

УДК 597.554.3: 575.822

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ СЕГОЛЕТОК ПЛОТВЫ *RUTILUS RUTILUS* (CYPRINIDAE) ИЗ ПРИБРЕЖЬЯ РЫБИНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА У ПОСЁЛКА БОРОК (ЯРОСЛАВСКАЯ ОБЛАСТЬ)

© 2021 г. Ю. В. Чеботарева¹, *, Ю. Г. Изюмов¹

¹Институт биологии внутренних вод РАН – ИБВВ РАН, пос. Борок, Ярославская область, Россия

*E-mail: pisces68@mail.ru

Поступила в редакцию 10.11.2020 г.

После доработки 17.12.2020 г.

Принята к публикации 21.12.2020 г.

У сеголеток плотвы *Rutilus rutilus*, отловленных в разные годы в одной точке побережья Рыбинского водохранилища, обнаружена межгодовая изменчивость по числу позвонков и мягких лучей в плавниках, а также по частоте позвонковых фенотипов и формул глоточных зубов. В пределах одного года группировки сеголеток разного размера не различаются по счётным и качественным признакам. Количество аномалий позвоночника у сеголеток плотвы невысокое; отмечена отрицательная корреляция между средним числом позвонков и долей рыб с аномалиями в выборках разных лет.

Ключевые слова: плотва *Rutilus rutilus*, межгодовая изменчивость, счётные признаки, позвонковые фенотипы, аномалии позвоночника, Рыбинское водохранилище.

DOI: 10.31857/S0042875221060059

Плотва *Rutilus rutilus* отличается сложной внутривидовой структурой, представленной разнообразными группировками, которые различаются по морфологии, темпу роста, питанию, поведению и т.д. (Касьянов, 1990; Рыбы Рыбинского водохранилища ..., 2015). Морфологическая дивергенция плотвы начинается на первом году жизни (Pavlov et al., 2001; Столбунов, Герасимов, 2008). При формировании фенотипического облика взрослой части популяции в дальнейшем может происходить отбор определённых вариантов (Мироновский и др., 1991; Касьянов и др., 2005).

Значимые для систематики счётные признаки в популяции рыб могут варьировать год от года (Касьянов и др., 2005; Бочкарев, Романов, 2009). Общий спектр морфологической изменчивости складывается из спектров отдельных годовых классов, которые могут иметь свои особенности, связанные в первую очередь с различными в разные годы условиями для раннего эмбрионального и постэмбрионального развития. Элементарным звеном изменчивости в такой системе является молодёжь одного годового класса, выросшая на одном нерестилище. Сведения о хронографической изменчивости молоди рыб одной локальной популяции в литературе отсутствуют.

Цель данной работы – оценить возможные межгодовые различия по ряду морфологических

признаков сеголеток плотвы из канала, впадающего в Рыбинское водохранилище, в августе–начале сентября в течение нескольких сезонов.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Материал собирали в прибрежной зоне искусственного канала длиной 1 км и шириной ~ 50 м, впадающего в Рыбинское водохранилище у пос. Борок. Место лова расположено в 600 м от выхода из канала. На этом участке в побережье ежегодно плотва нерестится, сеголетки держатся здесь до осени. Сеголеток отлавливали 24.08.2005, 02.09.2009, 13.08.2010, 24.08.2011, 19.08.2013, 19.08.2015, 26.08.2016 мальковой волокушей длиной 5 м высотой 1 м с размером ячеи 5 мм. В 2016 г. материал собирали ещё дважды – 16 августа и 7 сентября, ловили сеткой Киналёва. Выборки 2016 г. предварительно рассматривали отдельно в связи с возможной селективностью орудий лова.

У сеголеток определяли длину до конца чешуйного покрова (*SL*), число мягких лучей в спинном (*D*), анальном (*A*), а также в левых грудных (*P*) и брюшных (*V*) плавниках. Осевой скелет препарировали по методике Яковлева с соавторами (1981). Подсчитывали число позвонков в туловищном (*vert.a.*), переходном (*vert.i.*) и хвостовом (*vert.c.*) отделах, а также их сумму (*vert.*), включая

