

**МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ МЕЛКОЧЕШУЙНОЙ
КРАСНОПЕРКИ *TRIBOLODON BRANDTI* (CYPRINIDAE)
ИЗ НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА**

Н.С. Романов, М.Ю. Ковалев

*Институт биологии моря ДВО РАН, ул. Пальчевского, 17, Владивосток
690041 Россия. E-mail: n_romanov@inbox.ru*

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

**MORPHOLOGICAL VARIABILITY IN FAR EASTERN DACE *TRIBOLODON
BRANDTI* (CYPRINIDAE) FROM SOME FAR EASTERN RESERVOIRS**

N.S. Romanov, M.Yu. Kovalev

*Institute of Marine Biology, Russian Academy of Sciences, Far East Branch, Palchevsky st., 17, Vladivostok
690041 Russia E-mail: n_romanov@inbox.ru*

Description of morphological variability of Far Eastern Dace *Tribolodon brandti* from six basins of the Far East is presented. The main object of investigation is fluctuating asymmetry (FA) as an indicator of development stability; six features and different meanings of FA have been used for this purpose. The significant differences are found in FA and, therefore, in development stability of Far Eastern Dace from different basins, to our mind, this fact is caused by the differences in conditions of embryonic and early postembryonic development. High level of FA in Far Eastern Dace 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 FA dispersions with respect to the analyzed features. The significant differences of Far Eastern Dace from different basins are also found with respect to the average meanings of features.

Флуктуирующая асимметрия (ФА) 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). ФА 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). В некоторых работах (Захаров, 1987; Tebb, Thoday, 1954; Beardmore, 1960; Valentine, Soule, 1973) показано, что определенный уровень ФА (как отражение определенной стабильности развития) соответствует определенным ус-

ловиям среды и может быть совершенно иным при необычных условиях развития. Это положение было подтверждено нами на кете и нерке, условия развития которых на рыбобоводных заводах не соответствовали таковым в природе, что проявилось в повышенном уровне ФА рыб заводского происхождения по сравнению с таковыми от естественного воспроизводства (Romanov, 1995; Романов, 2001). Рядом исследователей показана возможность использования ФА для решения задач контроля состояния природных популяций разных видов, т. е. осуществления биомониторинга (Захаров, 1987; Захаров, Кларк, 1993; Захаров и др., 2000; 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.

Дальневосточные красноперки рода *Tribolodon* являются эндемиками Дальнего Востока. Их ареал занимает Тихоокеанское побережье Азии от Тайваня на юге до Шантарских островов на севере (Берг, 1949); есть они на южных Курильских островах, Сахалине и островах Японского архипелага (Линдберг, Легеза, 1965). Род *Tribolodon* является единственным представителем семейства Cyprinidae на Дальнем Востоке, виды которого ведут типично проходной образ жизни. Они нагуливаются в море, а на зимовку и нерест заходят в реки, но могут образовывать жилые формы (Решетников и др., 1997). Работ по морфологической изменчивости мелкочешуйной красноперки довольно много, но вопросы ФА в них не рассматривались. Целью данного исследования явилось изучение ФА и средних значений некоторых признаков мелкочешуйной красноперки из разных районов ее ареала.

Материал и методика

Материалом для данной статьи послужили сборы мелкочешуйной красноперки в Хасанском (р. Туманная), Надеждинском (р. Раздольная), Шкотовском (р. Артемовка), Партизанском (р. Литовка) районах Приморского края, Ванинском районе Хабаровского края (р. Тумнин) и Корсаковском районе Сахалинской области (оз. Тунайча). Объем собранного материала отображен в табл. 1. Нами анализировались легко оцениваемые билатеральные признаки: число ветвистых лучей в грудных (Р) и брюшных (V) плавниках, число заглазничных (porb) и подглазничных (sorb) костей головы, число каналов второго порядка сейсмодатчикной системы головы на предкрышечной (por), на первой заглазничной (porb-I) и слезной (lacr) костях. Подробно методика обработки материала описана нами ранее (Романов, Ковалев, 2004). ФА оценивалась по следующим показателям: 1) доля асимметричных рыб в выборке, 2) доля асимметричных особей по разному числу признаков от числа асимметричных рыб в выборке, 3) доля асимметричных особей по каждому из признаков от общего числа случаев асимметрии в выборке, 4) дисперсия флуктуирующей асимметрии (ДФА). Поскольку отдельные особи могут быть асимметричными не только по одному, но и по нескольким признакам, первый показатель, на

