

ВОДНЫЕ БИОРЕСУРСЫ И ИХ РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-7-13
УДК 575.21: 597.554.3

АСИММЕТРИЯ БИЛАТЕРАЛЬНЫХ ПРИЗНАКОВ СКЕЛЕТА ЛЕЩЕЙ В ВОДОЕМАХ-ОХЛАДИТЕЛЯХ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ¹

В. Ю. Баранов

*Институт экологии растений и животных
Уральского отделения Российской академии наук,
Екатеринбург, Российская Федерация*

С использованием 27 неметрических признаков скелета выполнен анализ асимметрии билатеральных структур лещей *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) в популяциях контрольных водоемов (оз. Шитовское, Сылвинский пруд) и в популяциях импактных водоемов-охладителей тепловых электростанций (озеро-водохранилище Исетское, Рефтинское водохранилище) на Среднем Урале. Учет фенотипических признаков проведен на 4-х парных костях головы лещей. Изучены 10 признаков *dentale*, 4 признака *operculum*, 7 признаков *praeoperculum* и 6 признаков *pteroticum*. Выполнен расчет дисперсий направленной DA^2 , флуктуирующей FA^2 , общей TA^2 асимметрии и значений показателей асимметричности FA_{nm} . Показано, что флуктуирующая асимметрия FA^2 вносит основной вклад (72–84 %) в общую асимметрию TA^2 билатеральных остеологических признаков. Доля дисперсии направленной асимметрии DA^2 от дисперсии общей асимметрии TA^2 составила 16–28 %. Значимых межгрупповых различий между контрольными и импактными выборками лещей по значениям дисперсии направленной асимметрии DA^2 не выявлено ($p > 0,001$). В импактных популяциях лещей из водоемов-охладителей тепловых электростанций обнаружено значимое возрастание дисперсии флуктуирующей асимметрии FA^2 и значений индивидуальных показателей асимметричности FA_{nm} билатеральных неметрических остеологических признаков ($p < 0,001$). Повышенный уровень флуктуирующей асимметрии косвенно указывает на дестабилизацию морфогенеза лещей при долговременном обитании в условиях техногенного термического и химического загрязнения среды. Результаты исследования можно использовать при организации и проведении экологического мониторинга для оценки состояния популяций лещей, обитающих в естественных и антропогенно нарушенных водоемах.

Ключевые слова: флуктуирующая асимметрия, неметрические признаки, лещ, водоем-охладитель, тепловое и химическое загрязнение, Средний Урал.

Для цитирования: Баранов В. Ю. Асимметрия билатеральных признаков скелета лещей в водоемах-охладителях тепловых электростанций на Среднем Урале // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 2. С. 7–13. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-7-13.

Введение

В результате антропогенной термофикации водоемов формируются нетипичные для рыб природно-техногенные условия. С мониторингом качества водных экосистем и использованием для этих целей оценок, учитывающих биологическую реакцию рыб на техногенные воздействия, тесно связаны исследования пределов толерантности разных видов рыб и их морфогенетической реакции на изменения среды. Особый интерес представляют показатели стабильности развития, которые учитывают проявление асимметрии билатеральных признаков [1–3]. В популяционных

¹ Работа выполнена в рамках государственного задания Института экологии растений и животных УрО РАН.

исследованиях на основе фенетического анализа широко применяются неметрические признаки скелета [3, 4]. Независимая и неодинаковая реализация признака на разных сторонах особи обусловлена случайными сбоями развития, т. е. эпигенетическими причинами, поскольку генотип особи и условия ее развития одни и те же для обеих сторон. При этом возможны случаи склонности к проявлению направленной асимметрии или близкие к строгой флуктуирующей асимметрии [3]. Флуктуирующая асимметрия может рассматриваться как обобщенная эпигенетическая мера стресса развития [5], которая отражает определенную устойчивость развития организма в среде и используется в популяционном биологическом мониторинге [1–3]. С помощью флуктуирующей асимметрии можно косвенно оценить стабильность развития у рыб, обитающих в разных природных условиях и в техногенно нарушенных средах.

