

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ  
СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ *CARASSIUS AURATUS GIBELIO* (BLOCH)  
(CYPRINIFORMES, CYPRINIDAE) ИЗ НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМОВ  
ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

**Н.С. Романов, М.Ю. Ковалев**

*Институт биологии моря ДВО РАН, Пальчевского, 17, Владивосток, 690041, Россия.  
E-mail: n\_romanov@hotmail.com*

Приведено описание морфологической изменчивости серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) из десяти водоемов Дальнего Востока. Основной упор сделан на исследование флуктуирующей асимметрии как показателя стабильности развития; с этой целью были использованы шесть признаков и различные показатели флуктуирующей асимметрии. Отмечаются большие различия в уровне флуктуирующей асимметрии, а значит и стабильности развития серебряного карася из разных водоемов, что обусловлено, на наш взгляд, различиями в условиях эмбрионального и раннего постэмбрионального развития. Высокий уровень флуктуирующей асимметрии у серебряного карася из большинства водоемов объясняется значительным химическим загрязнением антропогенного характера. Показано, что каждая из популяций отличается своей картиной соотношения дисперсий флуктуирующей асимметрии по исследованным признакам. По средним значениям признаков также отмечаются значительные различия серебряного карася из разных водоемов.

**MORPHOLOGICAL VARIABILITY IN CRUCIAN CARP *CARASSIUS AURATUS GIBELIO* (BLOCH) (CYPRINIFORMES, CYPRINIDAE) FROM SOME FAR EASTERN RESERVOIRS**

**N.S. Romanov, M.Yu. Kovalev**

*Institute of Marine Biology, Russian Academy of Sciences, Far East Branch, Palchevski Street, 17, Vladivostok, 690041, Russia. E-mail: n\_romanov@hotmail.com*

Description of morphological variability of Crucian Carp *Carassius auratus gibelio* (Bloch) from ten basins of the Far East is presented. The main object of investigation is fluctuating asymmetry as an indicator of development stability; six features and different meanings of fluctuating asymmetry have been used for this purpose. The significant differences are found in fluctuating asymmetry and, therefore, in development stability of Crucian Carp from different basins, to our mind, this fact is caused by the differences in conditions of embryonic and early postembryonic development. High level of fluctuating asymmetry in Crucian Carp from the most reservoirs is accounted by the substantial chemical pollution of anthropogenous character. It is shown that each of populations has its own picture of correlation of fluctuating asymmetry dispersions with respect to the analyzed features. The significant differences of Crucian carp from different basins are also found with respect to the average meanings of features.

Флуктуирующая асимметрия представляет собой незначительные ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии и является следствием несовершенства онтогенетических процессов – неспособности организмов развиваться по строго определенным путям (соответствующим идеальной симметрии). Флуктуирующая асимметрия служит выражением особой формы изменчивости – внутрииндивидуального разнообразия как проявления случайной изменчивости развития. В силу стохастической природы

этого явления его анализ оказывается возможным лишь на индивидуальном уровне – уровне групп особей (Захаров, 1987). В некоторых работах (Tebb, Thoday, 1954a, b; Beardmore, 1960; Valentine, Soule, 1973) было показано, что определенный уровень флуктуирующей асимметрии (как отражение определенной стабильности развития) соответствует определенным условиям среды и может быть совершенно иным при обычных условиях развития. Это положение было подтверждено нами на кете *Oncorhynchus keta* Walbaum и нерке *Oncorhynchus nerka* Walbaum, условия развития которых на рыбобоводных заводах не соответствовали таковым в природе, что проявилось в повышенном уровне флуктуирующей асимметрии у рыб заводского происхождения по сравнению с таковыми от естественного воспроизводства (Romanov, 1995; Романов, 2001).

Рядом исследователей была показана возможность использования флуктуирующей асимметрии для решения задач контроля экологического состояния окружающей среды, а именно – контроля состояния природных популяций разных видов, т. е. осуществления биомониторинга (Valentine et al., 1973; Ames et al., 1979; Zakharov, Ruban, 1985; Jagoe, Haines, 1985; Захаров, 1987; Захаров, Кларк, 1993; Чубанишвили, 1998; Гилева, Нохрин, 2001; и др.). Это представляется крайне целесообразным, так как от состояния конкретных природных популяций зависит как сохранение отдельных видов, так и нормальное функционирование экосистем в целом.

Серебряный карась *Carassius auratus gibelio* (Bloch) распространен довольно широко. Его ареал занимает бореальную зону евразийского материка. Исследование этого вида имеет большое значение, так как он образует гиногенетическую форму триплоидного происхождения, которая представляет этот вид в Европе. В азиатской части ареала присутствует как гиногенетическая, так и обычная диплоидная форма (Головинская и др., 1965; Кирпичников, 1987; Брыков и др., 2002). Флуктуирующая асимметрия серебряного карася изучена крайне слабо (Чеботарева, Изюмов, 2001). Целью нашего исследования является изучение флуктуирующей асимметрии как показателя стабильности развития у серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) и возможности использования ее для целей биомониторинга. Кроме этого, представляет интерес и исследование морфологической изменчивости на уровне значений признаков.

### Материал и методика

Материалом для данной статьи послужили сборы производителей серебряного карася, проведенные в полевые сезоны 1999-2002 гг. в Хасанском (озера: Лебединое, Родниковое, Большой Пелис, р. Туманная), Надеждинском (оз. Сазанье), Октябрьском (Фадеевское водохранилище), Ханкайском (оз. Ханка), Шкотовском (оз. Кролевецкое) районах Приморского края, в Камчатской (р. Камчатка) и Сахалинской (оз. Тунайча) областях (объем материала дается в табл. 1).

