южного Каспия. На нерест мигрируют в мелководный Северный Каспий. Особи являются порционно-нерестующими, нерестятся с апреля по июнь при температуре 14–24°C, при этом оптимальные нерестовые температуры – 18–22°C [1]. По данным Волжско-Каспийского филиала ГНЦ РФ ФГБНУ «ВНИРО», состояние производителей каспийского пузанка удовлетворительное и стабильное [2]. Ряд исследователей занимался изучением экологии морских сельдей Каспия, размерно-весовой и возрастной характеристики, численности и биомассы, динамики промысловых уловов [2–8]. Вопросы освещения функционального состояния организма морских сельдей, в особенности репродуктивного статуса, в литературе малоизучены [9; 10].

Цель работы – изучить репродуктивный потенциал каспийского пузанка в российской зоне Каспийского моря посредством исследования биохимических и морфогистологических показателей организма.

### Материалы и методы исследований

Для исследования репродуктивного потенциала рыб подобран комплекс показателей, включающих в себя оценку состояния их органов и тканей методами классической гистологии и функциональных изменений – методами биохимического анализа.

Отбор материала осуществляли в Северном Каспии в 2020 и 2022 гг., в Северном и Среднем Каспии в 2023 г. в апреле – мае, согласно инструкциям [11].

Определяли массу и длину особей согласно руководству по изучению рыб [12]. Стадии зрелости гонад (СЗГ) самок, уровень резорбции яичников исследовали стандартными гистологическими методами [13]. О нарушении в развитии гонад самки свидетельствовало обнаружение более 15% ооцитов с признаками резорбции от числа просмотренных. Окрашивание гистологических срезов тканей производили фуксином с докраской по Маллори. При исследовании гонад использовали обозначение стадий зрелости, описанных для морских рыб в работе Л.С. Овен [14]. В органах и тканях определяли содержание общих липидов модифицированным методом с фосфорно-ванилиновым реагентом по Цольнеру – Киршу [15] и концентрацию водорастворимого белка методом Варбурга и Христиана [16]. Объем обработанного материала составил 77 экз. рыб. Статистическую обработку биохимических данных проводили согласно методам, описанным в работах [17; 18]. Распределение данных определяли с помощью критерия Шапиро – Уилка. Для сравнения выборок по биохимическим показателям применяли критерий Краскела – Уоллеса. Корреляционную зависимость показателей рассчитывали по критерию Спирмена. Данные считали статистически достоверными при  $p < 0,05$ . Статистическая обработка данных выполнена в программе «Statistica 10».

### Результаты исследования

Диапазон длины и массы самок каспийского пузанка в исследованный период составили 14,0–22,0 см и 30,5–120,0 г соответственно.

Нерестовый период – наиболее уязвимый в жизненном цикле рыб. По своим параметрам (состояние производителей, половых желез, выживаемость на различных этапах онтогенеза молоди) он является чувствительным индикатором состояния среды [3].

Гистологическое исследование гонад самок каспийского пузанка показало, что в выборках 2020, 2022–2023 гг. преобладали особи с IV СЗГ (до 83%) (табл. 1, рис. 1а)

Таблица 1. Частота встречаемости самок каспийского пузанка с различной стадией зрелости гонад, %

Годы	Стадии зрелости гонад		
	IV	V	VI–III
2020	63	10	27
2022	74	5	21
2023	83	5	12

В исследуемые периоды у 5–10% рыб фиксировали начало нереста (V СЗГ) и выметывание первых порций икры (VI–III СЗГ) у 12–27% самок (рис. 1б).