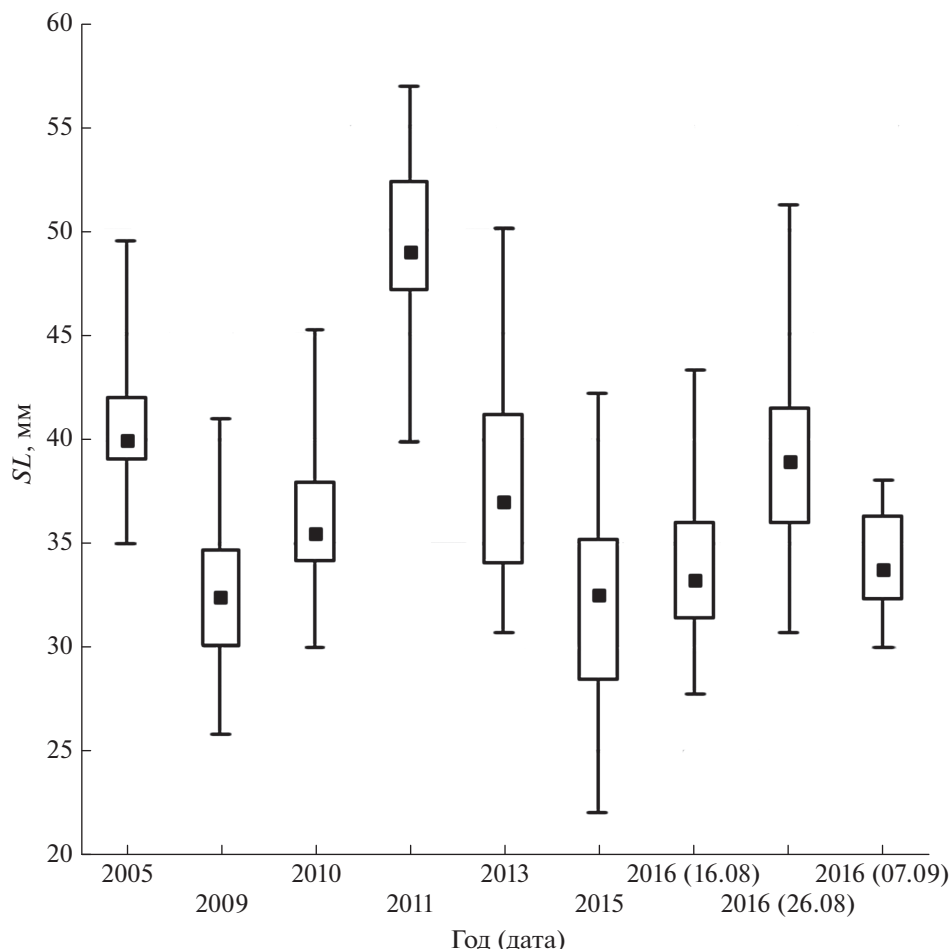


Рис. 1. Длина (SL) сеголеток плотвы *Rutilus rutilus*: (■) – среднее значение, (I) – пределы варьирования показателя (от 25 до 75% данных заключены в прямоугольник).

Веберовы и преуральные. К позвонкам переходного отдела относили последние позвонки туловищного отдела, отличающиеся от типичных туловищных наличием развитых парапофизов, срастающихся с их телами, а от хвостовых – отсутствием нижнего остистого отростка. Позвонковые фенотипы представлены в виде формулы: $vert.a. - vert.i. - vert.c.$ (Касьянов, 1990). Подсчитывали число особей, относящихся к определённому фенотипу, и их долю (%).

Позвоночник каждой рыбы оценивали на наличие нарушений в развитии позвонков (Чеботарева, 2009). Определяли долю рыб с аномалиями позвоночника и отдельно со сращениями позвонков, а также средние значения числа позвонков с аномалиями относительно всех рыб в выборках и рыб с аномалиями.

У сеголеток также определяли формулу глоточных зубов.

Статистическую обработку материала проводили в программе Statistica 6.0. Для сравнения частот

вариантов глоточных зубов и позвонковых фенотипов использовали критерий Животовского (1991).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Размеры сеголеток варьировали год от года (рис. 1). Средняя длина тела была наименьшей в выборке 2015 г. (32.1 ± 0.51 мм), наибольшей в 2011 г. (49.7 ± 0.50 мм). Плотва в выборке 2016 г., собранной мальковой волокушей, была достоверно крупнее рыб, отловленных сеткой Киналёва (последние две группы не различались по размерам). Скорее всего, это различие обусловлено селективностью использованных орудий лова. Сеткой Киналёва на выбранном участке побережья ловить можно только в зарослях погружённой водной растительности недалеко от берега (на глубинах до 0.8 м). Мальковой волокушей ловили взброд и ненамного глубже (до 1.2 м), но захватывали также и участки открытой воды.