Таблица 1

Доля асимметричных (Асим, %), симметричных (Сим, %) особей мелкочешуйной красноперки из некоторых водоемов Дальнего Востока

Водоем	N	Асим	Сим	Доля асимметричных рыб по разному числу признаков, %						
				1	2	3	4	5	6	7
Р. Туманная	100	96,0	4,0	15,6	33,3	33,3	13,5	3,1	1,0	—
Р. Раздольная	100	94,0	6,0	9,6	33,0	34,0	16,0	3,2	3,2	1,1
Р. Артемовка	100	78,0	22,0	43,6	30,8	21,8	2,6	1,3	—	—
Р. Литовка	90	95,6	4,4	18,6	46,5	19,8	12,8	2,3	—	—
Р. Тумнин	97	80,4	19,6	46,2	37,2	10,3	5,1	1,3	—	—
Оз. Тунайча	46	73,9	26,1	70,6	26,5	2,9	—	—	—	—

наш взгляд, оценивает уровень ФА не очень объективно, как правило занижая его. Поэтому для интегрирующей оценки ФА по нескольким признакам был применен и такой показатель, как 5) средняя частота асимметричного проявления на признак (ЧА) (Захаров и др., 2001):

$$ЧА = (\sum X_i) / n,$$

где X_i – число асимметричных признаков у каждой особи, поделенное на число используемых признаков, n – число особей в выборке. Для ориентировочной оценки степени отклонения состояния исследованных популяций мелкочешуйной красноперки от нормы была использована балльная система (Захаров и др., 2000). Была применена пятибалльная шкала оценки, в которой первый балл соответствовал условно нормальному состоянию популяции, а пятый – критическому. Для этого диапазон варьирования показателя стабильности развития (ЧА) был разбит на пять условных групп, каждая из которых соответствовала определенному баллу. Достоверность различий ДФА определялась по величине F – критерия Фишера, а ЧА и средних значений признаков – по величине t_{st} – критерия Стьюдента (Плохинский, 1970). Дендрограмма сходства строилась по методу полного сцепления. В качестве характеристики различий использовалось Евклидово расстояние.

Результаты и обсуждение

В исследованных нами выборках красноперки асимметричные особи составляли от 74 % (оз. Тунайча) до 96 % (реки Туманная и Литовка); немного меньше (94 %) в р. Раздольная. Средние значения этого показателя характерны для красноперки из р. Артемовка (78 %) и р. Тумнин (80 %). Напротив, доля симметричных рыб была максимальной в оз. Тунайча и минимальной в реках Туманная и Литовка. Среди асимметричных рыб доля особей, асимметричных по одному признаку, колебалась в значительных пределах – от 10 % (р. Раздольная) до 71 % (оз. Тунайча). Колебания доли рыб, асимметричных по двум признакам, менее значительны – от 27 % (оз. Тунайча) до 47 % (р. Литовка). Колебания доли красноперок, асимметричных по трем признакам, довольно велики – от 3 % (оз. Тунайча) до 33 % (реки Туманная и Раздольная). В меньших пределах в исследованных выборках колеблется число рыб, асимметричных по четырем признакам – от 0 % (оз. Тунайча) до 16 % (р. Раздольная). Рыбы, асимметричные по пяти признакам, не встречались в оз. Тунайча; невелико значение этого показателя у красноперки из рек Артемовка и Тумнин (1,3 %), а максимально – в выборках из р. Туманная (3,1 %) и р. Раздольная (3,2 %). Из всех исследованных выборок только в реках Туманная и Раздольная отмечены особи, асимметричные по шести (1,0 % и 3,2 % соответственно), а в р. Раздольная по семи (1,1 %) признакам. Более 90 % рыб из оз. Тунайча асимметричны по одному и двум признакам; также более 90 % особей, асимметричных по одному, двум и трем признакам, в выборках из рек Артемовка и Тумнин. В реках Туманная, Раздольная и Литовка около 66 % особей асимметричны по двум и трем признакам (табл. 1).