Строительство в XX в. тепловых электростанций, создание искусственных и трансформирование естественных водоемов оказали значимое воздействие на природные водные экосистемы Урала. Гидрологические изменения водоемов-охладителей тепловых электростанций сопровождались тепловым и химическим загрязнением. Существенное антропогенное воздействие на местные гидробиологические сообщества также обусловлено интродукцией чужеродных видов рыб. Ряд озер и водохранилищ Среднего Урала в XIX-XX в. был преднамеренно заселен лещом. Вселенец широко распространился в приобретенном ареале на территории региона и приспособился к новым природным условиям водоемов, а также освоил водоемы с техногенно измененными термическими и гидрохимическими режимами.

Цель работы состояла в проведении на основе методов фенетики сравнительного морфологического исследования асимметрии неметрических признаков на билатеральных структурах скелета лещей в контрольных популяциях и импактных популяциях, длительно обитающих в водоемах-охладителях тепловых электростанций на Среднем Урале.

Материал и методы

В исследовании использованы остеологические коллекции лещей, изготовленные автором. Выборки лещей представлены из водоемов Среднего Урала, расположенных примерно на одних и тех же широтах. Контрольные группы лещей включают выборки из оз. Шитовское (57° 07' 41" N, 60° 28' 23" E) и Сылвинского пруда (57° 18' 28" N, 58° 48' 28" E). Импактные группы содержат выборки из озера-водохранилища Исетское (57° 00' 34" N, 60° 25' 02" E) и Рефтинского водохранилища (57° 04' 55" N, 61° 43' 11" E). Все водоемы пресные и проточные.

Контрольные водоемы не подвержены значимым техногенным нагрузкам. Сылвинский пруд (Волго-Камский речной бассейн) создан в верховьях р. Сылва в XVIII в. одновременно с постройкой железоделательного завода, закрытого в конце XIX – начале XX в.

Озеро Шитовское (Обь-Иртышский речной бассейн) – естественный хорошо прогреваемый эвтрофный водоем с природным периодическим дефицитом кислорода.

Озеро-водохранилище Исетское (Обь-Иртышский речной бассейн) с начала 1936 г. служит водоемом-охладителем тепловой газовой электростанции – Среднеуральской ГРЭС. За время существования водохранилища неоднократно изменялась активная реакция воды, отмечалось изменение гидрохимического состава. Основными загрязнителями водохранилища являются сбрасываемые теплые воды. Изменение температурного режима водоема зимой носит локальный характер, около 12 % акватории не замерзает. Летом подогрев распространяется на все зоны водоема. В воде сбросного канала отмечены случаи появления нефтепродуктов [6]. По качеству воды на 1993–1999 гг. водохранилище отнесено к среднезагрязненным водоемам с признаками сильного загрязнения в отдельные периоды органикой и нефтепродуктами. После установки биомодуля в сбросном канале станции отмечено улучшение качества воды.

Рефтинское водохранилище (Обь-Иртышский речной бассейн) создано в 1968 г. на р. Рефт как водоем-охладитель тепловой угольной электростанции – Рефтинской ГРЭС. Влияние электростанции на температурный режим водохранилища значительно. Активная площадь охлаждения составляет более 60 % от общей площади водного зеркала. Из-за сброса теплых вод разница температур в воде между зонами с естественным термическим режимом и обогреваемой зоной может достигать 10 °С. В зимний период почти 40 % акватории водоема не замерзает, и только его верховья и малопроточные зоны возле берегов покрываются льдом. Активная реакция воды в отдельные периоды смещалась в щелочную сторону. Для водоема характерно постоянное

загрязнение органическими веществами. По гидробиологическим данным водохранилище можно отнести к водоему средней загрязненности, на отдельных участках отмечается более высокая степень загрязненности [6].

По каждой выборке лещей на основе общепринятых в ихтиологии методов [7] собраны данные о массе, длине, возрасте и половой принадлежности особей. Выборки представлены лещами в возрасте от 2+ до 6+ лет. Выявлен высокий процент зараженности лещей внутривисцеральными паразитами в оз. Исетское.

