



<https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2024-16-3-747-762>
<https://zoobank.org/References/86D2235E-E9B5-4925-863B-7D2476185D87>

УДК 597.2/5 (282.247.418)

Влияние температурного фактора на изменчивость продолжительности этапов развития молоди массовых рыб дельты Волги в экстремально маловодные годы

С. А. Подоляко^{1, 2✉}, К. В. Литвинов¹, П. А. Великоцкая¹

¹ Астраханский государственный природный биосферный заповедник, наб. реки Царев, д. 119, 414021, г. Астрахань, Россия

² Институт океанологии им. П. П. Ширшова РАН, Нахимовский пр-т, д. 36, 117997, г. Москва, Россия

Сведения об авторах

Подоляко Степан Александрович

E-mail: philopator@bk.ru

SPIN-код: 7769-9770

Scopus Author ID: 57191625250

ResearcherID: ACR-1964-2022

ORCID: 0000-0001-5357-5404

Литвинов Кирилл Васильевич

E-mail: kirilllitvinovsu@yandex.ru

SPIN-код: 3459-7478

Scopus Author ID: 57211325888

ResearcherID: AAU-5669-2021

ORCID: 0000-0001-9413-6440

Великоцкая Полина Андреевна

E-mail: velikotskayapolina@gmail.com

SPIN: 5292-9403

ORCID: 0009-0007-6210-180X

Аннотация. Проверена гипотеза влияния повышения температуры в нижней зоне дельты Волги на протяжении второй половины XX в. — первой четверти XXI в. на изменчивость продолжительности этапов развития молоди массовых видов рыб в нижней зоне дельты Волги в экстремально маловодные годы. При анализе использована база данных камеральной обработки молоди рыб Астраханского государственного заповедника. Достоверно выявлена обратная зависимость изменчивости продолжительности позднеличиночных этапов развития от термонакопления у краснопёрки и густеры.

Права: © Авторы (2024). Опубликовано Российским государственным педагогическим университетом им. А. И. Герцена. Открытый доступ на условиях лицензии CC BY-NC 4.0.

Ключевые слова: *Abramis brama*, *Cyprinus carpio*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Rutilus caspicus*, *Blicca bjoerkna*, дельта Волги, база данных, молодь рыб

The influence of temperature on the duration of development stages of juvenile fish in the Volga River delta in extremely low-water years

S. A. Podolyako^{1, 2✉}, K. V. Litvinov¹, P. A. Velikotskaya¹

¹ Astrakhan Nature Biosphere Reserve, 119 Tsarev River Emb., 414021, Astrakhan, Russia

² Shirshov Institute of Oceanology RAS, 36 Nakhimovsky Ave., 117997, Moscow, Russia

Authors

Stepan A. Podolyako

E-mail: philopator@bk.ru

SPIN: 7769-9770

Scopus Author ID: 57191625250

ResearcherID: ACR-1964-2022

ORCID: 0000-0001-5357-5404

Kirill V. Litvinov

E-mail: kirilllitvinovsu@yandex.ru

SPIN: 3459-7478

Scopus Author ID: 57211325888

ResearcherID: AAU-5669-2021

ORCID: 0000-0001-9413-6440

Polina A. Velikotskaya

E-mail: velikotskayapolina@gmail.com

SPIN: 5292-9403

ORCID: 0009-0007-6210-180X

Copyright: © The Authors (2024).

Published by Herzen State Pedagogical University of Russia. Open access under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. The paper tests the hypothesis that a temperature increase that the lower part of the Volga River delta has seen over the last 75 years has impacted the duration of development stages in common juvenile fish species. In particular, the paper examines the variability in the duration of development stages in extremely low-water years. The data were obtained from the statistical database on juvenile fish of the Astrakhan State Reserve. The study has found an inverse relationship between the variability of the duration of late larval development stages and thermal accumulation in common rudd and silver bream.

Keywords: *Abramis brama*, *Cyprinus carpio*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Rutilus caspicus*, *Blicca bjoerkna*, Volga delta, database, juvenile fishes

Введение

Дельта Волги — это сформировавшаяся в результате современных процессов дельтообразования (отложения и переотложения речных и частично морских наносов при взаимодействии реки и приемного водоема) часть устьевой области реки.

Согласно общепринятому физико-географическому районированию дельты Волги (Белевич 1963), ее подразделяют на собственно дельту и районы западных и восточных подступных ильменей. В собственно дельте Волги выделяют надводную часть, включающую верхнюю, среднюю и нижнюю зоны, и подводную часть (авандельту), объединяющую островную и открытую зоны авандельты, а также переходную полосу от надводной к подводной части дельты (култучную зону).

Надводная дельта характеризуется многочисленными многорукавными островами высотой 1,5–2 м над меженью и молодыми островами с еще более густой се-

тью мелких водотоков на мелкогребистых островных урочищах с валами от одного до полутора метров и ниже, култучно-ильменными и ильменными урочищами. К повышенным элементам рельефа относятся прирусловые валы, вытянутые вдоль обоих берегов водотоков (действующих и отмерших), высотой 1,5–2 м относительно межженного уровня воды и 0,2–0,5 м — в южной части нижней зоны. Молодые острова (до 50–70 лет) имеют блюдцевидную форму, образуя возвышения в виде прирусловых валов вдоль протоков и понижаясь к центральной части; старые острова имеют более выровненный рельеф.