Среди случаев асимметрии наибольшую долю в сумме – около 83 % – составляют рыбы, асимметричные по числу лучей в грудных плавниках, числу каналов на предкрышечных, слезных и первых заглазничных костях в выборках из рек Туманная, Тумнин и Литовка. В других выборках довольно большую долю – от 16,3 % (реки Раздольная и Артемовка) до 23,8 % (оз. Тунайча) составляют особи, асимметричные по числу заглазничных костей. Доля случаев асимметрии по числу лучей в брюшных плавниках невелика – от 3,5 % (р. Литовка) до 7,1 % (оз. Тунайча), а рыбы из остальных выборок очень близки между собой по значению этого показателя. Еще меньше случаев асимметрии по числу подглазничных костей – от 0,8 % (р. Туманная) до 2,7 % (р. Артемовка); одинаковое значение этого показателя (1,5 %) отмечается для рыб из рек Раздольная и Литовка, довольно близки между собой выборки из р. Тумнин (2,2 %) и оз. Тунайча (2,4 %) (табл. 2).

Таблица 2

Доля асимметричных по отдельным признакам особей от числа случаев асимметрии и средняя частота асимметричного проявления на признак (ЧА) у мелкочешуйной красноперки в некоторых водоемах Дальнего Востока

Водоем	Доля асимметричных рыб по признакам от числа случаев асимметрии, %							ЧА
	P	V	porb	sorb	pop	lacr	porb-1	
Р. Туманная	21,0	5,0	11,3	0,8	18,9	22,3	20,6	0,354± 0,02
Р. Раздольная	16,6	5,3	16,2	1,5	23,0	18,5	18,9	0,381± 0,02
Р. Артемовка	21,1	6,1	16,3	2,7	19,0	18,4	16,3	0,209± 0,02
Р. Литовка	16,6	3,5	10,1	1,5	26,1	18,1	24,1	0,319± 0,02
Р. Тумнин	17,3	6,5	10,1	2,2	25,9	20,1	18,0	0,205± 0,02
Оз. Тунайча	21,4	7,1	23,8	2,4	19,0	14,3	11,9	0,140± 0,02

Примечание. Обозначения см. в разделе «Материал и методика».

По ДФА по числу лучей в грудных плавниках наименьшим значением выделялась выборка красноперки из оз. Тунайча (0,200), а наибольшим – из р. Туманная (0,503). Кластеризация выборок красноперки по ДФА по этому признаку показывает, что они разбиваются на три группы: в одну входят выборки из рек Артемовка и Литовка, в другую – из рек Туманная и Раздольная, в третью – из р. Тумнин и оз. Тунайча. Минимальное значение ДФА по числу лучей в брюшных плавниках характерно для рыб из р. Литовка (0,079), а максимальное – для красноперки из оз. Тунайча (0,155). Кластеризация выборок красноперки по ДФА по этому признаку показывает, что они разбиваются на три группы: одна образована выборками из рек Туманная и Артемовка, другая – из р. Раздольная и оз. Тунайча, третья – из рек Литовка и Тумнин. По ДФА по числу заглазничных костей наименьшим значением выделяется красноперка из р. Тумнин (0,145), а наибольшим – из р. Раздольная (0,434). Кластеризация выборок красноперки по ДФА по этому признаку показывает, что они разбиваются на четыре группы: одна состоит из мало различающихся между собой по этому показателю выборок из рек Литовка и Артемовка и оз. Тунайча; к этой группе примыкает кластер красноперки из р. Туманная; несколько в стороне располагается выборка из р. Тумнин, а рыбы из р. Раздольная стоят наиболее обособленно. Минимальное значение ДФА по числу подглазничных костей отмечено для рыб из р. Туманная (0,020) и оз. Тунайча (0,022), а максимальное – для красноперки из рек Раздольная и Артемовка (0,040). Кластеризация выборок красноперки по ДФА по числу подглазничных костей показывает, что по этому показателю они разбиваются на три группы: одну группу образуют выборки из рек Раздольная и Артемовка; к ней примыкает кластер, образованный рыбами из рек Тумнин и Литовка; достаточно обособленно располагается группа из выборок р. Туманная и оз. Тунайча. По ДФА по числу каналов на предкрышечных костях наименьшим значением выделяется выборка красноперки из оз. Тунайча (0,178), а наибольшим – из р. Раздольная (0,948). Кластеризация выборок по ДФА по этому признаку показывает, что они разбиваются на два кластера: один из них образуют выборки из рек Туманная и Раздольная и примыкающая к ним выборка из р. Литовка; второй – из красноперок из рек Артемовка и Тумнин и примыкающей к ним выборки из оз. Тунайча. Минимальное значение ДФА по числу каналов на слезных костях характерно для рыб из оз. Тунайча (0,178), а максимальное – для красноперки из р. Раздольная (0,614). Кластеризация выборок по ДФА по числу каналов на слезных костях показывает, что они разбиваются на четыре группы: первая включает выборки из рек Туманная и Раздольная; к ней примыкает кластер р. Литовка; к группе выборок из рек Артемовка и Тумнин, примыкает кластер красноперки из оз. Тунайча. По ДФА по числу каналов на первых заглазничных костях наименьшим значением отличается выборка из оз. Тунайча (0,111), а наибольшим – из р. Раздольная (0,715). В остальных выборках значение этого показателя колеблется от

