

БИОЛОГИЯ, ФИЗИОЛОГИЯ, ЭКОЛОГИЯ

УДК 597.5+57.032

ОСОБЕННОСТИ ПРОЯВЛЕНИЯ ИЗМЕНЧИВОСТИ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПРИЗНАКОВ В РАЗНОРАЗМЕРНЫХ ГРУППАХ ЕЛЬЦА *LEUCISCUS LEUCISCUS*

¹М. В. Иващенко, магистрант²Е. Н. Ядренкина, доктор биологических наук¹Новосибирский государственный аграрный университет²Институт систематики и экологии животных СО РАН

Email: ivacshenko@ngs.ru

Ключевые слова: *Leuciscus leuciscus*, морфометрическая изменчивость, бассейн оз. Чаны, Западная Сибирь

Реферат. С целью оценки разрешающих возможностей методов изучения межпопуляционных и внутривидовых групп ельца *Leuciscus leuciscus* проведено изучение морфотипа рыб из речной системы бассейна озера Чаны (Западная Сибирь) по совокупности показателей морфометрической изменчивости. Отлов рыб проведен в р. Каргате в июле 2012 г. Генеральная выборка, представленная особями в возрасте 3+... 5+ лет, была разбита на три размерные группы: 1-я – 117–135 мм, 2-я – 136–152, 3-я – 153–166 мм. Наибольшую вариабельность проявили: высота рыла, заглазничное расстояние и высота головы – более 15% от средней длины головы; в интервале 12–14% варьируют показатели ширины головы, длины туловища и хвостового стебля, антеанального расстояния и длины пектрального плавника. Диапазон варьирования остальных 14 пластических признаков не превысил 9% от величины среднего. Сравнительный анализ размерных групп с использованием критерия Стьюдента показал сходство между особями трех возрастных групп: достоверные различия ни по одному из 26 тестируемых признаков не выявлены ($P > 0,05$). Результаты многофакторного анализа также отразили сходство сравниваемых выборок в пространстве координат 1-й и 2-й главных компонент. Полученные результаты свидетельствуют, что для выявления морфотипа популяции ельца целесообразно использовать интегрированную выборку рыб, представленную размерными особями (117–166 мм).

Ареал ельца *Leuciscus leuciscus* охватывает всю территорию Северной Евразии, включая Западную Европу, в азиатской части России распространён от Оби до Колымы [1–3], в ихтиокомплексах многих средних и малых рек Западной Сибири входит в состав доминантов [4–7]. Популяции ельца в разных условиях обитания характеризуются варьированием размерно-возрастных показателей и плодовитости, что может быть связано с особенностями термического, газового режимов, кормовыми ресурсами и другими абиотическими и биотическими факторами среды [8–12]. Для оценки состояния популяций ельца в изменчивых условиях среды, помимо результатов общего биологического анализа [13–15],

используют показатели морфоэкологической изменчивости [16–17]. Затруднения в организации отлова ельца в руслах малых рек, мелководных водотоках, характеризующихся обильным развитием высших водных растений и зарослями прибрежных кустарников, ограничивают возможности отлова репрезентативных выборок одновозрастных групп. В этой связи при описании внешнего облика смешанной группы ельцов актуален вопрос об оценке погрешности математического анализа. Проведенное исследование имеет методическую направленность, основная цель которого – уточнение корректности использования разновозрастных особей при выявлении морфотипа популяции. Для этого проведено изучение морфо-

метрической изменчивости разноразмерных ельцов из речной системы бассейна оз. Чаны.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В анализе использованы рыбы, отловленные в нижнем течении Каргата в летний период 2012 г.