Таблица 1

Доля асимметричных (Асим, %), симметричных (Сим, %) особей серебряного карася из некоторых водоемов Дальнего Востока

Водоем (номер)	N	Асим	Сим	Асимметричные по разному числу признаков					
				1	2	3	4	5	6
Р. Туманная (1)	73	89,0	11,0	30,8	41,5	20,0	7,7	-	-
Оз. Лебединое (2)	37	91,9	8,1	36,0	25,0	25,	14,0	-	-
Оз. Сазанье (3)	102	96,1	3,9	32,7	37,8	22,4	6,1	1,0	-
Оз. Кролевецкое (4)	81	93,8	6,2	23,7	40,8	26,3	9,2	-	-
Оз. Ханка (5)	84	94,0	6,0	26,2	28,6	23,8	15,5	-	-
Оз. Большой Пелис (6)	84	70,2	29,8	44,1	37,3	16,9	1,7	-	-
Фадеевское в-ще (7)	94	75,5	24,5	50,7	40,8	7,0	1,4	-	-
Р. Камчатка (8)	105	97,1	2,9	27,5	40,2	22,5	6,0	2,0	1,0
Оз. Родниковое (9)	100	73,0	27,0	56,2	37,0	5,5	-	1,4	-
Оз. Тунайча (10)	65	81,5	18,5	43,4	24,5	22,6	9,4	-	-

Нами анализировались легко учитываемые билатеральные признаки: число ветвистых лучей в грудных (P) и брюшных (V) плавниках, число заглазничных (porb) и подглазничных (sobg) костей головы, число каналов второго порядка сейсмодатчиковой системы головы на предкрышечных (por) и слезных (lacr) костях. Количество костей, число каналов второго порядка сейсмодатчиковой системы на слезной и предкрышечной костях, а также число ветвистых лучей в грудных и брюшных плавниках определяли отдельно для левой и правой сторон тела.

В качестве показателя асимметрии использовалась дисперсия флуктуирующей асимметрии. Кроме этого флуктуирующая асимметрия оценивалась по следующим показателям: 1) доля асимметричных особей по каждому из признаков от общего числа случаев асимметрии в выборке. Число случаев асимметрии в выборке представляет собой сумму случаев асимметрии по каждому признаку; 2) доля асимметричных особей по количеству признаков от числа асимметричных рыб в выборке – число рыб, асимметричных по одному признаку, делится на число асимметричных рыб; и т. д.; 3) доля асимметричных рыб в выборке; 4) среднее число случаев асимметрии на особь, которое получается путем деления числа случаев асимметрии в выборке на количество экземпляров; 5) сумма дисперсий по всем признакам.

Достоверность различий дисперсий флуктуирующей асимметрии определялась по величине F – критерия Фишера, а средних значений признаков – по величине  $t_{st}$  – критерия Стьюдента (Плохинский, 1970).

Подробно методика описана в нашей статье в настоящем сборнике: "Морфологическая изменчивость обыкновенной малоротой корюшки..." (с. 417).

### Результаты и обсуждение

Анализ полученных материалов показал, что караси из озер Большой Пелис, Родниковое, Тунайча и Фадеевского водохранилища характеризуются меньшей долей асимметричных и соответственно значительно большей долей симметричных особей по сравнению с рыбами из других водоемов. Кроме того, караси из озер Большой Пелис, Родниковое и Фадеевского водохранилища асимметричны главным образом по одному и двум признакам (81,4%, 93,2% и 91,5% соответственно). У карасей из других водоемов значительную долю (20,0%-26,3%) составляют также рыбы, асимметричные по трем признакам, и довольно велика (6,1%-15,5%) доля рыб, асимметричных по четырем признакам. Особи, асимметричные по пяти и шести признакам, встречаются крайне редко (табл. 1). Среди случаев асимметрии почти во всех исследованных нами популяциях серебряного карася наибольшую долю (22,5-31,7%) составляют таковые по числу каналов второго порядка сейсмодатчиковой системы на предкрышечных костях, а наименьшую – по числу подглазничных костей (1,0-11,0%). Что касается остальных признаков, то каждая популяция имеет свою картину соотношения долей асимметричных рыб от числа случаев асимметрии. Вероятно, это связано с уникальностью как условий каждого водоема, так и каждой популяции. Не последнюю роль, по-видимому, играют и изменчивость митохондриальной ДНК, а также различия по степени пloidности генома, показателем, которых могут служить данные по соотношению полов (Брыков и др., 2002). По этому параметру отмечаются большие различия между некоторыми популяциями серебряного карася (Ковалев и др., 2001). Число случаев асимметрии на особь в популяциях серебряного карася из Фадеевского водохранилища и озер Большой Пелис, Родниковое намного меньше, чем в других популяциях (табл. 2).

По дисперсии флуктуирующей асимметрии почти во всех исследованных нами популяциях серебряного карася наибольшие значения можно отметить для числа каналов второго порядка сейсмодатчиковой системы на предкрышечных костях, а минимальные – для числа подглазничных костей. По таким признакам, как число ветвистых лучей в грудных плавниках, число каналов второго порядка сейсмодатчиковой системы на пред-

крышечных костях и число каналов второго порядка сейсмодатчиков системы на слезных костях, минимальным значением дисперсии флуктуирующей асимметрии характеризуются серебряные караси из озер Большой Пелис, Родниковое и Фадеевского водохранилища.