Ранее в Рыбинском водохранилище были описаны две экологические расы плотвы – прибреж-

ная (мелкая, со смешанным типом питания) и ходовая (крупная, моллюсковоядная), которые различаются по темпу роста, особенностям питания и поведения (Поддубный, 1966; Изюмов и др., 1982). В дальнейшем было установлено, что молодь плотвы начинает образовывать размерные и поведенческие группировки уже на первом году жизни (Pavlov et al., 2001; Столбунов, Герасимов, 2008). Вероятно, улов сеткой Киналёва состоял преимущественно из рыб, относящихся к прибрежной морфе, а волокуша захватывала более разнообразную молодь. Размерные распределения плотвы, пойманной сеткой Киналёва (16 августа) и мальковой волокушей (26 августа), подтверждают это предположение (рис. 2). Сравнительный морфологический анализ трёх выборок 2016 г. не выявил статистически значимых различий ни по одному признаку, поэтому в дальнейшем анализе мы объединили эти выборки в одну.

Число мягких лучей в плавниках варьировало от года к году (табл. 1). В одном случае различия между выборками разных лет (2011 и 2013) отмечались даже по такому стабильному признаку, как число лучей в левом брюшном плавнике (табл. 2). Наиболее изменчивым из исследованных показателей оказалось число мягких лучей в грудном плавнике. По числу лучей в плавниках выделяется выборка 2009 г. — средние значения

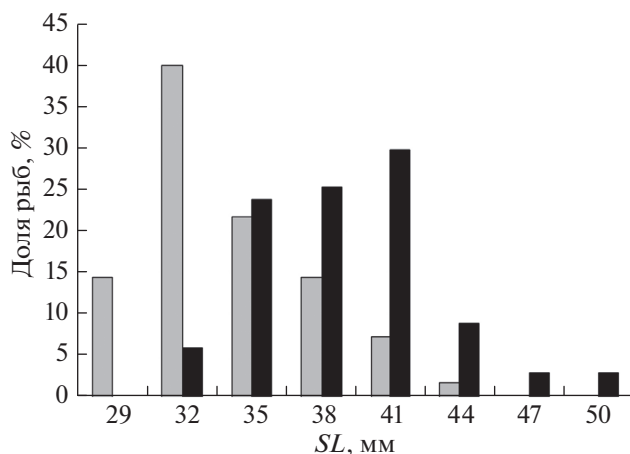


Рис. 2. Размерный состав (SL) сеголеток плотвы *Rutilus rutilus*, пойманных в 2016 г. сеткой Киналёва 16 августа (□) и мальковой волокушей 26 августа (■).

D , A и P статистически значимо меньше, чем в некоторые другие годы (табл. 1, 2).

Формула глоточных зубов у преобладающего числа рыб 6–5 (табл. 1). Второй по частоте вариант 5–5, в единичных случаях отмечены формулы 6–6, 7–5 и 6–4. Частота встречаемости варианта 5–5 различалась в выборках разных лет (табл. 2).

Таблица 1. Счётные признаки ($M \pm m$) и частота встречаемости (%) вариантов формулы глоточных зубов у сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* Рыбинского водохранилища в разные годы

Признак	Год (объём выборки, экз.)						
	2005 (75)	2009 (128)	2010 (132)	2011 (53)	2013 (77)	2015 (70)	2016 (142)
	Счётные признаки						
D		9.88 ± 0.04	9.98 ± 0.03	9.94 ± 0.03	9.97 ± 0.05	9.91 ± 0.04	10.02 ± 0.02
A		10.19 ± 0.05	10.32 ± 0.04	10.28 ± 0.06	10.34 ± 0.06	10.34 ± 0.06	10.26 ± 0.04
P		15.82 ± 0.06	15.89 ± 0.06	16.23 ± 0.11	15.69 ± 0.09	15.89 ± 0.08	16.15 ± 0.06
V		8.07 ± 0.03	8.13 ± 0.04	8.13 ± 0.06	8.01 ± 0.04	8.04 ± 0.05	8.06 ± 0.02
vert.a.	16.32 ± 0.07	16.27 ± 0.05	16.14 ± 0.06	16.15 ± 0.07	16.20 ± 0.07	16.09 ± 0.06	16.25 ± 0.05
vert.i.	2.87 ± 0.07	2.80 ± 0.05	2.83 ± 0.06	2.87 ± 0.07	2.93 ± 0.07	2.97 ± 0.06	2.93 ± 0.05
vert.c.	14.96 ± 0.06	15.20 ± 0.05	15.07 ± 0.06	15.08 ± 0.08	14.92 ± 0.06	15.13 ± 0.07	15.08 ± 0.06
vert.	41.15 ± 0.07	41.27 ± 0.05	41.03 ± 0.06	41.09 ± 0.08	41.05 ± 0.06	41.17 ± 0.07	41.26 ± 0.06
	Варианты формул глоточных зубов						
6–5	93.24	85.48	83.85	98.08	92.11	73.85	86.52
5–5	6.76	13.72	16.15	1.92	6.58	26.15	12.77
6–6							0.71
6–4		0.80					
7–5					1.31		