В сравнительный анализ включены только половозрелые особи трех возрастных групп (3+...5+). Индивидуальная изменчивость обуславливает отсутствие хиатуса (разрыва) между разновозрастными группами. Поэтому для решения поставленной задачи (изучение влияния размера тела на проявление морфометрической изменчивости) интегрированная выборка была разбита на 3 размерные группы, в каждой из которых преобладали одновозрастные особи: 1-я – 117–135 мм (16 экз.), 2-я – 136–152 (26 экз.), 3-я – 153–166 мм (21 экз.). Темп роста рыб проявляет параболическую зависимость: чем старше возрастная группа, тем меньше показатель годового прироста [10, 11, 16]. Следовательно, абсолютные значения разницы в длине тела внутри выделенных групп различаются (в 1-й группе – 18 мм, во 2-й – 16, в 3-й – 13 мм).

В камеральных условиях проведен общий биологический анализ, включающий оценку размерно-возрастной и половой структуры выборки по И.Ф. Правдину [16]. Показатели изменчивости пластических признаков включали 26 промеров в миллиметрах: общую длину тела (L), длину тела (l), длину туловища и хвостового стебля (t , p), антедорзальное (aD), антепектральное (aP), антевентральное (aV), антеанальное (aA) расстояния, наибольшую и наименьшую высоту и ширину туловища и хвостового стебля (Hl , hl , Bl , bl соответственно), а также промеры головы: длину головы (C), длину, ширину и высоту рыла (ao , bC , hC), диаметр глаза (o), заглазничное расстояние (oC), ширину и высоту головы (BC , HC), размеры плавников – длину и высоту дорзального и анального (LD , HD , LA , HA), длину пектрального и вентрального плавников (LP , LV). Также использовали диагностически значимые показатели изменчивости меристических признаков: число прободенных чешуй в боковой линии (LL), количество мягких лучей в дорзальном плавнике (D), количество мягких лучей в анальном плавнике (A). Все промеры головы представлены в процентах от длины головы; прочие, включая длину головы, – в процентах от длины тела. Парное сравнение признаков разноразмерных групп про-

ведено с использованием критерия Стьюдента [18]. С целью оценки сходства морфооблика разноразмерных групп рыб проведен многофакторный анализ всех особей по совокупности показателей морфометрической изменчивости методом главных компонент [19].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основной состав половозрелых рыб в природных популяциях ельца включает особей трех возрастных групп: 3+...5+. Показатели изменчивости морфометрических признаков ельца из р. Каргата приведены в табл. 1.

В сравниваемых выборках представлены три размерные группы (длина тела варьирует в пределах 12–16 см). Наибольшую вариабельность показывают: высота рыла, заглазничное расстояние и высота головы – более 15% от средней длины головы. В интервале 12–14% варьируют показатели ширины головы, длины туловища и хвостового стебля, антеанального расстояния и длины пектрального плавника. Диапазон варьирования остальных 15 пластических признаков не превышает 9% от величины среднего (см. рис. 1). Чановскую (каргатскую) популяцию характеризует высокая изменчивость проявления числа прободенных чешуй в боковой линии (40–52) и низкое варьирование числа лучей в дорзальном (7–8) и анальном (9–10) плавниках.

Величина критерия Стьюдента отражает статистически значимые различия между сравниваемыми группами при значении, превышающем 3,0. По всем тестируемым признакам значение критерия Стьюдента не превысило 1,0 (уровень значимости различий (P) во всех случаях был больше 0,05). При попарном сравнении пластических и меристических признаков достоверные различия между выборками ельца не выявлены (см. табл. 2–4).

По промерам головы 1-я и 3-я группы, разница в длине тела которых составляет в среднем 27 мм, проявляют наибольшие различия в показателях заглазничного расстояния и высоты головы, наименьшие – в пропорциях рыла (длина, ширина и высота). При попарном сравнении 1-й и 2-й, 2-й и 3-й групп значения T -критерия существенно ниже.

Независимо от различий рыб по длине тела обращает на себя внимание статичность в проявлении изменчивости пропорций туловища и плавников.