0,260 (р. Тумнин) и 0,273 (р. Артемовка) до – 0,640 (р. Литовка) и 0,666 (р. Туманная). Кластеризация выборок по ДФА по этому признаку показывает, что они разбиваются на три группы: в первой группе объединяются выборки из рек Туманная, Раздольная и Литовка; во второй – из рек Артемовка и Тумнин; обособленно располагается кластер из оз. Тунайча. Характерно, что по пяти из семи использованных признаков минимальное значение ДФА наблюдается в выборке из оз. Тунайча, а максимальное (тоже по пяти) – у рыб из р. Раздольная. Кроме этого, бросается в глаза то, что почти каждая из выборок отличается своей картиной соотношения ДФА по исследованным признакам, что объясняется стохастической природой данного явления (табл. 3). В результате этого по ДФА все выборки красноперки по разным признакам группируются неодинаково.

Таблица 3

Дисперсия флуктуирующей асимметрии у мелкочешуйной красноперки из некоторых водоемов Дальнего Востока

Признак	Р. Туманная	Р. Раздольная	Р. Артемовка	Р. Литовка	Р. Тумнин	Оз. Тунайча
P	0,503	0,447	0,343	0,371	0,250	0,200
V	0,121	0,144	0,121	0,079	0,094	0,155
porb	0,304	0,434	0,242	0,224	0,145	0,222
sorb	0,020	0,040	0,040	0,034	0,031	0,022
pop	0,817	0,948	0,313	0,685	0,405	0,178
lacr	0,595	0,614	0,307	0,471	0,323	0,133
porb-1	0,666	0,715	0,273	0,640	0,260	0,111

Примечание. Обозначения, как в табл. 2.

По ЧА исследованные выборки красноперки разбиваются на две группы: одну образуют выборки из рек Тумнин и Артемовка (0,205 и 0,209 соответственно) и из оз. Тунайча (0,140); другую – выборки из рек Литовка (0,319), Туманная (0,354) и Раздольная (0,381), что подтверждается и кластеризацией выборок по этому показателю. Красноперка из оз. Тунайча достоверно отличается как от рыб из рек Артемовка и Тумнин ($p < 0,05$), так и от особей этого вида из рек Туманная, Раздольная и Литовка ($p < 0,001$). Во второй группе только мелкочешуйная красноперка из р. Литовка достоверно отличается от рыб из р. Раздольная ($p < 0,05$). Выборки мелкочешуйной красноперки из второй группы достоверно отличаются от всех выборок из первой группы ($p < 0,001$) (рис. 1, табл. 2).