Таблица 2

Доля асимметричных по отдельным признакам особей серебряного карася от общего числа случаев асимметрии в некоторых водоемах Дальнего Востока (обозначения в главе «Материал и методика»)

Водоем (номер)	% асимметричных рыб по признакам от числа случаев асимметрии						Число случаев асимметрии на 1 особь
	P	V	porb	sorb	pop	lacr	
Р. Туманная (1)	21,6	11,2	23,1	1,5	27,6	14,9	1,84
Оз. Лебединое (2)	23,1	12,8	15,4	3,8	26,9	17,9	2,11
Оз. Сазанье (3)	16,6	12,2	22,4	10,7	25,4	12,7	2,01
Оз. Кролевецкое(4)	21,4	3,0	19,6	7,7	29,2	19,0	2,07
Оз. Ханка (5)	22,0	11,5	16,6	8,2	24,2	17,6	2,17
Оз. Большой Пелис (6)	13,5	18,3	31,7	1,00	26,9	8,7	1,24
Фадеевское в-ще (7)	15,9	14,2	21,2	5,3	31,0	12,4	1,20
Фадеевское в-ще (7)	18,0	16,6	22,6	1,4	28,6	12,9	2,07
Р. Камчатка (8)	18,0	16,2	30,6	4,5	22,5	8,1	1,11
Оз. Родниковое (9)	23,1	3,8	19,2	6,7	31,7	15,4	1,60
Оз. Тунайча (10)							

Максимальной дисперсией флуктуирующей асимметрии по числу ветвистых лучей в грудных плавниках отличаются серебряные караси из оз. Лебединое (0,831), а минимальной – из оз. Большой Пелис (0,169). Все выборки серебряного карася по этому показателю разбиваются на три группы. Одну образуют рыбы из озер Большой Пелис, Родниковое и Фадеевского водохранилища; другую – из рек Туманная, Камчатка и озер Сазанье, Тунайча. В третью группу вошли популяции из озер Кролевецкое, Ханка и Лебединое (табл. 3).

Таблица 3

Дисперсия флуктуирующей асимметрии у серебряного карася из разных водоемов Дальнего Востока ( $\Sigma$  - суммарная дисперсия; остальные обозначения, как в табл. 2)

Водоем (номер)	P	V	porb	sorb	pop	lacr	$\Sigma$
Р. Туманная (1)	0,403	0,208	0,444	0,028	0,504	0,278	1,865
Оз. Лебединое (2)	0,831	0,454	0,410	0,083	1,081	0,396	3,255
Оз. Сазанье (3)	0,335	0,247	0,573	0,221	0,752	0,257	2,385
Оз. Кролевецкое (4)	0,562	0,099	0,550	0,162	0,837	0,400	2,610
Оз. Ханка (5)	0,590	0,253	0,397	0,181	0,578	0,386	2,385
Оз. Большой Пелис (6)	0,169	0,229	0,542	0,012	0,337	0,108	1,397
Фадеевское в-ще (7)	0,194	0,172	0,258	0,065	0,441	0,151	1,281
Р. Камчатка (8)	0,404	0,346	0,557	0,028	1,065	0,298	2,698
Оз. Родниковое (9)	0,202	0,182	0,374	0,050	0,252	0,091	1,151
Оз. Тунайча (10)	0,375	0,190	0,313	0,110	0,610	0,250	1,848

Наибольшей дисперсией флуктуирующей асимметрии по числу ветвистых лучей в брюшных плавниках характеризуется карась из оз. Лебединое (0,454), а наименьшей – из оз. Кролевецкое (0,099). По этому показателю все выборки карася образуют три группы. Одну образуют рыбы из оз. Лебединое и р. Камчатка; обособленно стоят рыбы из оз. Кролевецкое, а к ним примыкает очень "рыхлая" группа, в которую входят все остальные выборки (табл. 3).

Максимальной дисперсией флуктуирующей асимметрии по числу заглазничных костей отличаются рыбы из оз. Сазанье (0,573), а минимальной – из оз. Тунайча (0,313). Все выборки серебряного карася по этому показателю разбиваются на три группы; одну образуют популяции из Фадеевского водохранилища и оз. Тунайча. К ней примыкает группа, в которую входят озера Лебединое, Ханка, Родниковое и р. Туманная, а к этим двум группам примыкает таковая из озера Сазанье, Кролевецкое, Большой Пелис, р. Камчатка (табл. 3).

Наибольшей дисперсией флуктуирующей асимметрии по числу подглазничных костей характеризуются караси из оз. Сазанье (0,221), а наименьшей – из оз. Большой Пелис (0,012). Все выборки серебряного карася по этому показателю образуют три группы; в одну входят рыбы из озера Лебединое, Родниковое, Большой Пелис, рек Туманная, Камчатка и Фадеевского водохранилища. К этой группе примыкает рыбы из оз. Тунайча. Особняком располагается группа из озера Сазанье, Кролевецкое, Ханка (табл. 3).

Максимальной дисперсией флуктуирующей асимметрии по числу каналов второго порядка сейсмодатчик системы головы на предкрышечных костях отличаются караси из оз. Лебединое (1,081), минимальной – из оз. Родниковое (0,252). Все выборки серебряного карася по этому показателю разбиваются на четыре группы; одну образуют рыбы из озера Большой Пелис и Родниковое. К последней примыкает группа: озера Ханка, Тунайча, р. Туманная, Фадеевское водохранилище. Отдельно стоят две другие группы, которые объединяются между собой: это оз. Лебединое, р. Камчатка и озера Сазанье, Кролевецкое (табл. 3).