Таблица 1

Показатели морфометрической изменчивости пластических и меристических признаков разноразмерных групп ельца (3+ ... 5+) из р. Каргата, июль 2012 г.

Признак	1-я группа			2-я группа			3-я группа		
	min	max	среднее	min	max	среднее	min	max	среднее
<i>l</i> , мм	117	135	130,0	137	152	146,4	154	166	157,7
Пластические признаки									
% от длины головы									
<i>ao</i>	25,2	32,0	27,6	22,8	30,1	26,7	23,8	29,2	26,7
<i>o</i>	23,5	29,6	26,9	23,2	31,3	27,1	22,9	28,2	26,0
<i>oC</i>	45,4	51,4	47,4	38,8	57,8	46,5	43,8	50,3	47,4
<i>hC</i>	23,9	39,8	31,5	19,1	41,5	29,4	20,8	34,6	26,5
<i>HC</i>	60,4	72,2	66,2	62,1	78,9	67,5	61,6	74,6	67,7
<i>bC</i>	28,7	37,2	32,1	24,3	35,7	30,1	26,4	35,7	29,7
<i>BC</i>	44,5	51,3	48,0	44,4	57,0	49,7	42,9	57,6	48,1
% от длины тела									
<i>C</i>	21,3	23,5	22,4	19,0	24,6	22,2	20,2	23,4	22,2
<i>aD</i>	50,4	56,2	53,0	47,1	55,4	52,0	49,3	55,8	52,3
<i>aP</i>	17,4	25,9	24,1	21,7	26,0	24,0	22,0	25,3	23,8
<i>aV</i>	47,0	53,6	49,1	45,1	52,8	49,0	47,0	52,5	49,0
<i>aA</i>	67,0	76,5	69,8	63,5	75,1	69,7	68,0	72,5	70,2
<i>t</i>	61,6	74,4	65,5	60,4	72,7	66,1	61,8	69,5	66,8
<i>p</i>	38,4	25,6	34,5	39,6	27,3	33,9	38,2	30,5	33,2
<i>hl</i>	10,8	14,4	12,2	9,7	14,4	11,9	10,6	14,8	12,3
<i>HI</i>	22,2	29,2	25,3	23,4	29,9	26,5	23,5	31,0	27,2
<i>bl</i>	5,4	9,6	8,2	6,1	12,3	7,6	5,6	8,9	7,3
<i>Bl</i>	10,8	15,0	12,4	8,6	15,4	12,5	9,1	15,8	12,3
<i>LD</i>	10,0	12,6	11,6	9,6	14,6	11,3	10,2	12,3	11,1
<i>HD</i>	20,9	23,6	22,3	18,3	23,0	20,8	19,0	22,6	20,6
<i>LP</i>	9,4	20,3	18,1	15,0	21,1	18,2	15,9	20,2	18,3
<i>LV</i>	13,4	17,7	15,9	13,2	17,7	15,6	14,1	16,5	15,3
<i>LA</i>	11,1	14,8	13,4	8,8	17,8	12,2	9,7	16,3	12,0
<i>HA</i>	16,1	19,3	17,7	13,8	20,2	17,0	14,9	18,7	17,0
Меристические признаки									
<i>LL</i>	46	51	48,4	40	52	47,8	43	51	47,6
<i>D</i>	7	7	7,0	7	8	7,0	7	7	7,0
<i>A</i>	9	10	9,4	9	10	9,5	9	10	9,6