Минимальный уровень флуктуирующей асимметрии, представленный нами в виде различных показателей (табл. 1, 2, 3), обнаружен у красноперки из оз. Тунайча и рек Тумнин и Артемовка, что говорит о довольно высокой стабильности ее развития в данных водоемах, т.е. закладка и морфогенез структур изученных нами признаков в эмбриональном и раннем постэмбриональном развитии протекали в хороших условиях. Это может быть объяснено тем, что указанные водоемы характеризуются чистой водой, так как антропогенное воздействие на их бассейны невелико. Напротив, красноперка из трех других водоемов (реки: Туманная, Раздольная и Литовка) отличается высоким уровнем флуктуирующей асимметрии и низкой стабильностью развития по большинству исследованных нами признаков (табл. 1, 2, 3). Особенно четкие различия между этими двумя группами показывает

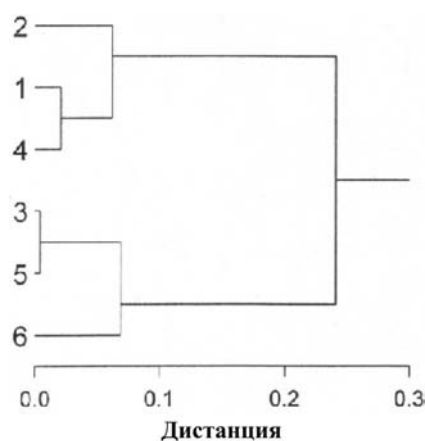


Рис. 1. Сходство выборок мелкочешуйной красноперки из некоторых водоемов Дальнего Востока по средней частоте асимметричного проявления на признак. Нумерация водоемов, как в табл. 4

такой показатель, как ЧА. Низкая стабильность развития у красноперки из водоемов второй группы может быть, на наш взгляд, обусловлена значительной загрязненностью этих водоемов, так как они находятся под значительным антропогенным воздействием. Р. Туманная очень сильно загрязнена промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми отходами (Zhu et al., 1998; Шулькин, 2000), так как только крупнейшие предприятия КНР и КНДР сбрасывают в р. Туманная и ее притоки около 326 млн т неочищенных вод в год (Environmental key ..., 1997). Кроме того, в бассейне р. Туманная проживает почти 2 млн 200 тыс. человек (Cleaning ..., 2000). Р. Раздольная значительно загрязнена промышленными, сельскохозяйственными и бытовыми отходами как российского, так и китайского происхождения (верхняя треть этой реки протекает по китайской территории). Особенно велика роль г. Уссурийска в загрязнении р. Раздольной, так как доля нормативно очищенных промышленных и бытовых сточных вод составляет всего 1,4 %. Сток с сельскохозяйственных угодий удобрений, пестицидов и отходов пастбищного содержания животных составляет около 30 % всего поступления загрязняющих веществ (Огородникова, 2001).

ЧА у красноперки в исследованных нами выборках варьировала от 0,140 до 0,381 (табл. 2). Этот диапазон варьирования данного показателя стабильности развития мы разбили на пять условных групп, соответствующих определенному баллу. В результате получили следующую балльную систему оценки состояния популяций: значения показателя стабильности развития ниже 0,17 соответствовали первому баллу, от 0,17 до 0,23 – второму, от 0,23 до 0,29 – третьему, от 0,29 до 0,35 – четвертому и выше 0,35 – пятому баллу. Предложенная балльная система достаточно объективно отражает реальную ситуацию. Состояние популяции мелкочешуйной красноперки из такого чистого водоема, как оз. Тунайча, можно охарактеризовать как условно нормальное; популяции из рек Артемовка и Тумнин можно оценить вторым баллом (низкий уровень нарушений). В свою очередь состояние популяции красноперки из р. Литовка оценивается четвертым баллом (высокий уровень нарушений), а из рек Туманная и Раздольная – по пятому баллу, как критическое (табл. 2). У серебряного караса из некоторых водоемов Дальнего Востока в выборках из загрязненных водоемов уровень флуктуирующей асимметрии также намного выше, чем у рыб, развитие которых проходило в чистой воде (Романов, Ковалев, 2004).

Наибольшие колебания числа лучей в грудных плавниках характерны для красноперки из рек Литовка (14–18) и Раздольная (15–19); несколько меньшие (15–18) отмечены для рыб из остальных водоемов. По среднему числу лучей в грудных плавниках наименьшим значением выделяется красноперка из р. Тумнин (16,07), а наибольшим – из р. Раздольная (16,80); в остальных водоемах значение этого показателя колеблется от 16,47 (р. Литовка) до 16,60 (оз. Тунайча). По среднему значению этого признака выборки мелкочешуйной красноперки разбиваются на три группы: большой кластер образуют выборки из рек Литовка, Туманная, Артемовка и оз. Тунайча, достоверно не различающиеся между собой; обособленно располагаются популяции из р. Раздольная и р. Тумнин (табл. 4).