Нерест многих видов рыб дельты Волги в естественных условиях проходит в полоях — временных водоемах, образуемых при затоплении центральной пониженной части островов дельты во время прохождения на Волге половодья — ежегодного подъема уровня воды в реке и ее рукавах. Также пологи образуются при затоплении котловин ильменей, высохших

к настоящему времени и заливаемых только в половодье. После окончания половодья и потери гидрологической связи полоев с протоком они образуют остаточные водоемы, которые постепенно высыхают.

Не подлежит сомнению, что «гидрологический режим дельты Волги является основной причиной перестроек водных экосистем и колебаний рыбных запасов Волго-Каспийского региона. Он определяется тремя основными факторами: подпорным влиянием уровня Каспийского моря, величиной стока Волги в период весенне-летнего половодья, параметрами весенне-летнего паводка» (Подоляко 2018).

Уровень Каспия оказывает подпорное влияние на уровни воды в низовьях дельты Волги только в периоды высокого стояния моря. (В нашей работе все значения уровней воды приведены к абсолютным значениям уровня моря по Балтийской системе (БС).) В периоды низкого стояния уровня моря (ниже $-27,80$ м БС) происходит гидравлический разрыв связи дельты и моря (Михайлов, Исупова 1997; Полонский и др. 1998). На протяжении XX в. произошло несколько регрессий и трансгрессий Каспийского моря с амплитудой колебаний уровня $2,3-3,5$ м (Болгов и др. 2007). В современный период наблюдается регрессия моря: за 2011–2023 гг. его среднегодовой уровень упал на $1,45$ м (с $-27,25$ до $-28,70$ м БС) (Информационный бюллетень... 2011; 2012а; 2012б; 2013а; 2013б; 2014а; 2014б; 2015а; 2015б; 2016а; 2016б; 2017а; 2017б; 2018а; 2018б; 2019а; 2019б; 2020а; 2020б; 2021а; 2021б; 2022а; 2022б; 2023). При этом «разрыв гидравлической связи стока Волги и уровня Каспия, приведший к исчезновению подпорного эффекта, произошел в начале 2011 г.» (Подоляко 2018).

В современных условиях (после 2015 г.) полыйная система низовьев дельты Волги формируется только в зависимости от сроков и продолжительности весенне-летних рыбохозяйственных попусков воды с плотины Волгоградской ГЭС (Подоляко 2018).

Суша нижней зоны представлена островами между протоками. В ходе естественных процессов происходит перестройка речной сети надводной части дельты: образуются новые водотоки и отмирают старые, не получающие достаточно водного питания. При этом образуются отмирающие ильмени, старицы, култуки (заливы, возникающие при отсечении части акватории выдвигающимися к морю надводными косами).

В последние два десятилетия (начиная с 2006 г.) в низовьях Волги продолжается период маловодного стока. Так, маловодными (сток во II квартале в период весенне-летнего паводка $114,9-85$ км³) были 2006, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014, 2021, 2022 гг., тогда как 2015 и 2019 гг. были экстремально маловодными (сток во II квартале — менее 85 км³). До этого периода наблюдали только один экстремально маловодный паводок, в 1975 г.

Экстремально маловодные паводки приводят к значительному сокращению срока обводнения пойменных нерестилищ (полоев) массовых видов рыб в дельте Волги. В связи с этим нам представляется актуальным изучение вопроса об адаптациях рыб к развитию молоди в условиях таких паводков, которые потенциально могли бы появиться за череду маловодных лет, и о возможных причинах таких адаптаций.

На основании того факта, что за период 1975–2019 гг. в нижней зоне дельты Волги среднегодовая температура воздуха неуклонно повышалась, достигнув разности в $1,3^{\circ}\text{C}$ (Благова 2019), нами была выдвинута гипотеза о существовании зависимости между продолжительностью этапов развития молоди рыб (по В. В. Васнецову (Коблицкая 1981)) и температурой воды в полыйных нерестилищах, поскольку в экстремально маловодные годы последние чрезвычайно мелководны и прогреваются практически синхронно с атмосферой.

Целью нашего исследования была проверка гипотезы влияния температуры воды в полых на изменчивость продолжительности этапов развития молоди рыб в нижней зоне дельты Волги.

Таблица 1

Продолжительность этапов развития молоди леща (в сутках) в водоемах Дамчикского участка Астраханского государственного заповедника

Table 1

Duration of development stages (in days) of juvenile common bream in the ponds of the Damchiksky cluster of the Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	1975	2019
B	11	11
C ₁	11	11
C ₂	11	11
D ₁	13	11
D ₂	10	12

Для достижения поставленной цели нами были определены следующие задачи:

1. Изучить на основе бессрочно продолжаемых рядов мониторинговых данных изменчивость продолжительности ювенальных (предличиночных, личиночных и мальковых) этапов развития массовых видов рыб в пойменной системе нижней зоны дельты Волги.

2. Определить наличие или отсутствие корреляции коэффициента изменения температуры воды с изменчивостью продолжительности ювенальных этапов развития массовых видов рыб в пойменной системе нижней зоны дельты Волги.