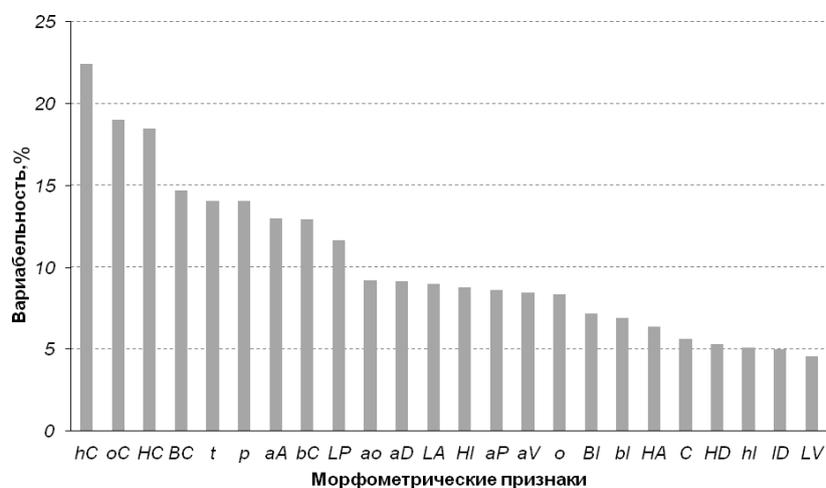


Рис. 1. Вариабельность показателей морфометрической изменчивости ельца (3+ ... 5+) из р. Каргата, июль 2012 г.

В этой связи возникает вопрос о подборе диагностически значимых признаков, включение которых в анализ может отразиться на погрешности в оценке морфотипа популяции. Результаты многофакторного анализа показали относительно плотное распределение всех особей в пространстве координат первой и второй главных компонент. Показатели дисперсии и сходства пластических признаков тестируемых групп, подтверждают вышеприведенные результаты параметрического анализа (см. табл. 2–4), свидетельствующие о сходстве морфотипов разновозрастных групп (3+ ... 5+) (см. рис. 2).

Таким образом, доказана корректность использования интегрированных выборок ельца (составленных из разновозрастных особей) как для описания морфотипа популяции, так и для проведения межпопуляционных сравнений.

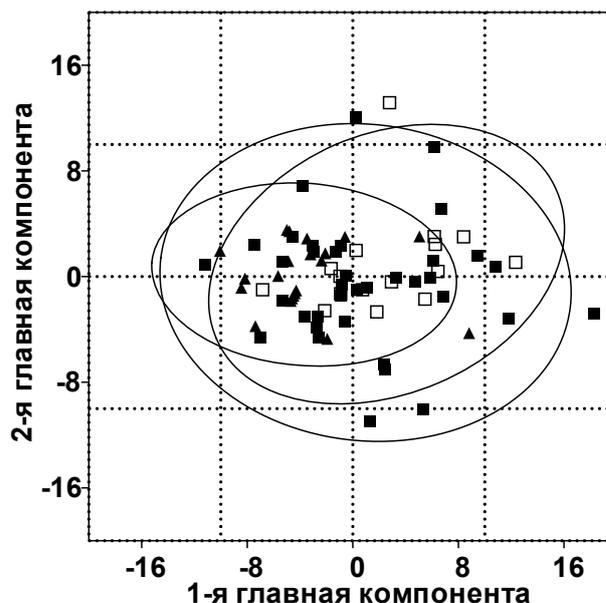


Рис. 2. Расположение разновозрастных групп ельца в пространстве координат первой и второй главных компонент (по совокупности пластических признаков), р. Каргат, июль 2012 г.

Обозначения: 1-я группа – белыми квадратами, 2-я – черными квадратами, 3-я – треугольниками.

Таблица 2

Показатели Т-критерия Стьюдента при сравнении разновозрастных групп ельца по промерам головы (Р – уровень значимости различий)

Признак	Сравниваемые выборки			Р
	1-я – 2-я	2-я – 3-я	1-я – 3-я	
<i>ao</i>	0,182	0,080	0,025	>0,05
<i>o</i>	0,735	0,017	0,165	>0,05
<i>oC</i>	0,192	0,151	0,936	>0,05
<i>hC</i>	0,125	0,001	0,000	>0,05
<i>HC</i>	0,170	0,165	0,995	>0,05
<i>bC</i>	0,012	0,169	0,001	>0,05
<i>BC</i>	0,021	0,001	0,271	>0,05