---

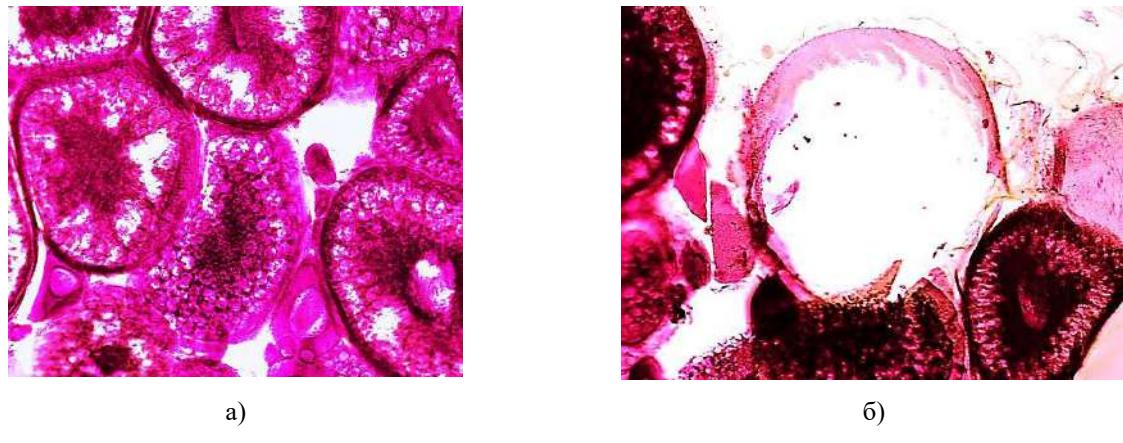


Рис. 1. Яичники каспийского пузанка: а) IV С3Г; б) VI– III С3Г.  
Увеличение 10×10

Гистологический анализ показал, что в яичниках большинства самок (до 74%) имели место нарушения оогенеза, что отмечалось преимущественно у рыб IV С3Г (рис. 2). При этом на гистологических срезах наблюдалось от 9 до 33% ооцитов с резорбцией. По результатам гистоморфологических исследований гонад самок каспийского пузанка наиболее ярко проявились изменения состояния цитоплазматического содержимого клетки. Нарушения имели место на различных этапах развития яйцеклеток с преобладанием таковых в группе наиболее зрелых.

В исследовании Т.С. Седовой и Н.Г. Колючаревой [6], посвященном долгинской сельди в Каспийском море, отмечено, что с увеличением возраста наблюдается рост доли особей с патологиями гонад. При этом наибольшая распространенность аномалий развития гонад зафиксирована у рыб, половые железы которых достигли IV и IV–V стадии зрелости. Согласно литературным данным [19] гонады другого представителя семейства Сельдевых (Clupeidae) – тихоокеанской сельди, достигшие IV стадии зрелости, в процессе подготовки к нересту теряют большое количество ооцитов.

В современный период в результате низкой промысловой нагрузки в популяциях морских сельдей Каспийского моря произошло накопление старшевозрастных рыб [2]. Ранее проведенными нами исследованиями [20] другого представителя семейства Сельдевых (Clupeidae) – проходной сельди-черноспинки установлено, что с увеличением размерно-линейных показателей и возраста рыб степень нарушений в гонадах повышается. Наличие резорбции ооцитов у каспийского пузанка, зимующего в Южном Каспии, может быть связано с условиями среды обитания, когда происходит основной рост и развитие ооцитов.

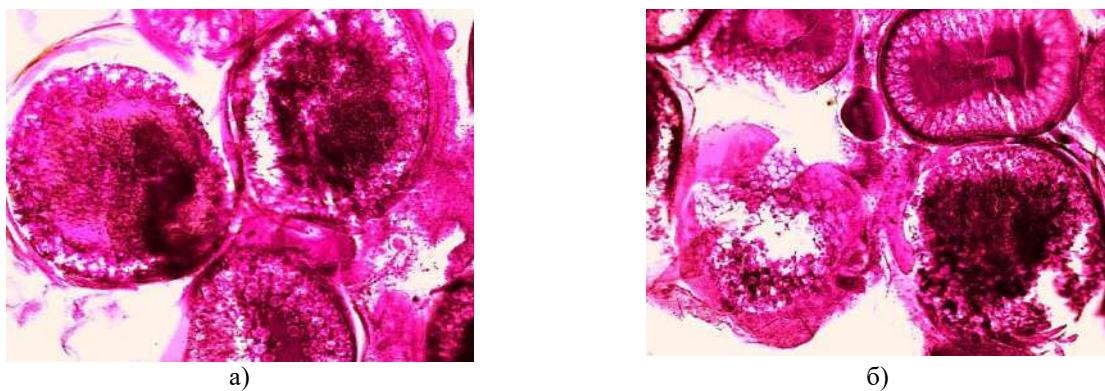


Рис. 2. Нарушения ооцитов в яичниках IV С3Г каспийского пузанка:  
а) изменение толщины оболочек клеток и неоднородность цитоплазмы; б) лизис желточных включений.  
Увеличение 10×10