Наибольшей дисперсией флуктуирующей асимметрии по числу каналов второго порядка сейсмодатчик системы головы на слезных костях характеризуются караси из оз. Кролевецкое (0,400), а наименьшей – из оз. Родниковое (0,091). Все выборки серебряного карася по этому показателю образуют три группы; в одну входят озера Лебединое, Кролевецкое, Ханка. К последней примыкает следующая группа выборок: реки Туманная, Камчатка, озера Сазанье, Тунайча. К этим группам примыкают рыбы из озера Большой Пелис, Родниковое, Фадеевского водохранилища (табл. 3).

Максимальной суммарной дисперсией флуктуирующей асимметрии отличаются серебряные караси из оз. Лебединое (3,255), а минимальной – из оз. Родниковое (1,151). По этому показателю все выборки разбиваются на четыре группы: в одну входят рыбы из Фадеевского водохранилища, озера Большой Пелис, Родниковое; к ней примыкает группа р. Туманная, оз. Тунайча. Отдельно стоит группа: озера Сазанье, Кролевецкое, Ханка, р. Камчатка и к ней примыкает оз. Лебединое (табл. 3, рис. 1).

Минимальный уровень флуктуирующей асимметрии, представленный нами в виде различных показателей, обнаружен у серебряного карася из Фадеевского водохранилища и озера Большой Пелис и Родниковое, что говорит о высокой стабильности его развития. Из этого следует, что закладка и морфогенез структур изученных нами признаков в эмбриональном и раннем постэмбриональном развитии протекали в хороших условиях. Это может быть объяснено тем, что эти водоемы характеризуются чистой водой, так как Фадеевское водохранилище является питьевым, Родниковое озеро изолировано и так же, как и озеро, располагающееся на о-ве Большой Пелис, который находится на акватории Дальневосточного государственного морского заповедника, не подвергается антропогенному загрязнению. Напротив, серебряные караси из других водоемов отличаются высоким уровнем флуктуирующей

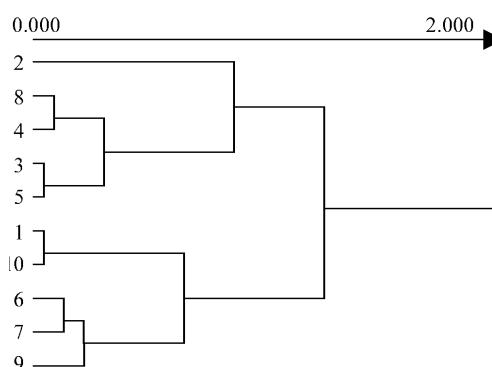


Рис. 1. Сходство выборок серебряного карася из некоторых водоемов Дальнего Востока по суммарной дисперсии флуктуирующей асимметрии. Нумерация водоемов, как в табл. 1–4

асимметрии и, соответственно, низкой стабильностью развития по большинству исследованных нами признаков (табл. 1, 2, 3). Особенно четкие различия показывают такие показатели, как суммарная дисперсия флуктуирующей асимметрии и число случаев асимметрии на особь. Низкая стабильность развития у серебряного карася из этих водоемов может быть, на наш взгляд, обусловлена значительной загрязненностью этих водоемов, так как все они, кроме р. Камчатка, находятся под значительным антропогенным воздействием (Кучер, 1995; Environmental key..., 1997; Комплексная экологическая оценка..., 1997, 1998; Zhu et al., 1998 Шулькин, 2000; Шулькин, Мощенко, 2000; Cleaning..., 2000; Огородникова, 2001; Христофорова и др., 2001). Загрязнение р. Туманная и прилегающих к ее устью морских вод находит свое отражение и в высоком уровне заболеваемости обитающих здесь рыб (Сяпина и др., 2001). Так, около 70% исследованных карасей из оз. Лебединое имели аномалии кожного покрова (Чернова, Кавун, 2000). Что же касается серебряного карася из р. Камчатка, то большие значения флуктуирующей асимметрии как показателя низкого уровня стабильности развития у него могут быть объяснены воздействием различных неблагоприятных факторов. Одним из них следует считать то, что этот вид был акклиматизирован в Камчатской области (Кузнецов, 1931; Суворов, 1948). Конечно, не проведя специального исследования, сложно говорить о том, насколько отличаются условия его развития в данном регионе от оптимальных. Однако некоторые исследователи отмечали, что на краю ареала какого-то вида или при его акклиматизации уровень стабильности развития понижается, что проявляется в увеличении значений флуктуирующей асимметрии (Soule, Cuzin-Roudi, 1982; Захаров, 1987). Нельзя, по-видимому, отрицать и такой фактор, как вулканическая деятельность. Бассейн р. Камчатка и, в частности, нерестилища серебряного карася находятся под воздействием такого проявления вулканической деятельности, как пеплопад, так как действующие вулканы Ключевской группы и вулкан Шивелуч находятся в непосредственной близости от мест обитания карася. Составляющие вулканический пепел вещества обладают высокой химической активностью (Уколова, 1998). В связи с тем что нерест и развитие карася проходят в мелких непроточных водоемах, отрицательное воздействие вулканического пепла на стабильность его развития, на наш взгляд, может быть значительным.