Материал и методы исследований

В Астраханском государственном заповеднике непрерывные многолетние ряды

данных камеральной обработки проб молоди рыб стали вести с 1953 г. (Подолько, Литвинов 2022). Эти ряды данных объединены в электронную «Базу данных камеральной обработки проб молоди рыб Астраханского государственного заповедника».

Считаем необходимым «кратко охарактеризовать собственно метод сбора первичных данных, применяемый без изменений уже более 70 лет (1953–2023 гг.), что позволяет свободно соотнести между собой данные разных периодов (Подолько, Литвинов 2023).

Традиционно «лов молоди рыб в заповеднике проводят на многолетних ихтиологических стационарах в течение безлестного периода. Для лова используют разнообразные орудия: шестиметровую мальковую волокушу (тканку), ихтиоло-

Таблица 2

Продолжительность этапов развития молоди сазана (в сутках) в водоемах Дамчикского участка Астраханского государственного заповедника

Table 2

Duration of development stages (in days) of juvenile common carp in the ponds of the Damchiksky cluster of the Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	1975	2019
B	2	2
C ₁	7	7
C ₂	5	5
D ₁	18	18
D ₂	21	21

Таблица 3

Продолжительность этапов развития молоди красноперки (в сутках) в водоемах Дамчикского участка Астраханского государственного заповедника

Table 3

Duration of development stages (in days) of juvenile common rudd in the ponds of the Damchiksky cluster of the Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	1975	2019
B	—	—
C ₁	—	—
C ₂	—	—
D ₁	2	7
D ₂	2	7

гический сачок, икорную сеть, мальковый бредень. При камеральной обработке пробы определяют видовую принадлежность, морфологические (длина, вес) и физиологические (этап развития) характеристики рыб» (Литвинов, Подоляко 2015).

В качестве контрольных нами были использованы данные за 1975 г. (объем стока в период паводка — 75,2 км³). Это первый за всю историю наблюдений экстремально маловодный год, бывший исключением в период с высокой водностью стока Волги в 60–70-е гг. XX в. (Петреченкова, Радованова 2018). Их мы сравнивали с данными за экстремально маловодный 2019 г. (объем стока в период паводка — 84,4 км³).

Согласно базе данных, в весенне-летний период 1975 г. (апрель — июль) в

результате 58 ловов молоди рыб (30 — в нижней зоне дельты, 28 — в островной зоне авандельты) было поймано 6637 экземпляров.

В 2019 г. за этот же период в результате 99 ловов молоди рыб (39 — в нижней зоне дельты, в том числе в култушной зоне — 6, 60 — в островной зоне авандельты) был пойман 671 экземпляр.

Изучали следующие массовые виды рыб: сазан *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758; лещ *Abramis brama* (Linnaeus, 1758); обыкновенная густера *Blicca bjoerkna* (Linnaeus, 1758); вобла *Rutilus caspicus* (Yakovlev, 1870); обыкновенная красноперка *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758). У видов с порционным нерестом (густеры и красноперки) учитывали только молодь первой генерации.

Таблица 4

Продолжительность этапов развития молоди воблы (в сутках) в водоемах Дамчикского участка Астраханского государственного заповедника

Table 4

Duration of development stages (in days) of juvenile Caspian roach in the ponds of the Damchiksky cluster of the Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	1975	2019
B	—	—
C ₁	7	8
C ₂	11	11
D ₁	15	17
D ₂	21	22

Таблица 5

Продолжительность этапов развития молоди густеры (в сутках) в водоемах Дамчикского участка Астраханского государственного заповедника

Table 5

Duration of development stages (in days) of juvenile silver bream in the ponds of the Damchiksky cluster of the Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	1975	2019
B	—	—
C ₁	11	11
C ₂	11	11
D ₁	3	3
D ₂	3	3

Всего в нашем исследовании было использовано 9340 строк базы данных.

Наблюдения за гидрологическим режимом (уровнем и температурой) проводили по гидропосту в протоке Быстрая у кордона № 3 Дамчикского участка Астраханского государственного заповедника и по посту на пойменном нерестилище за кордоном № 3 (в 1975 г. нуль рейки гидропоста в протоке Быстрая был приведен к значению –26,154 м, в 2019 г. — к значению –28,00 м).

Продолжительность ювенольного этапа развития мы определяли как разность дат, в которые молодь рыб на данном этапе была массовой (не менее 50% от общего числа экземпляров данного вида в пробе).

Коэффициент изменчивости определяли как отношение продолжительности ювенольного этапа развития (в сутках) в 2019 г. к продолжительности этапа развития в 1975 г.

Такой показатель, как термонакопление, определяли как сумму среднесуточных температур воды (в градусах Цельсия) в протоке Быстрая за период этапа развития.

Коэффициент изменения термонакопления определяли как отношение значения термонакопления в 2019 г. к аналогичному значению в 1975 г.

Корреляцию температуры воды с изменчивостью продолжительности ювенольных этапов развития рыб определяли через значение коэффициента корреляции Пирсона.