Вследствие резорбции гонад у самок каспийского пузанка может быть незначительно снижена плодовитость, что не оказывает сильного воздействия на репродуктивную эффективность популяции. Научные исследования [21; 22] подтверждают, что резорбция ооцитов у рыб с порционным типом ик-

рометания существенно не влияет на их общую плодовитость, поскольку данный процесс компенсируется последующими порциями икры, в отличие от рыб с единовременным нерестом, у которых резорбция ооцитов приводит к необратимому снижению репродуктивного потенциала.

Гистологический анализ также показал, что в яичниках самок каспийского пузанка старшего возраста отмечена резорбция ооцитов. В морфологической картине нарушений выделяли изменение толщины оболочек клеток за счет разрастания желточных гранул (рис. 2а), лизис желточных включений (рис. 2б) и кариопикнозы. Наиболее ярко проявились остаточные явления распада желтка.

Нерест определяет характер динамики важнейших процессов в организме, в том числе изменение содержания липидов и белков. Содержание липидов и белков в организме гидробионтов – важный показатель репродуктивного статуса рыб [23–25].

В исследуемые периоды содержание общих липидов в мышечной ткани каспийского пузанка составляло по медиане от 2,24 до 3,63% (табл. 2). Концентрация водорастворимого белка в мышцах по медиане соответствовала 37,21 мг/г в 2020 г., 62,57 мг/г в 2022 г., 68,61 мг/г в 2023 г.

Статистический анализ не выявил достоверных межгодовых отличий в содержании общих липидов в мышцах. За исследуемый период в 2020 г. отмечены статистически пониженные концентрации мышечного белка ( $p < 0,05$ ) по сравнению с 2023 г.

Таблица 2. Биохимические показатели органов и тканей самок каспийского пузанка

Годы	Min	Max	Процентиль		
			25-я	50-я (медиана)	75-я
Общие липиды в мышцах, %					
2020	1,77	5,24	1,92	2,24	4,14
2022	1,23	4,30	2,27	3,63	3,88
2023	2,58	4,22	2,70	3,37	3,63
Водорастворимый белок в мышцах, мг/г					
2020	28,28	95,80	31,20	37,21	45,02
2022	44,88	73,81	47,89	62,57	66,63
2023	50,79	98,78	60,60	68,61	77,52
Общие липиды в гонадах, %					
2020	3,10	10,42	3,54	5,96	8,68
2022	2,75	6,56	4,62	5,21	5,55
2023	3,95	5,89	4,49	4,72	5,21
Водорастворимый белок в гонадах, мг/г					
2020	100,80	174,79	111,12	128,67	155,48
2022	111,55	202,96	116,56	140,50	166,29
2023	133,10	191,78	153,85	160,97	167,20

В 2020, 2022–2023 гг. зарегистрированные величины липидов в гонадах стабильны ( $p > 0,05$ ) при значениях медианы 4,72–5,96%. Концентрации водорастворимого белка в гонадах каспийского пузанка в исследуемые периоды были в пределах 128,67–160,97 мг/г по медиане (табл. 2). Статистический анализ не выявил достоверных различий в биохимических компонентах гонад при межгодовом сравнении.