Таблица 3

Показатели Т-критерия Стьюдента при сравнении разновозрастных групп ельца по промерам туловища, (Р – уровень значимости различий)

Признак	Сравниваемые выборки			Р
	1-я – 2-я	2-я – 3-я	1-я – 3-я	
<i>C</i>	0,332	0,531	0,603	>0,05
<i>aD</i>	0,068	0,504	0,184	>0,05
<i>aP</i>	0,853	0,697	0,738	>0,05
<i>aV</i>	0,760	0,785	0,938	>0,05
<i>aA</i>	0,847	0,720	0,934	>0,05
<i>t</i>	0,482	0,711	0,316	>0,05
<i>p</i>	0,012	0,680	0,017	>0,05
<i>hl</i>	0,233	0,144	0,778	>0,05
<i>Hl</i>	0,055	0,244	0,009	>0,05
<i>bl</i>	0,057	0,084	0,002	>0,05

Показатели Т-критерия Стьюдента при сравнении разноразмерных групп ельца по промерам плавников (Р – уровень значимости различий)

Признак	Сравниваемые выборки			Р
	1-я – 2-я	2-я – 3-я	1-я – 3-я	
<i>LD</i>	0,246	0,151	0,012	>0,05
<i>HD</i>	0,000	0,406	0,000	>0,05
<i>LP</i>	0,853	0,577	0,936	>0,05
<i>LV</i>	0,403	0,206	0,067	>0,05
<i>LA</i>	0,003	0,667	0,001	>0,05
<i>HA</i>	0,051	0,887	0,054	>0,05

ВЫВОДЫ

1. Морфотип популяции ельца из р. Каргата характеризуется градацией показателей изменчивости морфометрических признаков: наиболее высокую пластичность проявляют высота рыла, заглазничное расстояние и высота головы, а относительно статичную группу составляют 15 признаков: длина рыла, антедорзальное расстояние, длина анального плавника, высота тела, антепектральное расстояние, антевентральное расстояние, диаметр глаза, ширина тела, ширина хвоста, высота анального плавника, длина головы, высота дорзального плавника, высота хвоста, длина дорзального плавника, длина вентрального плавника.

2. Сравнение выборок, различающихся по длине тела, показало сходство морфотипов разноразмерных особей (3+ ... 5+).

3. Результаты математического анализа, проведенного методом главных компонент, свидетельствуют о правомочности использования интегрированной выборки разноразмерных и разновозрастных половозрелых ельцов при описании морфотипа популяции.

Работа выполнена при финансировании базового проекта ИСиЭЖ СО РАН по теме IV.51.1.8. «Пространственно-типологическая организация и районирование фауны Северной Евразии».