Таблица 6

Термонакопление в периоды прохождения этапов развития молоди леща в водоемах нижней зоны дельты Волги на Дамчикском участке Астраханского государственного заповедника

Table 6

Thermal accumulation during the development stages of common bream in the ponds of the lower Volga delta, Damchiksky cluster, Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	Термонакопление (°C) / Thermal accumulation (°C)	
	1975	2019
B	213,1	200,3
C ₁	213,1	200,3
C ₂	213,1	200,3
D ₁	281,2	336,8
D ₂	255,6	447,2

Таблица 7

Термонакопление в периоды прохождения этапов развития молоди сазана в водоемах нижней зоны дельты Волги на Дамчикском участке Астраханского государственного заповедника

Table 7

Thermal accumulation during the development stages of common carp in the ponds of the lower Volga delta, Damchiksky cluster, Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	Термонакопление (°C) / Thermal accumulation (°C)	
	1975	2019
B	35,9	34,2
C ₁	130,6	122,9
C ₂	92,0	86,2
D ₁	351,2	336,8
D ₂	460,6	447,2

Результаты и обсуждение

Продолжительность ювенольного этапа развития мы определяли как разность дат, в которые молодь рыб на данном этапе была массовой (не менее 50% от общего числа экземпляров данного вида в пробе).

В случае, если встречи молоди ограничивались одной пробой, их принимали за отсутствие данных и продолжительности этапа (в табл. 1–5 отсутствие данных показано прочерком).

Изменчивость продолжительности этапов развития молоди рыб определяли как отношение продолжительности соответствующих этапов в 2019 г. к продолжительности этапов в 1975 г. При наличии данных

только по одному году результирующие данные считали отсутствующими.

Изменчивость продолжительности этапов развития молоди леща в авандельте не отмечена. В нижней зоне дельты продолжительность пред- и раннеличиночных этапов также не изменилась. Сократилась на 15% продолжительность этапа D₁ и возросла на 20% продолжительность этапа D₂, таким образом, суммарная продолжительность позднеличиночных этапов увеличилась у леща на 5%.

Изменчивость продолжительности этапов развития молоди сазана не отмечена ни в полях нижней зоны, ни в авандельте.

У красноперки было отмечено увеличение продолжительности отдельных этапов

Таблица 8

Термонакопление в периоды прохождения этапов развития молоди красноперки в водоемах нижней зоны дельты Волги на Дамчикском участке Астраханского государственного заповедника

Table 8

Thermal accumulation during the development stages of common rudd in the ponds of the lower Volga delta, Damchiksky cluster, Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	Термонакопление (°C) / Thermal accumulation (°C)	
	1975	2019
B	—	—
C ₁	—	—
C ₂	—	—
D ₁	45,3	158,4
D ₂	45,3	158,4

Таблица 9

Термонакопление в периоды прохождения этапов развития молоди воблы в водоемах нижней зоны дельты Волги на Дамчикском участке Астраханского государственного заповедника

Table 9

Thermal accumulation during the development stages of Caspian roach in the ponds of the lower Volga delta, Damchiksky cluster, Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	Термонакопление (°C) / Thermal accumulation (°C)	
	1975	2019
B	—	—
C ₁	130,6	122,9
C ₂	213,1	200,3
D ₁	319,0	307,4
D ₂	460,6	447,2

развития как в нижней зоне, так и в авандельте. В авандельте на 30% увеличилась продолжительность предличиночного этапа В. В нижней зоне дельты отмечена изменчивость продолжительности позднеличиночных этапов развития молоди красноперки на 35%.

У воблы было отмечено увеличение продолжительности отдельных этапов развития в нижней зоне: на 14% увеличилась продолжительность раннеличиночного этапа С₁ и позднеличиночных этапов.

Изменчивость продолжительности этапов развития молоди густеры в полях нижней зоны не отмечена (данные по авандельте отсутствуют).

Поскольку изменчивость продолжительности ювенальных этапов развития рыб в авандельте была выявлена только у одного вида, на настоящем этапе исследований мы ограничились рассмотрением

вопроса корреляции температуры воды с изменчивостью продолжительности этапов развития молоди рыб в нижней зоне дельты Волги.

Вычисляли такой показатель, как термонакопление, определяемый нами как сумма среднесуточных температур воды (в градусах Цельсия) в протоке Быстрая за период прохождения этапа развития.

Наибольшее значение термонакопления для молоди леща в 1975 г. было на этапе D₁, в 2019 г. — на этапе D₂ (табл. 6).

Наибольшее значение термонакопления для молоди сазана как в 1975 г., так и в 2019 г. отмечалось на этапе D₂ (табл. 7).

Разность в значениях термонакопления для молоди красноперки в 1975 г. и в 2019 г. не была отмечена (табл. 8).

Наибольшее значение термонакопления для молоди воблы как в 1975 г., так и в 2019 г. было на этапе D₂ (табл. 9).

Таблица 10

Термонакопление в периоды прохождения этапов развития молоди густеры в водоемах нижней зоны дельты Волги на Дамчикском участке Астраханского государственного заповедника

Table 10

Thermal accumulation during the development stages of silver bream in the ponds of the lower Volga delta, Damchiksky cluster, Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	Термонакопление (°C) / Thermal accumulation (°C)	
	1975	2019
B	—	—
C ₁	213,1	200,3
C ₂	213,1	200,3
D ₁	68,6	68,1
D ₂	68,6	68,1

Таблица 11

Коэффициент изменения термонакопления в период прохождения этапов развития молоди рыб в водоемах нижней зоны дельты Волги на Дамчикском участке Астраханского государственного заповедника

Table 11

Thermal accumulation variation coefficient during the development stages of juvenile fish in the ponds of the lower Volga delta, Damchiksky cluster, Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	Коэффициент изменения термонакопления Thermal accumulation variation coefficient				
	Лещ Common bream	Сазан Common carp	Краснопёрка Common rudd	Вобла Caspian roach	Густера Silver bream
B	0,94	0,95	—	—	—
C ₁	0,94	0,94	—	0,94	0,94
C ₂	0,94	0,94	—	0,94	0,94
D ₁	1,20	0,96	3,50	0,96	0,99
D ₂	1,75	0,97	3,50	0,97	0,99

Наибольшее значение термонакопления для молоди густеры как в 1975 г., так и в 2019 г. было на этапах C₁ и C₂ (табл. 10).