Примечание. Здесь и в табл. 2: D , A — число мягких лучей в спинном и анальном плавниках; P , V — то же в левых грудном и брюшном плавниках; vert.a., vert.i., vert.c., vert. — число позвонков в туловищном, переходном, хвостовом отделах и их общее число; $M \pm m$ — среднее значение и его ошибка.

Таблица 2. Признаки, по которым отмечены статистически значимые ($p < 0.05$) различия между выборками сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* Рыбинского водохранилища, собранными в разные годы

Год	Год					
	2009	2010	2011	2013	2015	2016
2005	<i>vert.c.</i>	<i>vert.a.</i> , 5–5	16–3–15		<i>vert.a.</i> , 5–5	
2009		<i>D, A, vert.</i>	<i>P</i> , 5–5	<i>D, A, vert.c.</i> , <i>vert.</i>	<i>A, vert.a.</i> , <i>vert.i.</i> , 5–5	<i>D, P</i>
2010			<i>P</i> , 5–5, 16–3–15	5–5	16–3–15	<i>P, vert.</i>
2011				<i>P, V</i>	<i>P</i> , 5–5	5–5, 16–3–15
2013					<i>vert.c.</i> , 5–5	<i>P, vert.</i>
2015						<i>D, P, vert.a.</i> , 5–5

Таблица 3. Позвонковые фенотипы сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* Рыбинского водохранилища

Показатель	2005	2009	2010	2011	2013	2015	2016	Все годы
Число рыб, экз.	75	119	120	53	75	69	139	650
Число фенотипов	13	16	18	14	14	15	20	28
Частота встречаемости, %:								
– типичные	98.67	97.48	99.17	98.11	98.67	98.55	95.68	97.85
– самые распространённые:	81.33	84.87	75.00	84.91	73.33	81.17	82.73	80.46
16–3–15	33.33	42.02	31.67	54.72	45.33	47.83	36.69	40.00
17–2–15	12.00	10.92	12.50	9.43	16.00	4.35	8.63	10.62
16–3–16	4.00	13.44	10.83	5.66	1.33	13.04	12.95	9.69
17–3–15	10.67	5.04	3.33	1.89	4.00	5.80	10.79	6.31
17–2–16	5.33	8.40	4.17	5.66		5.80	6.47	5.38
16–3–14	6.67	2.52	10.00	5.66		2.90	5.04	4.92
17–3–14	9.33	2.52	2.50	1.89	6.67	1.45	2.16	3.54

Число позвонков (общее и по отделам) у сеголеток разных лет также варьировало (табл. 1); попарное сравнение выборок выявило в ряде случаев статистически значимые различия (табл. 2). По общему числу позвонков можно выделить “малопозвонковые” (2010, 2011 и 2013 гг.) и “многопозвонковые” (2009 и 2016 гг.) выборки.

Из общего числа *позвонковых фенотипов*, отмеченных у сеголеток как во всех выборках в целом, так и в выборках разных лет, наиболее часто встречался вариант 16–3–15 (табл. 3). Доля рыб с таким фенотипом в разные годы варьировала в пределах 32–55% (статистически значимые различия по частоте фенотипа 16–3–15 отражены в табл. 2). Второе место по частоте занимают фенотипы 17–2–15 и 16–3–16, их доли в разных выборках составляют соответственно 4–16 и 1–13% (табл. 3). По соотношению частот встречаемости разных фенотипов выделяется выборка 2013 г. – в ней больше редких вариантов, чем в другие годы исследования, и отсутствуют два фенотипа из числа наиболее распространённых. Типичными

для плотвы мы считаем позвонковые фенотипы, представленные 15–17 туловищными, 2–4 переходными и 14–16 хвостовыми позвонками при общем числе позвонков 40–42. Нетипичные фенотипы встречаются в природе очень редко; в выборках 2005, 2010, 2011, 2013 и 2015 гг. мы обнаружили по одной такой рыбе. Только среди сеголеток 2016 г. были особи с 13 позвонками в хвостовом отделе позвоночника; при этом по одной такой рыбе было в каждой из трёх выборок этого года.