Максимальные колебания числа лучей в брюшных плавниках отмечаются у красноперки из р. Раздольной (7–10); несколько меньшие – из рек Туманная и Литовка (8–10) и оз. Тунайча, а минимальные – из рек Тумнин и Артемовка (8–9). Наименьшее среднее число лучей в брюшных плавниках отмечается у рыб из оз. Тунайча (8,58), а наибольшее (8,99) – из р. Туманная; в остальных популяциях число лучей находится в пределах 8,82 (р. Артемовка) – 8,92 (р. Тумнин). По этому признаку выборки красноперки разбиваются на две группы: в один кластер входят достоверно не различающиеся между собой по этому показателю рыбы из рек Раздольная, Литовка и Тумнин, а также выборки красноперки из рек Артемовки и Туманная; во второй – оз. Тунайча (табл. 4).

Наибольшие колебания числа заглазничных костей отмечены для красноперки из рек Туманная, Раздольная, Литовка и Тумнин (2 – 4), а наименьшие – из оз. Тунайча и р. Артемовка (3–4). Наименьшее среднее число заглазничных костей отмечается у крас-

Таблица 4

Средние значения (над чертой) и колебания (под чертой) признаков у мелкочешуйной красноперки из разных водоемов Дальнего Востока

Признак	Р. Туманная (1)	Р. Раздольная (2)	Р. Артемовка (3)	Р. Литовка (4)	Р. Тумнин (5)	Оз. Тунайча (6)
p	$\frac{16,53 \pm 0,05}{15-18}$	$\frac{16,80 \pm 0,05}{15-19}$	$\frac{16,53 \pm 0,05}{15-18}$	$\frac{16,47 \pm 0,05}{14-18}$	$\frac{16,07 \pm 0,05}{15-18}$	$\frac{16,60 \pm 0,06}{15-18}$
v	$\frac{8,99 \pm 0,02}{8-10}$	$\frac{8,90 \pm 0,02}{7-10}$	$\frac{8,82 \pm 0,03}{8-9}$	$\frac{8,89 \pm 0,02}{8-10}$	$\frac{8,92 \pm 0,02}{8-9}$	$\frac{8,58 \pm 0,09}{7-9}$
porb	$\frac{3,20 \pm 0,03}{2-4}$	$\frac{3,43 \pm 0,04}{2-4}$	$\frac{3,54 \pm 0,04}{3-4}$	$\frac{3,43 \pm 0,04}{2-4}$	$\frac{3,38 \pm 0,04}{2-4}$	$\frac{3,59 \pm 0,05}{3-4}$
sorb	$\frac{2,01 \pm 0,01}{2-3}$	$\frac{2,00 \pm 0,01}{1-3}$	$\frac{2,02 \pm 0,01}{2-3}$	$\frac{2,02 \pm 0,01}{2-3}$	$\frac{2,01 \pm 0,01}{1-3}$	$\frac{2,01 \pm 0,01}{2-3}$
pop	$\frac{9,43 \pm 0,06}{7-12}$	$\frac{9,61 \pm 0,07}{7-12}$	$\frac{9,92 \pm 0,07}{7-12}$	$\frac{9,84 \pm 0,07}{8-12}$	$\frac{9,34 \pm 0,06}{8-11}$	$\frac{9,93 \pm 0,10}{8-13}$
lacr	$\frac{5,03 \pm 0,04}{3-6}$	$\frac{4,64 \pm 0,05}{3-6}$	$\frac{4,82 \pm 0,04}{4-6}$	$\frac{4,92 \pm 0,04}{4-6}$	$\frac{4,49 \pm 0,05}{3-6}$	$\frac{4,39 \pm 0,06}{3-6}$
porb-1	$\frac{4,41 \pm 0,05}{4-6}$	$\frac{4,28 \pm 0,05}{2-6}$	$\frac{4,21 \pm 0,04}{3-6}$	$\frac{4,47 \pm 0,04}{3-6}$	$\frac{4,29 \pm 0,05}{3-6}$	$\frac{4,38 \pm 0,06}{3-6}$

Примечание. Обозначения, как в табл. 2.