На следующем этапе был вычислен коэффициент изменения термонакопления, выражаемый как отношение значения термонакопления в 2019 г. к аналогичному значению в 1975 г. (табл. 11).

Корреляцию температуры воды с изменчивостью продолжительности ювенальных этапов развития рыб определяли через значение коэффициента корреляции Пирсона. Корреляцию мы принимали достоверной при отклонении значения коэффициента корреляции от единицы не более чем на 5% (диапазон допустимых значений 0,95–1,05).

Достоверная корреляция температуры воды с изменчивостью продолжительности ювенальных этапов развития леща и воблы в водоемах нижней зоны Астраханского государственного заповедника в экстремально маловодные годы не отмечена (табл. 12).

Корреляция температуры воды с изменчивостью продолжительности ювенальных этапов развития сазана в водоемах нижней зоны Астраханского государственного заповедника в экстремально маловодные годы достоверна на этапах развития B, D₁ и D₂ и близка к ней на раннеличиночных этапах.

Выявлена достоверная корреляция температуры воды с изменчивостью продолжительности позднеличиночных этапов раз-

Таблица 12

Корреляция температуры воды с изменчивостью продолжительности ювенальных этапов развития рыб в водоемах нижней зоны дельты Волги на Дамчикском участке Астраханского государственного заповедника

Table 12

Correlation between the water temperature and duration of the development stages of juvenile fish in the ponds of the lower Volga delta, Damchiksky cluster, Astrakhan State Nature Reserve

Этап развития Development stage	Коэффициент корреляции Пирсона / Pearson correlation coefficient				
	Лещ Common bream	Сазан Common carp	Краснопёрка Common rudd	Вобла Caspian roach	Густера Silver bream
B	0,94	0,95	—	—	—
C ₁	0,94	0,94	—	0,82	0,94
C ₂	0,94	0,94	—	0,94	0,94
D ₁	1,41	0,96	1,00	0,84	0,99
D ₂	1,46	0,97	1,00	0,85	0,99

вития красноперки в водоемах нижней зоны Астраханского государственного заповедника в экстремально маловодные годы.

Достоверная корреляция температуры воды с изменчивостью продолжительности ювенальных этапов развития густеры в водоемах нижней зоны Астраханского государственного заповедника в экстремально маловодные годы выявлена на позднеличиночных этапах развития и не отмечается на раннеличиночных.

Итак, было установлено, что изменчивость продолжительности этапов развития проявляется в тенденции к увеличению продолжительности позднеличиночных этапов у леща, воблы и особенно у красноперки при развитии на нерестилищах западной части нижней зоны дельты Волги. Для авандельтовых нерестилищ такая тенденция прослеживается только у красноперки.

Таким образом, потепление в низовьях Волги, хотя и оказывает влияние на развитие молоди сазана, в долгосрочной перспективе (на примере сравнения 1975 и 2019 гг.) не ведет к изменчивости продолжительности этапов развития его на пойменных нерестилищах нижней зоны дельты Волги в экстремально маловодные годы. У красноперки и густеры влияние температуры, напротив, прослеживается максимально достоверно: увеличение термонакопления в полах ведет к увеличению в экстремально маловодные годы продолжительности позднеличиночных этапов развития этих видов.

Достоверной корреляции влияния температуры воды на изменчивость продолжительности ювенальных этапов развития леща воблы в водоемах нижней зоны Астраханского государственного заповедника в экстремально маловодные годы не отмечено.

Необходимо также отметить, что данное исследование выполнено только по двум наименее водным годам. В дальнейшем авторы планируют расширить исследование за счет данных по ряду многоводных, средневодных и маловодных лет за период 1953–2023 гг., что позволит уточнить и дополнить полученные результаты.

Заключение

В результате проведенного исследования нами были получены следующие результаты:

1. Установлено, что изменчивость продолжительности этапов развития (по В. В. Васнецову) проявляется в тенденции к увеличению продолжительности позднеличиночных этапов у леща, воблы и особенно у красноперки при развитии на нерестилищах западной части нижней зоны дельты Волги. Для авандельтовых нерестилищ такая тенденция прослеживается только у красноперки на этапе развития В.

2. Определено, что потепление в низовьях Волги в XX — начале XXI в., хотя и оказывает влияние на развитие молоди сазана, в долгосрочной перспективе (на примере сравнения 1975 и 2019 гг.) не ведет к изменчивости продолжительности этапов развития его на пойменных нерестилищах нижней зоны дельты Волги в экстремально маловодные годы.