Отмечена достоверная ( $p < 0,05$ ) положительная статистическая зависимость ( $r = +0,50$ ) между содержанием водорастворимого белка в мышцах и гонадах каспийского пузанка, что характеризует однонаправленный характер белкового обмена организма самок в нерестовый период. Выявленные отрицательные зависимости ( $p < 0,05$ ) между содержанием общих липидов в гонадах и водорастворимым белком в мышцах ( $r = -0,61$ ), концентрацией водорастворимого белка в гонадах и общих липидов в гонадах ( $r = -0,47$ ) свидетельствуют о перераспределении биохимических субстратов в органах, направленных на оптимизацию общих энергетических затрат для выполнения репродуктивной функции организма.

## Заключение

Методами биохимических и морфогистологических исследований изучен репродуктивный потенциал каспийского пузанка в Северном и Среднем Каспии в 2020, 2022–2023 гг. По результатам исследований самки находились преимущественно на IV С3Г. У рыб отмечалось начало нереста и выметывание первой порции икры. В яичниках большинства самок (до 74%) выявлены нарушения оогенеза, преимущественно у рыб IV С3Г. Нарушения в гонадах, выявленные в популяции, могут быть частично обусловлены присутствием особей старших возрастных групп, наряду с другими потенциальными факторами. Уровень липидных и белковых запасов в организме рыб, служащий индикатором благополучия стада и его воспроизводительных свойств, стабилен, за исключением 2020 г., когда отмечали пониженный уровень водорастворимого белка в мышцах, что, вероятно, объясняется компенсаторными затратами организма на осуществление репродуктивной функции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Куанышева Г.А., Канбетов А.Ш., Сокольский А.Ф. Исследования современного состояния ихтиофауны Каспийского моря // Евразийский союз ученых. 2015. № 7 (16). С. 114–117.
2. Зубкова Т.С., Разинов В.П. Морские мигрирующие сельди Каспийского моря // Вопросы рыболовства. 2022. № 23 (2). С. 51–62.
3. Зубкова Т.С. Биологические особенности воспроизводства долгинской сельди *Alosa braschnikowii braschnikowii* (Бородин) в северной части Каспийского моря : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Астрахань, 2007. 24 с.
4. Зубкова Т.С., Канатьев С.В. Каспийские сельди – перспективные объекты промысла // Рыбное хозяйство. 2016. № 3. С. 67–71.
5. Канбетов А.Ш., Попов Н.Н., Шайдуллина Ж.М. Промысел и биологические показатели каспийского пузанка в казахстанской части Северного Каспия // Universum: технические науки. 2020. № 3.1 (72.1). С. 7–10.
6. Седова Т.С., Ключарева Н.Г. Биологическое состояние долгинской сельди в нерестовый период 2002 г. // Рыбохозяйственные исследования на Каспии. Астрахань, 2003. С. 339–344.
7. Сулейманов С.Ш., Азизов А.П. Экологическое состояние долгинской сельди *Alosa braschnikowii braschnikowii* (Бородин) в Каспийском море // Вестник ВГУ. Сер.: Химия. Биология. Фармация. 2013. № 2. С. 143–148.
8. Сулейманов С.Ш., Сеид-рзаев М.М. Характеристика нерестового стада каспийского пузанка *Alosa caspia caspia* (Eichwald, 1838) у берегов Азербайджана // Вестник КГУ. 2012. № 4. С. 24–28.
9. Махлун А.В., Козлова Н.В. Физиологическая характеристика долгинской сельди в Северном Каспии // 15. Проблемы сохранения экосистемы Каспия в условиях освоения нефтегазовых месторождений : материалы IX научно-практической конференции с международным участием. Астрахань: Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО», 2023. С. 158–161.
10. Микодина Е.В., Кузнецова Е.Н., Седов С.И., Ключарева Н.Г., Седова М.А., Седова Т.С. Состояние половых желез каспийских сельдей // Современные проблемы Каспия : материалы международной конференции, посвященной 105-летию КаспНИРХ, 2002. С. 208–212.
11. Инструкции по сбору и первичной обработке материалов водных биоресурсов Каспийского бассейна и среды их обитания / под ред. С.Г. Судакова. Астрахань: КаспНИРХ, 2011. С. 5–104.
12. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищевая промышленность, 1966. 306 с.
13. Микодина Е.В., Седова М.А., Чмилевский Д.А., Микулин А.Е., Пьянкова С.В., Полуэктова О.Г. Гистология для ихтиологов: Опыт и советы. М.: ВНИРО, 2009. 112 с.
14. Овен Л.С. Особенности оогенеза и характер нереста морских рыб. Киев: Наукова думка, 1976. 132 с.
15. Кондрахин И.П. Методы ветеринарной клинической лабораторной диагностики: справочник. М.: КолосС, 2004. 520 с.
16. Детлаф Т.А., Бродский В.Я., Гаузе Г.Г. Методы биологии развития. Экспериментально-эмбриологические, молекулярно-биологические и цитологические. М.: Наука, 1974. 619 с.
17. Баврина А.П. Современные правила использования методов описательной статистики в медико-биологических исследованиях // Медицинский альманах. 2020. № 2 (63). С. 95–104.
18. Баврина А.П. Современные правила применения параметрических и непараметрических критериев в статистическом анализе медико-биологических данных // Медицинский альманах. 2021. № 1 (66). С. 64–73.
19. Трофимов И.К. О плодовитости тихоокеанской сельди *Clupea pallasii* озер Нерпичье, Калыгирь и Вилой (Восточная Камчатка) // Известия ТИНРО. 2006. Т. 146. С. 158–174.