Анализ значений признаков показывает, что исследованные популяции серебряного карася довольно сильно различаются средними величинами использованных признаков. Наибольшие колебания числа ветвистых лучей в грудных плавниках характерны для серебряного карася из оз. Лебединое (14-19); несколько меньшие – отмечены для рыб из оз. Ханка и Фадеевского водохранилища (15-19) и оз. Тунайча (14-18); еще меньше колебания по этому признаку у карасей из озер Сазанье и Родниковое (15-18), оз. Большой Пелис и р. Камчатка (14-17) и оз. Кролевецкое (16-19), а минимальные – у рыб из р. Туманная (15-17). По среднему числу ветвистых лучей в грудных плавниках наименьшим значением выделяется карась из р. Камчатка (15,50), а наибольшим – из оз. Кролевецкое (17,15); в остальных водоемах значение этого показателя колеблется от 15,70 (Большой Пелис) до 17,01 (Ханка). По среднему значению этого признака серебряный карась разбивается на две группы: к рыбам из Фадеевского водохранилища и оз. Родниковое с одинаковым числом ветвистых лучей в грудных плавниках примыкает серебряный карась из оз. Сазанье. Вторую подгруппу в этой группе образуют рыбы из озер Кролевецкое и Ханка. Во второй группе минимально различаются между собой караси из р. Туманная и оз. Тунайча; к ним примыкают рыбы из оз. Лебединое. Другая подгруппа в этой группе образована особями из оз. Большой Пелис и р. Камчатка (табл. 4).

Максимальные колебания числа ветвистых лучей в брюшных плавниках характерны для серебряного карася из оз. Лебединое (5-9); несколько меньшие – для рыб из озер Большой Пелис, Родниковое и Тунайча (6-9), а минимальные колебания встречались у особей из озер Сазанье, Кролевецкое, Ханка, Фадеевского водохранилища и р. Туманная (7-9), а также р. Камчатка (6-8). Наименьшее среднее число ветвистых лучей в брюшных плавниках отмечается у рыб из р. Камчатка (7,47), а максимальное (8,01) – из оз. Ханка; в остальных популяциях число лучей находится в пределах 7,63 (Большой Пелис) – 7,99

(Кролевецкое). По среднему числу ветвистых лучей в брюшных плавниках выборки серебряного карася также разбиваются на две группы. Не различаются по этому показателю рыбы из р. Туманная и оз. Сазанье; от них достоверно не отличается карась из озер Кролевецкое и Тунайча. Во второй группе достоверно не различаются рыбы из оз. Лебединое и Фадеевского водохранилища, а другую подгруппу образуют достоверно не различающиеся между собой караси из озер Большой Пелис, Родниковое и р. Камчатка (табл. 4).

Максимальные колебания числа заглазничных костей отмечены для серебряного карася из оз. Кролевецкое (3-7); меньшие – для рыб из оз. Сазанье (3-6), рек Туманная и Камчатка, озер Большой Пелис, Родниковое и Фадеевского водохранилища (2-5), а наименьшие колебания – для особей из озер Лебединое, Ханка и Тунайча (3-5). Наименьшее среднее число заглазничных костей отмечается у карася из р. Камчатка (3,34), а наибольшее (4,01) – из оз. Кролевецкое; в остальных популяциях величина этого показателя колеблется от 3,56 (Фадеевское) до 3,91 (Сазанье). По среднему числу заглазничных костей исследованные выборки серебряного карася разбиваются на три группы. Одну образуют достоверно не различающиеся по этому показателю рыбы из озер Сазанье, Кролевецкое и Ханка. Другая группа состоит из двух подгрупп: в одну входят особи из озер Большой Пелис, Родниковое и Фадеевского водохранилища, а в другую – из озер Лебединое, Тунайча и р. Туманная. Третья группа состоит из карасей р. Камчатка, которые значительно отличаются от таковых из всех других выборок (табл. 4).

Наибольшие колебания числа подглазничных костей характерны для серебряного карася из озер Ханка (2-4) и Тунайча (1-3). В остальных выборках колебания этого показателя минимальны: чаще – 2-3 (озера Лебединое, Сазанье, Кролевецкое, Родниковое, р. Камчатка, Фадеевское водохранилище), реже – 1-2 (р. Туманная и оз. Большой Пелис). По среднему числу подглазничных костей минимальным значени-

Таблица 4

Средние (над чертой) и колебания (под чертой) значений признаков у серебряного карася из разных водосемов Дальнего Востока