Аномалиями позвоночника считали: деформации тел и дуг позвонков; сращения позвонков; сращения невральных и гемальных дуг соседних позвонков; незамкнутые невральные или гемальные дуги; несращение дуги с телом позвонка; перемещение основания невральной или гемальной дуги на соседний позвонок; отсутствие ветвей невральных или гемальных дуг; наличие дополнительных ветвей невральной или гемальной дуги (Чеботарева, 2009). За 7 лет наблюдений мы обнаружили все виды нарушений в строении позвонков, большинство – в единичных случаях или

Таблица 4. Аномалии позвоночника у сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* Рыбинского водохранилища

Показатель	Год						
	2005	2009	2010	2011	2013	2015	2016
Рыбы с аномалиями:							
– число рыб, экз.	8	3	20	15	16	13	15
– доля, %	10.67	2.52	16.67	28.30	21.33	18.84	10.79
Рыбы со сращениями:							
– число рыб, экз.			4	1	2	3	
– доля, %			3.33	1.89	2.67	4.35	
Доля рыб с одной аномалией, % аномальных	100	100	65.00	60.00	56.25	61.54	86.67
Число позвонков с аномалиями:							
– на 1 экз. ($M \pm m$)	0.11 ± 0.04	0.03 ± 0.01	0.48 ± 0.15	0.83 ± 0.30	0.56 ± 0.18	0.77 ± 0.33	0.12 ± 0.03
– на 1 экз. с аномалиями ($M \pm m$)	1	1	2.90 ± 0.70	2.93 ± 0.87	2.63 ± 0.62	4.08 ± 1.45	1.13 ± 0.09
– min–max	1	1	1–12	1–11	1–10	1–15	1–2

очень редко. Только два типа аномалий – незамкнутые дуги и деформации тел позвонков – встречались во всех выборках. В 2010, 2011, 2013 и 2015 гг. доля рыб с аномалиями была относительно высокой – 17–28% (табл. 4). В эти же годы у рыб отмечались сращения позвонков, но доля рыб со сращениями не превышала 4.35%. Большинство рыб с нарушениями в осевом скелете имели по одной аномалии (70% общего числа рыб с аномалиями за все годы). В связи с этим среднее число позвонков с нарушениями на одну рыбу в выборке не превышает 1. Если рассматривать только рыб с аномалиями, то среднее число аномальных позвонков не более 3; исключение составляет выборка 2015 г., в которой обнаружено по одной рыбе с 11, 13 и 15 аномальными позвонками.

ОБСУЖДЕНИЕ

При попарном сравнении выборок разных лет статистически значимые различия не выявлены только при сопоставлении 2013 и 2016 гг. с 2005 г., но сравнение в этом случае было неполным (у нас нет данных о числе мягких лучей в плавниках в 2005 г.). Между всеми остальными парами выборок обнаружены достоверные различия хотя бы по одному из исследованных признаков (табл. 2). Наименьшее сходство обнаружено в парах 2009–2013, 2009–2015 и 2015–2016 гг. Можно было бы предположить, что отмеченные морфологические различия обусловлены разными размерами сеголеток в разные годы. Однако корреляционный анализ не выявил связи с длиной тела ни одного из исследованных признаков. Кроме того, число

рассматриваемых нами счётных элементов у рыб определяется в раннем онтогенезе (Lindsey, 1988; Павлов, 2007) и у сеголеток плотвы в возрасте 3–4 мес. уже является окончательным.