20. Козлова Н.В., Макеева О.В., Никитин Ф.И., Войнова И.В. Физиологическое состояние самок сельди-черноспинки в период нерестовой миграции в р. Волга в 2019–2023 гг. // Вестник Дагестанского научного центра. 2024. № 93. С. 6–11.
21. Бархалов Р.М. Особенности развития и функционирования репродуктивной системы рыб (на примере семейства Cyprinidae) в изменившихся экологических условиях водоемов Северо-Западного Каспия : автореф. дис. ... канд. биол. наук. Махачкала, 2005. 26 с.
22. Рабазанов Н.И. Функциональные изменения гаметогенеза и полового цикла рыб в водоемах с нарушенным экологическим режимом : автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Махачкала, 2010. 56 с.
23. Паюта А.А., Флерова Е.А. Особенности накопления продуктов обмена веществ в мышечной ткани различных половозрастных групп леща ABRAMIS BRAMA L. Рыбинского водохранилища // Вестник АПК Верхневолжья. 2017. № 1(37). С. 23–28.
24. Шатуновский М.И. Экологические закономерности обмена веществ морских рыб. М.: Наука, 1980. 238 с.
25. Шульман Г.Е. Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. М.: Пищевая промышленность, 1972. 368 с.

Поступила в редакцию 18.03.2025 г.  
Принята к печати 28.06.2025 г.

\* \* \*

**Козлова Наталья Викторовна**, кандидат биологических наук, зав. лабораторией молекулярной генетики и физиологии, Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»); e-mail: kozlovanv@kaspnirh.vniro.ru

**Natalya V. Kozlova**, Candidate of Biology, head of Laboratory of Molecular Genetics and Physiology, Volga-Caspian branch of VNIRO (KaspNIRX); e-mail: kozlovanv@kaspnirh.vniro.ru

**Макеева Ольга Владимировна**, ведущий специалист лаборатории молекулярной генетики и физиологии, Волжско-Каспийский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»); e-mail: makeevaov@kaspnirh.vniro.ru

**Olga V. Makeeva**, leading specialist of the Laboratory of Molecular Genetics and Physiology, Volga-Caspian branch of VNIRO (KaspNIRX); e-mail: makeevaov@kaspnirh.vniro.ru

**Таиров Пирмурад Султанимуратович**, начальник отдела Западно-Каспийский, Волжско-Каспийский филиал ГНЦ РРФ ФГБНУ «ВНИРО» («КаспНИРХ»); e-mail: taibovps@kaspnirh.vniro.ru

**Pirmurad S. Taibov**, head of the West Caspian Department, Volga-Caspian branch of the State Research Center of the Russian Federation FGBNU «VNIRO» («CaspNIRKh»); e-mail: taibovps@kaspnirh.vniro.ru