Признак	Р. Туманная (1)	Оз. Лебединое (2)	Оз. Сазанье (3)	Оз. Кролевецкое (4)	Оз. Ханка (5)	Оз. Б. Пелис (6)	Фадеевское в-ще (7)	Р. Камчатка (8)	Оз. Родниковое (9)	Оз. Тунайча (10)
P	$\frac{16.10 \pm 0.05}{15-17}$	$\frac{16.27 \pm 0.10}{14-19}$	$\frac{16.84 \pm 0.06}{15-18}$	$\frac{17.15 \pm 0.05}{16-19}$	$\frac{17.01 \pm 0.06}{15-19}$	$\frac{15.70 \pm 0.06}{14-17}$	$\frac{16.66 \pm 0.06}{15-19}$	$\frac{15.50 \pm 0.05}{14-17}$	$\frac{16.67 \pm 0.05}{15-18}$	$\frac{15.97 \pm 0.07}{14-18}$
V	$\frac{7.97 \pm 0.04}{7-9}$	$\frac{7.75 \pm 0.08}{5-9}$	$\frac{7.97 \pm 0.04}{7-9}$	$\frac{7.99 \pm 0.02}{7-9}$	$\frac{8.01 \pm 0.03}{7-9}$	$\frac{7.63 \pm 0.04}{6-9}$	$\frac{7.74 \pm 0.04}{7-9}$	$\frac{7.47 \pm 0.04}{6-8}$	$\frac{7.56 \pm 0.04}{6-9}$	$\frac{7.95 \pm 0.07}{6-9}$
PORB	$\frac{3.77 \pm 0.05}{2-5}$	$\frac{3.72 \pm 0.06}{3-5}$	$\frac{3.91 \pm 0.05}{3-6}$	$\frac{3.94 \pm 0.04}{3-7}$	$\frac{4.01 \pm 0.04}{3-5}$	$\frac{3.59 \pm 0.05}{2-5}$	$\frac{3.56 \pm 0.04}{2-5}$	$\frac{3.34 \pm 0.04}{2-5}$	$\frac{3.60 \pm 0.04}{2-5}$	$\frac{3.71 \pm 0.05}{3-5}$
SORB	$\frac{1.99 \pm 0.01}{1-2}$	$\frac{2.04 \pm 0.02}{2-3}$	$\frac{2.15 \pm 0.02}{2-3}$	$\frac{2.09 \pm 0.02}{2-3}$	$\frac{2.14 \pm 0.03}{2-4}$	$\frac{1.99 \pm 0.006}{1-2}$	$\frac{2.03 \pm 0.01}{2-3}$	$\frac{2.01 \pm 0.008}{2-3}$	$\frac{2.03 \pm 0.01}{2-3}$	$\frac{2.07 \pm 0.02}{1-3}$
POP	$\frac{7.82 \pm 0.06}{6-10}$	$\frac{8.03 \pm 0.11}{6-11}$	$\frac{7.60 \pm 0.05}{6-9}$	$\frac{7.94 \pm 0.06}{6-11}$	$\frac{8.02 \pm 0.06}{6-11}$	$\frac{8.60 \pm 0.06}{7-11}$	$\frac{7.88 \pm 0.05}{5-9}$	$\frac{7.87 \pm 0.06}{5-11}$	$\frac{8.26 \pm 0.04}{7-10}$	$\frac{7.36 \pm 0.07}{5-9}$
LACR	$\frac{2.16 \pm 0.04}{1-3}$	$\frac{2.20 \pm 0.06}{1-4}$	$\frac{2.32 \pm 0.03}{1-4}$	$\frac{2.15 \pm 0.03}{1-3}$	$\frac{2.49 \pm 0.04}{1-4}$	$\frac{2.05 \pm 0.02}{1-3}$	$\frac{2.28 \pm 0.04}{1-3}$	$\frac{1.97 \pm 0.04}{1-3}$	$\frac{2.02 \pm 0.015}{1-3}$	$\frac{1.98 \pm 0.03}{1-3}$

ем выделяется карась из р. Туманная и оз. Большой Пелис (1,99), а максимальным (2,15) – из оз. Сазанье; в остальных водоемах число подглазничных костей колеблется от 2,01 (Камчатка) до 2,14 (Ханка). По этому показателю все выборки серебряного карася разбиваются на три группы. В одну входят рыбы из рек Туманная и Камчатка, озер Лебединое, Родниковое, Большой Пелис и Фадеевского водохранилища. Вторая группа образована карасями из озер Кролевецкое и Тунайча, а третья – из озер Сазанье и Ханка (табл. 4).

Максимальные колебания числа каналов второго порядка сейсмодатчикной системы на предкрышечных костях отмечены у серебряного карася из р. Камчатка (5-11); несколько меньше – у рыб из озер Лебединое, Кролевецкое и Ханка; еще меньше колебания этого признака у особей из Фадеевского водохранилища и оз. Тунайча (5-9), р. Туманная (6-10) и оз. Большой Пелис (7-11), а минимальны – у карасей из озер Сазанье (6-9) и Родниковое (7-10). Наибольшее среднее значение числа каналов второго порядка на предкрышечных костях характерно для серебряного карася из оз. Ханка (2,49), а наименьшее – для рыб из р. Камчатка (1,97). В остальных выборках среднее значение этого показателя колеблется от 1,98 (оз. Тунайча) до 2,32 (оз. Сазанье). По средним значениям числа каналов второго порядка на предкрышечных костях все выборки серебряного карася разбиваются на четыре группы. К довольно плотной подгруппе достоверно не различающихся по средним значениям этого признака выборок (Фадеевское водохранилище, реки Туманная и Камчатка, оз. Кролевецкое) примыкают не отличающиеся друг от друга рыбы из оз. Лебединое и Ханка. К этой группе присоединяется довольно значительно отличающиеся рыбы из оз. Родниковое. Третью группу составляют рыбы из озер Сазанье и Тунайча. Обособленно стоит карась из оз. Большой Пелис, который достоверно отличается максимальным значением этого показателя (табл. 4).

Наибольшие колебания числа каналов второго порядка сейсмодатчикной системы на слезных костях характерны для серебряного карася из озер Лебединое, Сазанье и Ханка (1-4). В остальных популяциях колебания этого показателя меньше – 1-3. Максимальное среднее значение числа каналов второго порядка на слезных костях характерно для серебряного карася из оз. Ханка (2,49), а минимальное – для рыб из р. Камчатка (1,97). В остальных выборках значение этого показателя колеблется от 1,98 (оз. Тунайча) до 2,32 (оз. Сазанье). По средним значениям числа каналов второго порядка на слезных костях все выборки серебряного карася разбиваются на три группы. Одна довольно плотная группа состоит из карасей, обитающих в р. Камчатка, озерах Большой Пелис, Родниковое и Тунайча. В другой группе к подгруппе, состоящей из рыб из р. Туманная, озер Лебединое и Кролевецкое, примыкают особи из оз. Сазанье и Фадеевского водохранилища. Обособленно стоит рыба из оз. Ханка (табл. 4).