В работе использованы фены неметрических признаков парных костей головы лещей: 10 признаков *dentale*, 4 признака *operculum*, 7 признаков *praeoperculum* и 6 признаков *pteroiticum* [8, 9]. Это наличие или отсутствие определенных отверстий сейсмочувствительной системы, черепно-мозговых нервов и кровеносных сосудов, дополнительных костных структур.

Расчеты показателей асимметрии произведены по методике А. Г. Васильева [10] на основе формул П. Снита и Р. Сокэла [11] для качественных признаков, методика позволяет подсчитать по всем признакам частоту билатеральных композиций для каждой особи и вычислить индивидуальные значения данных характеристик. Это дает возможность дифференцировать вклады дисперсий направленной (DA^2) и флуктуирующей (FA^2) асимметрии в дисперсию общей асимметрии (TA^2). Величины дисперсий асимметрии вычисляли по следующим формулам: $TA^2 = (s + d)^2 / r^2$; $DA^2 = (s - d)^2 / r^2$; $FA^2 = 4 \cdot s \cdot d / r^2$, где s – сумма асимметричных проявлений признака с левой стороны; d – сумма асимметричных проявлений признака с правой стороны; r – общее число изученных билатеральных признаков у особи.

В качестве традиционной характеристики фенотипических нарушений в выборках лещей использовали индивидуальные показатели асимметричности FA_{nm} , позволяющие оценить стабильность развития отдельной особи. Величина $FA_{nm} = (s + d) / n \cdot 100 \%$, где s – сумма состояний признака с левой стороны; d – сумма состояний признака с правой стороны; n – число признаков. Показатель рассчитывался как частота асимметрично проявившихся неметрических билатеральных признаков у особи. Значение индекса FA_{nm} усреднялось для всей выборки [2, 3].

Расчеты провели с помощью пакетов прикладных программ PAST 2.17c и Statistica 5.5. Использовали коэффициенты ранговой корреляции Спирмена, применяли однофакторный дисперсионный анализ и его непараметрический аналог – тест Краскела – Уоллиса, а также кластерный анализ. Для оценки однородности выборочных дисперсий применяли тест Левене.

Результаты исследований и их обсуждение

Значимой связи проявлений неметрических признаков скелета лещей с размерно-возрастными характеристиками выборок, полом рыб и значительного дублирования вклада скоррелированных признаков не установлено. В выборках лещей не выявлен ни один фен, обнаруживающий асимметричное проявление, при котором он преимущественно встречался или с левой, или с правой стороны рыбы. Поэтому в исследовании при расчете показателей асимметрии использовали все 27 неметрических признаков скелета головы.

Результаты расчетов дисперсий TA^2 , DA^2 , FA^2 и показателей FA_{nm} неметрических признаков скелета головы для импактных и контрольных групп лещей приведены в таблице.

Сравнение дисперсий направленной (DA^2), флуктуирующей (FA^2), общей (TA^2) асимметрии и показателей асимметричности FA_{nm} билатеральных неметрических признаков скелета головы лещей в контрольных и импактных группах

Выборка	DA^2	FA^2	TA^2	FA_{nm}
Контрольные группы				
Оз. Шитовское	0,217	0,572	0,790	14,969
Сьлвинский пруд	0,205	0,610	0,815	16,152
Импактные группы				
Оз. Исетское	0,217	1,056	1,274	20,773
Рефтинское водохранилище	0,160	0,846	1,005	17,824

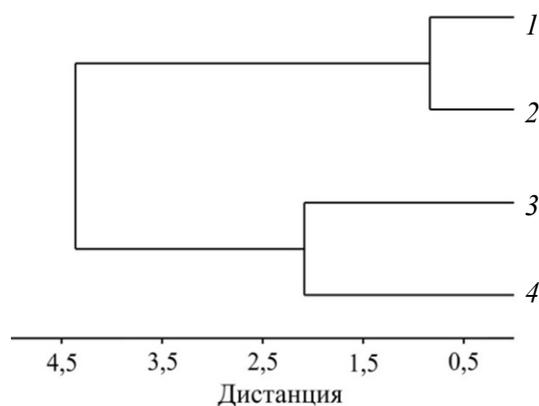
Полученные данные свидетельствуют о том, что флуктуирующая асимметрия вносит основной вклад в общую асимметрию билатеральных признаков. Доля дисперсии DA^2 от TA^2 достигает 16–28 %, а доля FA^2 составляет 72–84 %. Интересно, что доля DA^2 у контрольных рыб