Выражаем благодарность сотруднику Чановского стационара (биологической станции ИСиЭЖ СО РАН) Ю. А. Щербакову за неоценимую помощь в отлове рыб и студентке НГАУ П. Н. Сорокиной за участие в первичной обработке материала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Решетников Ю. С. Атлас пресноводных рыб. – М.: Наука, 2002. – 379 с.
2. Решетников Ю. С. Рыбы в заповедниках России. – М.: КМК, 2010. – 627 с.
3. Богуцкая, Н.Г., Насека А. М. Каталог бесчелюстных и рыб пресных и солоноватых вод России с номенклатурными и таксономическими комментариями. – М.: Т-во науч. изд. КМК, 2004. – 389 с.
4. Рузский М. Д. Рыбы реки Томи // Изв. Ин-та исследований Сибири. – 1920. – № 2. – С. 29–41.
5. Река Чулым и ее рыбохозяйственное значение в пределах Томской области / Е. И. Глазырина, А. Н. Гундризер, В. В. Кафанова, В. Ф. Усынин // Вопросы биологии. – Томск: Изд-во Том. гос. ун-та, 1975. – Т. 5. – С. 51–64.
6. Рыбы Телецкого озера / А. Н. Гундризер, Б. Г. Иоганзен, В. В. Кафанова, Г. М. Кривошеков. – Новосибирск: Наука, 1981. – 159 с.
7. Гундризер А. Н., Иоганзен Б. Г., Кривошеков Г. М. Рыбы Западной Сибири. – Томск: Изд-во Том. ун-та, 1984. – 121 с.
8. Иоганзен Б. Г., Загороднева Д. С. Плодовитость сибирского ельца и факторы, ее определяющие // Уч. зап. Том. гос. ун-та, 1951. – № 15. – С. 117–140.
9. Москаленко Б. К. Влияние многолетних колебаний уровня реки Оби на рост, плодовитость и размножение некоторых рыб // Зоол. журн. 1956. – Т. 35, вып. 5. – С. 746–752.
10. Никольский Г. В. Экология рыб. – М.: Высш. шк., 1974. – 367 с.
11. Дгебуадзе Ю. Ю. Экологические закономерности изменчивости роста рыб. – М.: Наука, 2001. – 276 с.
12. Шаропина И. Б., Петлина А. П., Непомнящая А. А. Мониторинговые исследования воспроизводительной способности самок ельца (*Leuciscus leuciscus* (L.)) в условиях Нижней Томи // Вестн. Том. гос. ун-та. Сер. Биология. – 2010. – № 2 (10). – С. 76–88.

13. Никонов Г.И., Судаков В.М., Чурунов В.М. Елец Обь-Иртышского бассейна и рациональное использование его запасов. – Тюмень, 1966. – 45 с.
 14. Следь Т.В. Морфологические особенности ельца бассейна р. Таз // Материалы отчет. сес. лаб. популяционной экологии позвоночных животных Ин-та экологии растений и животных УФ АН СССР. – 1971. – Вып. 4. – С. 35.
 15. Кижеватов Я.А., Кижеватова А.А. Елец сибирский (*Leuciscus leuciscus baicalensis* (Dub.) 1874) реки Сось (Нижняя Обь) // Вестн. Астрахан. гос. техн. ун-та. Сер. Рыбн. хоз-во. – 2012. – № 2. – С. 46–52.
 16. Правдин И.Ф. Руководство по изучению рыб. – М.: Пищ. пром-сть, 1966. – 372 с.
 17. Попов В.А., Попов П.А. Морфоэкологическая характеристика сибирского ельца *Leuciscus leuciscus baicalensis* (Dyb.) правобережных притоков Нижнего Енисея // Сиб. биол. журн. – 1990. – № 3. – С. 89–94.
 18. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1980. – 117 с.
 19. Прикладная статистика. Классификация и снижение размерности / С.А. Айвазян, В.М. Бухштабер, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
1. Reshetnikov Y.S. *Atlas of freshwater fish*. Moscow: Nauka, 2002. 379 p.
 2. Reshetnikov Y.S. *Fish in the reserves in Russia*. Moscow: KMK, 2010. 627 p.
 3. Bogutskaya N.G., Naseka A.M. *Catalogue of jawless and fishes in fresh and brackish waters of Russia with nomenclatural and taxonomic comments*. Moscow: Association of scientists KMK, 2004. 389 p.
 4. Ruzsky M.D. *Fish of the Tom river* [Reviw of the Siberian Research Institute], no. 2 (1920): 29–41.
 5. Glazyrina E.I., Gundrizer A.N., Kafanova V.V., Usynin V.F. *The Chulym river and its fishery within Tomsk region* [Problems of biology]. Tomsk: Publishing house of Tomsk State University, vol. 5 (1975): 51–64.
 6. Gundrizer A.N., Ioganzen B.G., Kafanova V.V., Krivoshechekov G.M. *Fish of Teletskoye lake*. Novosibirsk: Nauka, 1981. 159 p.
 7. Gundrizer A.N., Ioganzen B.G., Krivoshechekov G.M. *Fishes of Western Siberia*. Tomsk: Publishing house of Tomsk State University, 1984. 121 p.
 8. Ioganzen B.G., Zagorodneva D.S. *Fertility of Siberian dace and influenced factors* [Scientific Notes of Tomsk state University], no. 15 (1951): 117–140.
 9. Moskalenko B.K. *Effect of long-term fluctuations of the water level of Ob river on growth, fertility and reproduction of some fishes* [Zoological journal], T. 35. Vol. 5 (1956): 746–752.
 10. Nikolskiy G.V. *Ecology of fishes*. Moscow: Higher school, 1974. 367 p.
 11. Dgebuadze Yu.Yu. *Ecological patterns of variability of fish growth*. Moscow: Nauka, 2001. 276 p.
 12. Sharopina I.B., Petlina A.P., Nepomnyashaya A.A. *Monitoring survey of the reproductive capacity of dace females (*Leuciscus leuciscus* (L.)) in the Lower Tom river* [Vestnik of Tomsk State University. Biology], no. 2 (10) (2010): 76–88.
 13. Nikonov G.I., Sudakov V.M., Churunov V.M. *Dace of Ob-Irtysh basin and rational using of its resources*. Tyumen, 1966. 45 p.
 14. Sled T.V. *Morphological features of dace in Taz river basin* [Materials of the reporting session of laboratory of population ecology of vertebrate animals of the Institute of ecology of plants and animals UF AS USSR], vol. 4 (1971): 35.
 15. Kizhevato J.A., Kizhevato A.A. *Siberian dace (*Leuciscus leuciscus baicalensis* Dubowski, 1874) of Sob river (Lower Ob)* [Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: fisheries], no. 2 (2012): 46–52.
 16. Pravdin I.F. *Guide to the study of fishes*. Moscow: Publishing house of the Food Industry, 1966. 372 p.
 17. Popov V.A., Popov P.A. *Morphoecological characteristic of Siberian dace *Leuciscus leuciscus baicalensis* (Dyb.) the right tributaries of the Lower Yenisei* [Siberian Biological Journal], no. 3 (1990): 89–94.
 18. Lakin G.F. *Biometrics*. Moscow: High school, 1980. 117 p.
 19. Ayvazian S.A., Buchshtaber V.M., Enyukov I.S., Meshalkin L.D. *Applied statistics. Classification and dimensionality reduction*. Moscow: Finance and statistics, 1989. 607 p.