ноперки из р. Туманная (3,20), а наибольшее (3,59) – из оз. Тунайча; в остальных популяциях величина этого показателя колеблется от 3,43 (реки Раздольная, Литовка) до 3,54 (р. Артемовка). По среднему числу заглоточных костей исследованные выборки разбиваются на четыре группы: одну образуют достоверно не различающиеся по этому показателю рыбы из рек Раздольная и Литовка; вторую – выборка из р. Тумнин, третью – выборки из р. Артемовки и оз. Тунайча, а четвертую – из р. Туманная (табл. 4).

Максимальные колебания числа подглазничных костей отмечаются у красноперки из рек Раздольная и Тумнин (1–3). В остальных выборках колебания этого показателя минимальны – 2–3. Среднее число подглазничных костей в исследованных нами выборках красноперки колеблется от 2,00 (р. Раздольная) до 2,02 (реки Артемовка и Литовка). По этому показателю все выборки красноперки разбиваются на три кластера: первый – из рек Туманная, Тумнин и оз. Тунайча; второй – из рек Артемовка и Литовка; третий – из р. Раздольная. Как в первом кластере, так и во втором выборки имеют одинаковые средние значения подглазничных костей (табл. 4).

Наибольшие колебания числа каналов на предкрышечных костях отмечены у красноперки из рек Туманная, Раздольная, Артемовка (7–12) и оз. Тунайча (8–13); меньше колебания значений этого признака у особей из р. Литовка (8–12), а минимальны – из р. Тумнин (8–11). Наибольшее среднее значение этого признака характерно для красноперки из оз. Тунайча (9,93) и р. Артемовка (9,92), а наименьшее – из р. Тумнин (9,34). В остальных выборках среднее значение этого показателя колеблется от 9,43 (р. Туманная) до 9,84 (р. Литовка). По средним значениям числа каналов на предкрышечных костях все выборки разбиваются на три группы: довольно плотный кластер образуют выборки из рек Артемовка, Литовка и оз. Тунайча; другую группу составляют рыбы из рек Туманная и Тумнин; к ним примыкает кластер р. Раздольная (табл. 4).

Максимальные колебания числа каналов на слезных костях характерны для рыб из рек Туманная, Раздольная, Тумнин и оз. Тунайча (3–6). В остальных популяциях колебания этого показателя меньше (4–6). Максимальное среднее значение числа каналов на слезных костях характерно для красноперки из р. Туманная (5,03), а минимальное – для рыб из оз. Тунайча (4,38). В остальных выборках значение этого показателя колеблется от 4,49 (р. Тумнин) до 4,92 (р. Литовка). По средним значениям этого признака все выборки разбиваются на две группы: один кластер из рек Туманная, Артемовка и Литовка; другой – из рек Раздольная, Тумнин и оз. Тунайча (табл. 4).

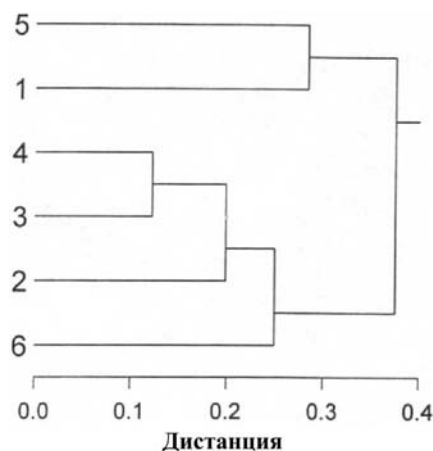


Рис. 2. Сходство выборок мелкочешуйной красноперки из некоторых водоемов Дальнего Востока по комплексу средних значений признаков. Нумерация водоемов, как в табл. 4

Наибольшие колебания числа каналов на первых заглазничных костях отмечены у красноперки из р. Раздольная (2–6); меньше колебания значений этого признака в выборках из рек Литовка, Артемовка, Тумнин и оз. Тунайча (3–6), минимальные – из р. Туманная (4–6). Наибольшее среднее значение этого признака характерно для мелкочешуйной красноперки из р. Литовка (4,47), а наименьшее – для рыб из р. Артемовка (4,21). В остальных выборках среднее значение этого показателя колеблется от 4,28 (р. Раздольная) до 4,41 (р. Туманная). По средним значениям числа каналов на первых заглазничных костях все выборки разбиваются на две группы: один кластер образуют выборки из рек Артемовка, Раздольная и Тумнин; другой – рыбы из рек Туманная, Литовка и оз. Тунайча (табл. 4).