Статистически значимые корреляции между не связанными друг с другом счётными признаками также отсутствуют. Какой-либо системы в расхождении исследованных показателей между группами сеголеток разных лет обнаружить не удалось. В наибольшей степени выделяются выборки 2009 и 2016 гг. Интересно, что это “многопозвонковые” рыбы, но при этом сеголетки 2009 г. отличаются низким числом мягких лучей в плавниках, а 2016 г. – высоким (табл. 1). Ранее было установлено, что в онтогенезе рыб становление каждого признака происходит в свои фенокритические интервалы, кроме того, характер изменения разных меристических признаков в зависимости от условий развития может различаться (Lindsey, 1988; Павлов, 2007). Изменчивость морфологических показателей у молоди разных лет может быть также связана с генетическими особенностями производителей каждого года.

Между средним числом позвонков и долей рыб с аномалиями в разные годы обнаружена отрицательная зависимость с коэффициентом корреляции –0.73 (рис. 3). Эта тенденция противоположна наблюдаемой в экспериментах по воздействию на ранний онтогенез – повышению числа позвонков у рыб с аномалиями (Чеботарева, 2009; Чеботарева и др., 2016). Однако у так называемых “индустриальных” рас плотвы число позвонков чаще бывает понижено по сравнению с рыбами

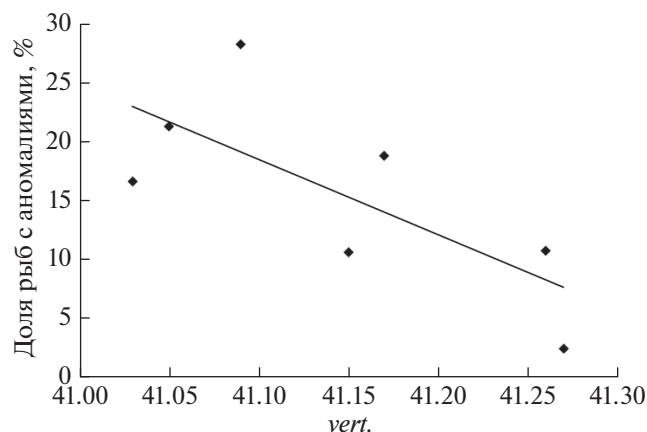


Рис. 3. Связь между средним числом позвонков (vert.) и долей особей плотвы *Rutilus rutilus* с аномалиями.

из чистых водоёмов (Мироновский, 1994; Изюмов и др., 1998; Котегов, 2018). Разница между природными и прудовыми популяциями может быть следствием разного направления отбора, который в прудовых условиях может благоприятствовать выживанию рыб с нетипичными фенотипами (Чеботарева, 2018).

Исследование выборок сеголеток разного размера 2016 г., возможно, относящихся к разным экологическим формам, показало, что по счётным признакам и позвонковым фенотипам это единая группа. Ранее описанные различия между ходовой и прибрежной плотвой (Изюмов, 1981; Касьянов, 1990; Столбунов, Герасимов, 2008) касались пластических признаков (длины головы, наибольшей высоты тела, размера ротового отверстия) и характеристик плоточных зубов, а также числа чешуй в боковой линии (мы этот признак в настоящей работе не рассматривали). Не исключено, что расхождение экологических форм по меристическим признакам происходит позже. Ранее было показано, что среднее число позвонков у плотвы Рыбинского водохранилища с возрастом увеличивается за счёт селективной гибели малопозвонковой молодежи (Касьянов и др., 2005).

Наши результаты выявили значительную межгодовую изменчивость у сеголеток плотвы даже в пределах одной локальной популяции. Они подчёркивают важность использования больших выборок, включающих, возможно, большее число годовых классов, для морфологической характеристики популяций. Такие обобщённые данные точнее описывают особенности популяций, так как учитывают больший диапазон изменчивости и нивелируют возможные различия между группами рыб разного возраста.