3. У красноперки и густеры влияние температуры на изменчивость продолжительности этапов развития прослеживается максимально достоверно: увеличение термонакопления в полах ведет к увеличению в экстремально маловодные годы продолжительности позднеличиночных этапов развития этих видов.

4. Достоверной корреляции влияния температуры воды на изменчивость продолжительности ювенальных этапов развития леща и воблы в водоемах нижней зоны Астраханского государственного заповедника в экстремально маловодные годы не отмечено.

Финансирование

Работа по сбору, камеральной обработке материала, набору базы данных камеральной обработки проб молоди рыб Астраханского государственного заповедника выполнена в рамках госзадания ФБГУ «Астраханский государственный заповедник» (тема № 1220516000164-4).

Работа по анализу и интерпретации базы данных камеральной обработки проб молоди рыб выполнена в рамках госзадания ИО РАН (тема № FMWE-2024-0018).

Литература

- Белевич, Е. Ф. (1963) Районирование дельты Волги. В кн.: К. А. Воробьев (ред.). *Фауна и экология птиц дельты Волги и побережий Каспия*. Астрахань: Волга, с. 401–421. (Труды Астраханского государственного заповедника. Вып. 8).
- Благова, Ю. А. (2019) Предварительные итоги метеорологического мониторинга в Астраханском заповеднике. В кн.: *Природные экосистемы Каспийского региона: прошлое, настоящее, будущее. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием, посвященной 100-летию Астраханского государственного заповедника*. Астрахань: Мир, с. 239–242.
- Болгов, М. В., Красножон, Г. Ф., Любушин, А. А. (2007) *Каспийское море: экстремальные гидрологические события*. М.: Наука, 381 с.
- Информационный бюллетень № 2. 1 августа 2011 г. (2011) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin2_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 3. 10 января 2012 г. (2012a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin3_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 4. 10 августа 2012 г. (2012b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin4_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 5. 25 марта 2013 г. (2013a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin5_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 6. 1 октября 2013 г. (2013b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin6_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 7. 5 февраля 2014 г. (2014a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin7_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 8. 1 ноября 2014 г. (2014b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin8_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 9. 16 марта 2015 г. (2015a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin9_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 10. 5 октября 2015 г. (2015b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin10_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 11. 13 апреля 2016 г. (2016a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin11_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 12. 12 сентября 2016 г. (2016b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin12_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 13. 25 марта 2017 г. (2017a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin13_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).

- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 14. 4 сентября 2017 г. (2017b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin14_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 15. 15 марта 2018 г. (2018a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin15_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 16. 27 сентября 2018 г. (2018b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin16_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 17. 25 марта 2019 г. (2019a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin17_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 18. 30 сентября 2019 г. (2019b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_Bulletin_No.18_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 19. 7 мая 2020 г. (2020a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2019_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 20. 30 октября 2020 г. (2020b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2020_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 21. 14 мая 2021 г. (2021a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2021_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 22. 16 ноября 2021 г. (2021b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2022_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 23. 13 мая 2022 г. (2022a) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2023_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 24. 25 ноября 2022 г. (2022b) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2024_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Информационный бюллетень о состоянии уровня Каспийского моря № 25. 17 мая 2023 г. (2023) *Координационный комитет по гидрометеорологии и мониторингу загрязнения Каспийского моря (КАСПКОМ)*. [Электронный ресурс]. URL: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2025_1.pdf (дата обращения 27.11.2023).
- Коблицкая, А. Ф. (1981) *Определитель молоди пресноводных рыб*. 2-е изд. М.: Легкая и пищевая промышленность, 208 с.
- Литвинов, К. В., Подоляко, С. А. (2015) *Методические основы ведения многолетних рядов данных по первичноводным организмам в Астраханском государственном заповеднике*. Астрахань: Сорокин Роман Васильевич, 28 с.
- Михайлов, В. Н., Исупова, М. В. (1997) Влияние современных изменений уровня Каспийского моря на режим дельты Волги. *Вестник Московского государственного университета. Серия 5. География*, № 6, с. 46–52.
- Петреченкова, В. Г., Радованова, И. Г. (2018) Об уменьшении суммарного стока р. Волги в половодье. В кн.: С. С. Чернов (ред.). *Сборник материалов III международной научно-практической конференции «Исследования и разработки в перспективных научных областях»*. Новосибирск: Центр развития научного сотрудничества, с. 23–28.

- Подоляко, С. А. (2018) Условия формирования полойной системы нижней зоны дельты Волги (2011–2015). В кн.: *Труды Астраханского государственного заповедника. Вып. 17*. Воронеж: Фаворит, с. 103–112.
- Подоляко, С. А., Литвинов, К. В. (2022) Создание базы данных контрольных уловов Астраханского государственного заповедника. В кн.: Ю. М. Беликов (ред.). *Актуальные проблемы геоэкологии и природопользования: материалы I Международной научно-практической конференции*. Краснодар: Изд-во Кубанского государственного университета, с. 341–343.
- Подоляко, С. А., Литвинов К. В. (2023) Создание базы данных камеральной обработки проб молоди рыб Астраханского государственного заповедника. *Астраханский вестник экологического образования*, № 5 (77), с. 202–203. <https://www.doi.org/10.36698/2304-5957-2023-5-202-203>
- Подоляко, С. А., Литвинов, К. В., Корнеев, Е. В. (2022) Размерно-весовой состав рыб в Астраханском государственном заповеднике в контрольных уловах во время летне-осеннего нагульного периода 1975 и 2019 годов. В кн.: *Мониторинг состояния природных комплексов и многолетние исследования на особо охраняемых природных территориях. Вып. 6*. Шушенское: Объединенная дирекция заповедника «Саяно-шушенский» и национального парка «Шушенский бор», с. 98–103.
- Полонский, В. Ф., Михайлов, В. Н., Кирьянов, С. В. (ред.). (1998) *Устьевая область Волги: гидролого-морфологические процессы, режим загрязняющих веществ и влияние колебаний Каспийского моря*. М.: ГЕОС, 280 с.