Сводный материал по средним значениям всех использованных признаков дает следующие результаты: вся совокупность выборок разбивается на четыре группы. Первая группа состоит из серебряных карасей таких озерных популяций, как Сазанье, Кролевецкое и Ханка. Другая группа состоит из двух подгрупп: р. Туманная, оз. Лебединое и Фадеевское водохранилище, оз. Родниковое. К этим двум группам примыкает выборка рыб из оз. Тунайча. Обособленно располагается в кластере группа, в которую входят караси из оз. Большой Пелис и р. Камчатка (рис. 2).

### Заключение

Таким образом, показана возможность оценки стабильности развития серебряного карася из некоторых водоемов Дальнего Востока с помощью различных показателей флуктуирующей асимметрии. Разница в уровне флуктуирующей асимметрии, а значит и стабильности развития серебряного карася из разных водоемов Дальнего Востока, обусловлена, на наш взгляд, различиями в условиях эмбрионального и раннего постэмбрионального развития во время закладки и морфогенеза структур исследованных признаков. Высокий уровень флуктуирующей асимметрии у серебряного карася из большинства водоемов объясняется значительным химическим загрязнением антропогенного характера, а в некоторых, кроме того, и обсыханием развивающихся эмбрионов и личинок; в одном случае (р. Камчатка) он является результатом как акклиматизации, так и попада-



ния в нерестовые водоемы вулканического пепла, который обладает высокой химической активностью. Исследованные популяции серебряного караса довольно сильно различаются по средним значениям использованных признаков.

Характерно, что почти каждая из популяций отличается своей картиной соотношения дисперсий флуктуирующей асимметрии и средних значений исследованных признаков. Вероятно, это связано как с изоляцией и отсутствием в связи с этим генетического обмена, так и с уникальностью условий каждого водоема. Не последнюю роль, по-видимому, играют и изменчивость митохондриальной ДНК, а также степень плоидности генома.

### Благодарности

Авторы глубоко признательны н.с. ТИНРО-центра М.Е. Шаповалову, зав. лаб. Сах НИРО П.К. Гудкову, ст. н. с. Института биологии моря А.С. Соколовскому за помощь в сборе материала и зав. лаб. этого же института В.А. Паренскому за участие в обсуждении полученных результатов и методическую помощь.

### Литература

- Брыков Вл.А., Полякова Н.Е., Скурихина Л.А., Долганов С.М., Елисейкина М.Г., Ковалев М.Ю. Изменчивость митохондриальной ДНК у караса (*Carassius auratus gibelio*) в связи с особенностями размножения и расселения // Генетика. 2002. Т. 38, № 10. С. 1387–1392.
- Гилева Э.А., Нохрин Д.Ю. Флуктуирующая асимметрия краниометрических признаков у восточноевропейской полевки из зоны радиационного неблагополучия // Экология. № 1. 2001. С. 44–49.
- Головинская К. А., Ромашов Д. Д., Черфас Н. Б. Однополые и двуполоые формы серебряного караса (*Carassius auratus gibelio* Bl.) // Вопросы ихтиологии. 1965. Т. 5. № 4. С. 614–629.
- Захаров В.М. Асимметрия животных. М.: Наука. 1987. 216 с.
- Захаров В.М., Кларк Д.М. Биотест. Интегральная оценка здоровья экосистем и отдельных видов. М.: Московское отд. Международного фонда "Биотест". 1993. 68 с.
- Кирпичников В. С. Генетика и селекция рыб. Л.: Наука. 1987. 520 с.
- Ковалев М.Ю., Азарова И.А., Романов Н.С. Особенности биологии серебряного караса *Carassius auratus gibelio* (Bloch) из некоторых водоемов Дальнего Востока // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 277–283.
- Комплексная экологическая оценка влияния стока реки Туманной на прибрежные акватории Российской Федерации (по результатам морских экспедиционных работ в 1997 г.): Отчет по проекту Миннауки РФ. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. 1997. 133 с.
- Комплексная экологическая оценка влияния стока реки Туманной на прибрежные акватории Российской Федерации (по результатам морских экспедиционных работ в 1998 г.): Отчет по проекту Миннауки РФ. Владивосток: ИБМ ДВО РАН. 1998. 197 с.
- Кучер А.И. Влияние антропогенных воздействий на биологическую продуктивность озера Ханка. Труды Международной научно-практической конференции "Проблемы сохранения водноболотных угодий международного значения: озеро Ханка". Спасск-Дальний. 1995. С. 619–624.
- Кузнецов И.И. Опыты акклиматизации карасей на Камчатке и красной на Амуре // Рыбн. хоз-во Дальнего Востока. 1931. № 1–2. С. 49–53.