Сводный материал по средним значениям всех использованных признаков дает следующие результаты: вся совокупность выборок разбивается на четыре группы. Первая группа включает выборки из рек Раздольная, Артемовка и Литовка; каждый из остальных трех кластеров состоит из одной выборки: р. Туманная, р. Тумнин, оз. Тунайча (рис. 2). Таким образом, первый кластер состоит из выборок географически близких между собой. Второй кластер образован самой южной выборкой, третий – самой северной, четвертый – самой восточной.

Заключение

Таким образом, продемонстрирована морфологическая изменчивость мелкочешуйной красноперки с помощью различных показателей. Разница в уровне ФА, а значит и стабильности развития ее, обусловлена, на наш взгляд, различиями в условиях эмбрионального и раннего постэмбрионального развития во время закладки и морфогенеза структур исследованных признаков. Каждая выборка характеризуется своим соотношением ДФА по разным признакам, что можно объяснить стохастической природой данного явления. Высокий уровень ФА у красноперки из части водоемов можно объяснить значительным химическим загрязнением антропогенного характера. Подтверждена возможность использования ФА для целей мониторинга. Кластеризация по средним значениям показывает, что по разным признакам выборки красноперки группируются неодинаково; по совокупности признаков в одну группу объединяются географически близкие выборки, а каждая из трех удаленных располагается обособленно.

Литература

- Берг Л.С. Рыбы пресных вод СССР и сопредельных стран. М.;Л.: Изд-во АН СССР, 1949. Ч. 2. 925 с.
 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.: Моск. отд. Междунар. фонда «Биотест», 1993. 68 с.
 Захаров В.М., Чубинишвили А.Т., Баранов А.С. и др. Здоровье среды: методика оценки. М.: Центр экол. политики России, 2000. 68 с.
 Захаров В.М., Жданова Н.П., Кирик Е.Ф., Шкиль Ф.Н. Онтогенез и популяция: оценка стабильности развития в природных популяциях // Онтогенез. 2001. Т. 32, № 6. С. 404–421.

- Линдберг Г.У., Лезега М.Н. Рыбы Японского моря и сопредельных частей Охотского и Желтого морей. М.: Наука, 1965. Ч. 2. 391 с.
- 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. М.: Изд-во МГУ, 1970. 367 с.
- Решетников Ю.С., Богоуцкая Н.Г., Васильева Е.Д. и др. Список рыбообразных и рыб пресных вод России // Вопр. ихтиологии. 1997. Т. 37, № 6. С. 723–771.
- Романов Н.С. Флуктуирующая асимметрия лососей заводского и естественного воспроизводства // Чтения памяти Владимира Яковлевича Леванидова. Вып. 1. Владивосток: Дальнаука, 2001. С. 328–335.
- Романов Н.С., Ковалев М.Ю. Флуктуирующая асимметрия серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Cyprinidae) из некоторых водоемов Дальнего Востока // Вопр. ихтиологии. 2004. Т. 44, № 1. С. 109–117.
- 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.
- 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 // 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.
- Romanov N.S. Fluctuating asymmetry in Chum Salmon, *Oncorhynchus keta*, from the Maritime Province // J. of Ichthyology. 1995. V. 35, N 9. P. 171–82.
- Tebb G., Thoday J.M. Stability in development and relational balance of X-chromosomes in *Drosophila melanogaster* // Nature. 1954. V. 174. P. 1109–1110.
- Valentine D.V., Soule M. Effect of p,p'-DDT on developmental stability of pectoral fin rays in the grunion, *Leuresthes tenuis* // Nat. Mar. Fish. Serv. Fish. Bull. 1973. V. 71. P. 921–925.
- Zhu Yanming, Li Jinsong, Lu Xueqiang. A study on quality of aquatic environment in Tumen River area // Chinese geogr. Sci. 1998. V. 8, N 2. P. 126–135.