References

- Belevich, E. F. (1963) Rajonirovanie del'ty Volgi [Zoning of the Volga delta]. In: K. A. Vorob'ev (ed.). *Fauna i ekologiya ptits del'ty Volgi i poberezhij Kaspiya [Fauna and ecology of birds of the Volga delta and the Caspian coast]*. Astrakhan: Volga Publ., pp. 401–421. (Trudy Astrakhanskogo gosudarstvennogo zapovednika [Proceedings of Astrakhan State Reserve]. Iss. 8). (In Russian)
- Blagova, Yu. A. (2019) Predvaritel'nye itogi meteorologicheskogo monitoringa v Astrakhanskom zapovednike [The preliminary results of the meteorological monitoring in the Astrakhan Nature Reserve]. In: *Prirodnye ekosistemy Kaspijskogo regiona: proshloe, nastoyashchee, budushchee. Materialy Vserossijskoj nauchnoj konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem, posvyashchennoj 100-letiyu Astrakhanskogo gosudarstvennogo zapovednika [Natural ecosystems of the Caspian region: Past, present, future. Proceedings of the All-Russian scientific conference with international participation dedicated to the 100th anniversary of the Astrakhan Nature Reserve]*. Astrakhan: Mir Publ., pp. 239–242. (In Russian)
- Bolgov, M. V., Krasnozhon, G. F., Lyubushin, A. A. (2007) *Kaspijskoe more: ekstremal'nye gidrologicheskie sobytiya [Caspian Sea: Extreme hydrological events]*. Moscow: Nauka Publ., 381 p. (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' no. 2. 1 avgusta 2011 g. [Information Bulletin no. 2. 1 August 2011]. (2011) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin2_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 3. 10 yanvarya 2012 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 3. 10 January 2012]. (2012a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin3_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 4. 10 avgusta 2012 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 4. 10 August 2012]. (2012b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin4_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 5. 25 marta 2013 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 5. 25 March 2013]. (2013a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin5_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)

- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 6. 1 oktyabrya 2013 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 6. 1 October 2013]. (2013b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin6_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 7. 5 fevralya 2014 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 7. 5 February 2014]. (2014a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin7_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 8. 1 noyabrya 2014 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 8. 1 November 2014]. (2014b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin8_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 9. 16 marta 2015 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 9. 16 March 2015]. (2015a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin9_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 10. 5 oktyabrya 2015 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 10. 5 October 2015]. (2015b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin10_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 11. 13 aprelya 2016 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 11. 13 April 2016]. (2016a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin11_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 12. 12 sentyabrya 2016 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 12. 12 September 2016]. (2016b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin12_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 13. 25 marta 2017 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 13. 25 March 2017]. (2017a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin13_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 14. 5 sentyabrya 2017 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 14. 5 September 2017]. (2017b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin14_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 15. 15 marta 2018 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 15. 15 March 2018]. (2018a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin15_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)

- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 16. 28 sentyabrya 2018 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 16. 28 September 2018]. (2018b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin16_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 17. 25 marta 2019 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 17. 25 March 2019]. (2019a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin17_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 18. 30 sentyabrya 2019 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 18. 30 September 2019]. (2019b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM_bulletin18_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 19. 7 maya 2020 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 19. 7 May 2020]. (2020a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2019_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 20. 30 oktyabrya 2020 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 20. 30 October 2020]. (2020b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2020_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 21. 14 maya 2021 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 21. 21 May 2021]. (2021a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2021_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 22. 16 noyabrya 2021 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 22. 16 November 2021]. (2021b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2022_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 23. 13 maya 2022 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 23. 13 May 2022]. (2022a) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2023_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 24. 25 noyabrya 2022 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 24. 25 November 2022]. (2022b) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2024_2.pdf (accessed 27.11.2023).
- Informatsionnyj byulleten' o sostoyanii urovnya Kaspijskogo morya no. 25. 17 maya 2023 g. [Information Bulletin on the state of the Caspian Sea level no. 25. 25 May 2023]. (2023) *Koordinatsionnyj komitet po gidrometeorologii i monitoringu zagryazneniya Kaspijskogo morya (KASPKOM) [Coordinating Committee on Hydrometeorology and Pollution Monitoring of the Caspian Sea (CASPCOM)]*. [Online]. Available at: http://www.caspc.com/files/CASPCOM%20Bulletin%20No.%2025_2.pdf (accessed 27.11.2023). (In Russian)