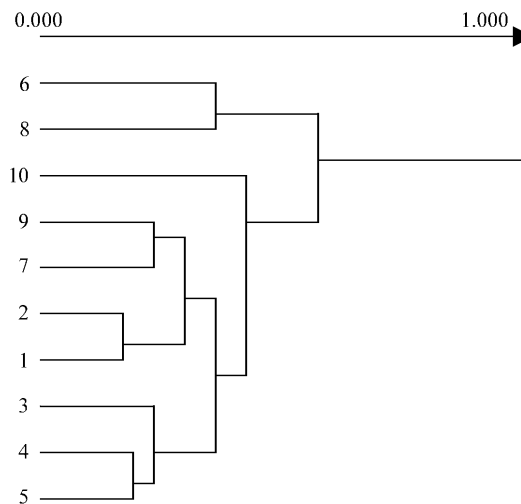


Рис. 2. Обобщенное сходство по долям асимметричных рыб в выборках серебряного караса из некоторых водоемов Дальнего Востока. Нумерация водоемов, как в табл. 1 – 4

- Огородникова А.А. Эколого-экономическая оценка воздействия береговых источников загрязнения на природную среду и биоресурсы залива Петра Великого. Владивосток: Изд-во ТИНРО-центра. 2001. 193 с.
- Плохинский Н.А. Биометрия. Москва: Изд. МГУ. 1970. 367 с.
- Романов Н.С. Флуктуирующая асимметрия лососей заводского и естественного воспроизводства // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 328–335.
- Суворов Е.К. Основы ихтиологии. Л.: Советская наука. 1948. 580 с.
- Сяпина И.Г., Соколовский А.С., Соколовская Т.Г. Патология рыб из устья реки Туманной и прилегающей морской акватории // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука. 2001. Т. 2. С. 138–175.
- Уколова Т.К. Гидрохимический режим озера Курильского в связи с его фертилизацией // Проблемы фертилизации лососевых озер Камчатки. Владивосток: Изд-во ТИНРО. 1988. С. 25–33.
- Христофорова Н.К., Журавель Е.В., Недоросткова И.Г. Содержание детергентов и фенолов в поверхностных водах приустьевой зоны реки Туманной и сопредельных морских водах (залив Петра Великого Японского моря) // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука. 2001. Т. 2. С. 27–40.
- Чеботарева Ю.В., Изюмов Ю.Г. Морфологическая изменчивость, флуктуирующая асимметрия и частота микроядер в эритроцитах периферической крови у серебряного карася *Carassius auratus gibelio* из пруда-отстойника бытовых стоков // Вопр. Ихтиологии. 2001. Т. 41. № 2. С. 283–285.
- Чернова Е.Н., Кавун В.Я. Концентрации тяжелых металлов в органах карася серебряного *Carassius auratus gibelio* (Cypriniformes, Cyprinidae) из озера Лебединого бассейна реки Туманной // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука. 2000. Т. 1. С. 186–194.
- Чубанишвили А.Т. Гомеостаз развития в популяциях озерной лягушки (*Rana ridibunda* Pall.), обитающих в условиях химического загрязнения в районе средней Волги // Экология. 1998. № 1. С. 71–74.
- Шулькин В.М. Оценка загрязнения металлами реки Туманной и прилегающих морских вод // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука. 2000. Т. 1. С. 76–85.
- Шулькин В.М., Мощенко А.В. Уровень загрязнения и факторы, определяющие содержание поллютантов в донных отложениях российской части приустьевой зоны реки Туманной // Экологическое состояние и биота юго-западной части залива Петра Великого и устья реки Туманной. Владивосток: Дальнаука. 2000. Т. 1. С. 86–98.
- Ames L.J., Felley J.d. and Smith M.H. Amounts of asymmetry in centrarchid fish inhabiting heated and nonheated reservoirs // Trans. Am. Fish. Soc. 1979. V. 108. P. 489–495.
- Beardmore J.A. Developmental stability in constant and fluctuating temperatures // Am. J. Phys. Anthropol. 1960. V. 14. P. 411–422.
- Cleaning Up the Tumen River, 2000 // Tumen Update. 2000. № 2. P. 23.
- Environmental key issues in the Tumen River area, its related coastal regions and its North-East Asian hinterlands. Beijing. 1997. 46 p.
- Jagoe C.H., Haines T.A. Fluctuating asymmetry in fishes inhabiting acidified and unacidified lakes // Can. J. Zool. 1985. V. 83. N1. P.130–138.
- Romanov N.S. Fluctuating asymmetry in Chum Salmon, *Oncorhynchus keta*, from the Maritime Province // J. of Ichthyology. 1995. V. 35. N9. P. 171–82.1995.
- Soule M.E., Cuzin-Roudi J. Allometric variation. 2:Developmental instability of extreme phenotypes // Amer. Natur. 1982. V. 120, N6. P. 765–786.
- Tebb G., Thoday J.M. Genetic effects of diurnal temperature change in laboratory populations of *Drosophila melanogaster* // Proc. IX Intern. Congr. Genet. Caryol. 1954a. V. 1. P. 789–791.
- Tebb G., Thoday J.M. Stability in development and relational balance of X-chromosomes in *Drosophila melanogaster* // Nature. 1954b. V. 174. P.1109–1110.
- Valentine D.V., Soule M. Effect of p,p'-DDT on developmental stability of pectoral fin raris in the grunion, *Leuresthes tenuis* // Nat. Mar. Fish. Serv. Fish. Bull. 1973. V. 71. P. 921–925.
- Valentine D.V., Soule M.E., Samollov P. Asymmetry analysis in fishes: a possible statistical indicator of environmental stress // Nat. Mar. Fish. Serv. Fish. Bull. 1973. V. 71. P.357–370.
- Zakharov V.M., Ruban G.I. The disturbance of developmental stability as an indicator of anthropogenic influence on animal population in the Baltic Sea Basin // Symp. Ecol. Invest. Baltic. Sea Env. (Riga, USSR, 1983). Helsinki: Valkion Painatukeskus. 1985. P. 526–536.
- Zhu Yanming, Li Jinsong, Lu Xueqiang. A study on quality of aquatic environment in Tumen River area // Chinese geogr. Sci. 1998. V. 8. № 2. P. 126–135.