**PECULIARITIES OF MORPHOMETRIC FEATURES VARIATION
IN COMPOUND DACE *LEUCISCUS LEUCISCUS***

Ivaschenko M. V., Yadrenkina E. N.

Key words: *Leuciscus leuciscus*, morphometric variation, the lake Chany basin, Western Siberia

Abstract. The paper investigates fish morphotype of the Chany basin in Western Siberia according to total characteristics of morphometric variation. The publication is aimed at estimating the methods of dace *Leuciscus leuciscus* interpopulation and intrapopulation studying. Fish capturing took place in the river Kargat in July, 2012. The overall sampling of the fish aged 3...5 was divided into three size groups; the first group included fish of 117-135 mm; the second group included fish of 136-152 mm; and the third group included fish of 153-166 mm. The head height revealed the highest variation; the head depth and post-orbital distance varied more than 15% of the average head length; the head breadth, body length and tail-stem length, distance from end of snout to the insertion of the anal fin and fin length vary within 12-14%. Variation of other 14 features doesn't exceed 9% of the average one. The comparative analysis of compound dace groups applied the Student criterion and demonstrated similarity among the fish of three groups; the research didn't reveal any significant differences according to 26 features tested ($P > 0,05$). The article demonstrates similarity of samples compared in the 1 and 2 components. The authors suppose it is effective to apply integrated fish sampling which consists of fish of different size (117-166 mm) in order to reveal the dace population morphotype.