ФИНАНСИРОВАНИЕ РАБОТЫ

Работа выполнена в рамках государственного задания, тема № АААА-А18-118012690222-4.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Бочкарев Н.А., Романов В.И. 2009. Межгодовая изменчивость морфологических признаков у некоторых видов рыб из различных экосистем // Вестн. СВНЦ ДВО РАН. № 1. С. 49–56.
- Животовский Л.А. 1991. Популяционная биометрия. М.: Наука, 271 с.
- Изюмов Ю.Г. 1981. Экологические морфы плотвы *Rutilus rutilus* (L.) в Рыбинском водохранилище // Информ. бюл. Биология внутр. вод. № 50. С. 65–68.
- Изюмов Ю.Г., Касьянов А.Н., Яковлев В.Н. 1982. Популяционная морфология плотвы (*Rutilus rutilus*) водоемов Верхней Волги // Фенетика популяций. М.: Наука. С. 222–233.
- Изюмов Ю.Г., Таликина М.Г., Касьянов А.Н. и др. 1998. Антропогенная микроэволюция плотвы *Rutilus rutilus* Шекснинского плеса Рыбинского водохранилища // Вопр. ихтиологии. Т. 38. № 5. С. 704–708.
- Касьянов А.Н. 1990. Популяционная структура и некоторые вопросы микрофилогенеза плотвы (*Rutilus rutilus* L.) // Тр. ИБВВ РАН. № 58 (61). С. 64–86.
- Касьянов А.Н., Изюмов Ю.Г., Бакмастер В.К. и др. 2005. Изменение количества позвонков с возрастом у плотвы *Rutilus rutilus* (L.) Рыбинского водохранилища // Биология внутр. вод. № 1. С. 88–92.
- Котегов Б.Г. 2018. Направленная изменчивость счётных признаков осевого скелета плотвы *Rutilus rutilus* (L.) в условиях урбанизации: формирование “городского” морфотипа // Вестн. ПермГУ. Сер. Биология. № 1. С. 31–42. <https://doi.org/10.17072/1994-9952-2018-1-31-42>.
- Мироновский А.Н. 1994. Морфологическая дивергенция популяций плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) из малых водоёмов Москвы: к вопросу о формировании “индустриальных рас” // Вопр. ихтиологии. Т. 34. № 4. С. 486–493.
- Мироновский А.Н., Изюмов Ю.Г., Касьянов А.Н., Герасименко (Ванюшина) О.Г. 1991. О возможном значении постоянного интенсивного дизруптивного отбора как фактора, определяющего структуру вида *Rutilus rutilus* (L.) в Волго-Каспийском районе // Журн. общ. биологии. Т. 52. № 5. С. 656–672.
- Павлов Д.А. 2007. Морфологическая изменчивость в раннем онтогенезе костистых рыб. М.: ГЕОС, 246 с.
- Поддубный А.Г. 1966. Об адаптивном ответе популяций плотвы на изменение условий обитания // Тр. ИБВВ РАН. № 10 (13). С. 131–138.
- Рыбы Рыбинского водохранилища: популяционная динамика и экология. 2015. Ярославль: Филигрань, 418 с.
- Столбунов И.А., Герасимов Ю.В. 2008. Морфологическая и поведенческая изменчивость молодежи плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae, Cypriniformes) из разных биотопов Рыбинского водохранилища // Вопр. ихтиологии. Т. 48. № 2. С. 255–265. <https://doi.org/10.1134/S0032945208020045>

- Чеботарева Ю.В.* 2009. Аномалии в строении позвоночника у сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* (L.) (Cyprinidae, Cypriniformes) после воздействия токсикантов на ранние стадии развития // Там же. Т. 49. № 1. С. 102–110.
<https://doi.org/10.1134/S0032945209010123>
- Чеботарева Ю.В.* 2018. Аномалии позвоночника и позвонковые фенотипы у сеголеток и двухлеток плотвы *Rutilus rutilus* (L.) (Cyprinidae, Cypriniformes), развившихся из одной выборки эмбрионов // Тр. ИБВВ РАН. № 84 (87). С. 58–67.
<https://doi.org/10.24411/0320-3557-2018-10019>
- Чеботарева Ю.В., Изюмов Ю.Г., Крылов В.В.* 2016. Особенности строения позвоночника сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) после раздельного и совместного воздействия магнитного поля и повышенной температуры на эмбрионы и их связь с размерными показателями рыб // Вопр. ихтиологии. Т. 56. № 3. С. 345–355.
<https://doi.org/10.7868/S0042875216030036>
- Яковлев В.Н., Изюмов Ю.Г., Касьянов А.Н.* 1981. Фенетический метод исследований популяций карповых рыб // Биол. науки. № 2. С. 98–101.
- Lindsey C.C.* 1988. Factors controlling meristic variation // Fish physiology. V. XI B. Physiology of developing fish: viviparity and posthatching juveniles / Eds. Haar W.S., Randall D.J. N.Y.: Acad. Press. P. 197–274.
- Pavlov D.S., Lupandin A.I., Kostin V.V. et al.* 2001. Downstream migration and behavior of juvenile roach *Rutilus rutilus* (Cyprinidae) from two phenotypic groups // J. Ichthyol. V. 41. Suppl. 2. P. 133–179.