- Koblitskaya, A. F. (1981) *Opredelitel' molodi presnovodnykh ryb [Juvenile freshwater fish guide]*. 2nd ed. Moscow: Legkaya i pishcheyaya promyshlennost' Publ., 208 p. (In Russian)
- Litvinov, K. V., Podolyako, S. A. (2015) *Metodicheskie osnovy vedeniya mnogoletnikh ryadov dannykh po pervichnovodnym organizmam v Astrakhanskom gosudarstvennom zapovednike [The methodological basis for the maintaining long-term data series on the primary aquatic organisms in the Astrakhan State Nature Reserve]*. Astrakhan: Sorokin Roman Vasil'evich Publ., 28 p. (In Russian)
- Mikhailov, V. N., Isupova, M. V. (1997) Vliyanie sovremennykh izmenenij urovnya Kaspijskogo morya na rezhim del'ty Volgi [The influence of modern changes in the level of the Caspian Sea on the regime of the Volga delta]. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 5. Geografiya*, no. 6, pp. 46–52. (In Russian)
- Petrenchenkova, V. G., Radovanova, I. G. (2018) Ob umen'shenii summarnogo stoka r. Volgi v polovod'e [On the decrease in the total flow of the Volga during floods]. In: S. S. Chernov (ed.). *Sbornik materialov III mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii "Issledovaniya i razrabotki v perspektivnykh nauchnykh oblastiakh" [Proceedings of the III international scientific and practical conference "Research and development in promising scientific fields"]*. Novosibirsk: Tsentrazvitiya nauchnogo sotrudnichestva Publ., pp. 23–28. (In Russian)
- Podolyako, S. A. (2018) Usloviya formirovaniya poloynoy sistemy nizhnej zony del'ty Volgi (2011–2015) [Conditions for the formation of the hollow system of the lower zone of the Volga delta (2011–2015)]. In: *Trudy Astrakhanskogo gosudarstvennogo zapovednika. Vyp. 17 [Proceedings of the Astrakhan State Reserve. Iss. 17]*. Voronezh: Favorit Publ., pp. 103–112. (In Russian)
- Podolyako, S. A., Litvinov, K. V. (2022) Sozdanie bazy dannykh kontrol'nykh ulovov Astrakhanskogo gosudarstvennogo zapovednika [Creating a catch database Astrakhan State Reserve]. In: Yu. M. Belikov (ed.). *Aktual'nye problemy geoekologii i prirodopol'zovaniya: materialy I Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferentsii [Current problems of geoecology and environmental management: Proceedings of the I International scientific and practical conference]*. Krasnodar: Kuban State University Publ., pp. 341–343. (In Russian)
- Podolyako, S. A., Litvinov, K. V. (2023) Sozdanie bazy dannykh kameral'noj obrabotki prob molodi ryb Astrakhanskogo gosudarstvennogo zapovednika [Creating a catch juvenile fish database of the Astrakhan State Reserve]. *Astrakhanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya — Astrakhan Bulletin of Ecological Education*, no. 5 (77), pp. 202–203. <https://www.doi.org/10.36698/2304-5957-2023-5-202-203> (In Russian)
- Podolyako, S. A., Litvinov, K. V., Korneev, E. V. (2022) Razmerno-vesovoj sostav ryb v Astrakhanskom gosudarstvennom zapovednike v kontrol'nykh ulovakh vo vremya letne-osennego nagul'nogo perioda 1975 i 2019 godov [Size and weight composition of fish in the Astrakhan State Reserve in control catches during the summer-autumn feeding period of 1975 and 2019]. In: *Monitoring sostoyaniya prirodnykh kompleksov i mnogoletnie issledovaniya na osobo okhranyaemykh prirodnykh territoriyakh. Vyp. 6 [Monitoring the state of natural complexes and long-term research in specially protected natural areas. Iss. 6]*. Shushenskoe: Ob'edinennaya direktsiya zapovednika "Sayano-shushenskij" i natsional'nogo parka "Shushenskij bor" Publ., pp. 98–103. (In Russian)
- Polonsky, V. F., Mikhailov, V. N., Kiryanov, S. V. (eds.). (1998) *Ust'evaya oblast' Volgi: gidrologo-morfologicheskie protsessy, rezhim zagryaznyayushchikh veshchestv i vliyanie kolebanij Kaspijskogo morya [Volga estuary region: Hydrological and morphological processes, pollutant regime and the influence of Caspian Sea fluctuations]*. Moscow: GEOS Publ., 280 p. (In Russian)

Для цитирования: Подоляко, С. А., Литвинов, К. В., Великоцкая, П. А. (2024) Влияние температурного фактора на изменчивость продолжительности этапов развития молоди массовых рыб дельты Волги в экстремально маловодные годы. *Амурский зоологический журнал*, т. XVI, № 3, с. 747–762. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2024-16-3-747-762>

Получена 5 декабря 2023; прошла рецензирование 31 декабря 2023; принята 2 сентября 2024.

For citation: Podolyako, S. A., Litvinov, K. V., Velikotskaya, P. A. (2024) The influence of temperature on the duration of development stages of juvenile fish in the Volga River delta in extremely low-water years. *Amurian Zoological Journal*, vol. XVI, no. 3, pp. 747–762. <https://www.doi.org/10.33910/2686-9519-2024-16-3-747-762>

Received 5 December 2023; reviewed 31 December 2023; accepted 2 September 2024.