несколько выше (25–28 %), чем у импактных (16–17 %). Низкая доля DA^2 у импактных лещей, по сравнению с контрольными рыбами, может быть связана с увеличением элиминации рыб с повышенными значениями DA^2 или увеличением количества рыб с высокими значениями FA^2 в условиях водоемов-охладителей. Тест Левене не опроверг для сравниваемых выборок гипотезы о равенстве дисперсий значений данных показателей асимметрии, что позволило использовать для сравнения не только тест Краскела – Уоллиса, но и однофакторный дисперсионный анализ. В контрольных водоемах установлены низкие уровни FA^2 билатеральных неметрических признаков скелета головы лещей. В импактных выборках лещей из водоемов-охладителей выявлены самые высокие показатели FA^2 , которые значимо отличаются от этих же показателей в контрольных выборках ($H = 18,81$; $d.f. = 3$; $N = 262$; $p < 0,001$ и $F = 6,70$; $d.f.1 = 3$; $d.f.2 = 258$; $p < 0,001$). Наибольшее значение FA^2 отмечено в выборке лещей из оз. Исетское. Апостериорные тесты Дункана и Ньюмана – Кеулса подтвердили существенные различия между дисперсиями FA^2 импактных лещей и контрольных рыб. В то же время эти тесты не выявили значимых различий по показателю FA^2 между выборками внутри импактных и контрольных групп. Межгрупповые различия между четырьмя выборками лещей по значениям DA^2 оказались незначимыми ($p > 0,001$).

Между индивидуальными индексами FA_{nm} и индивидуальными дисперсиями TA^2 на основании расчетов значений коэффициентов корреляции Спирмена установлена сильная и значимая связь ($r_s = 0,99$). При этом коэффициент корреляции FA_{nm} с величиной индивидуальной дисперсии DA^2 меньше ($r_s = 0,34$), чем для индивидуальных дисперсий FA^2 ($r_s = 0,88$). Можно заключить, что FA_{nm} , как и TA^2 , в основном характеризует величину флуктуирующей асимметрии проявления фенотипа. Индивидуальные индексы FA_{nm} оказались также значимо выше в импактных исетской и рефтинской выборках лещей по сравнению с контрольными шитовской и сылвинской выборками ($H = 18,93$; $d.f. = 3$; $N = 262$; $p < 0,001$ и $F = 6,79$; $d.f.1 = 3$; $d.f.2 = 258$; $p < 0,001$) (см. табл.).

Значимой связи DA^2 и FA^2 с размерно-возрастными характеристиками выборки и их половым составом не установлено ($p > 0,001$). Важно отметить, что основу выборки (около 75 %) составляют близкие возрастные группы лещей 3+ и 4+ лет, поэтому связь показателей асимметрии с возрастом и размерами рыб в нашем случае может четко не проследиваться.

На основе усредненных индексов FA_{nm} был выполнен кластерный анализ сходства четырех сравниваемых выборок лещей (рис.).



Результаты кластерного анализа (метод Уорда) средних значений индексов FA_{nm} между выборками лещей из среднеуральских популяций: 1 – оз. Шитовское; 2 – Сылвинский пруд; 3 – озеро-водохранилище Исетское; 4 – Рефтинское водохранилище

В результате выделены две группы, соответствующие контрольным и импактным водоемам. Сходные результаты были получены при кластерном анализе выборок по средним значениям показателей FA^2 .

Уровень морфогенетических отклонений от симметрии минимален при определенных оптимальных условиях среды и неспецифически увеличивается при любых стрессовых воздействиях. Ранее нам с помощью индивидуальных показателей асимметричности FA_{nm} удалось показать

значимое возрастание флуктуирующей асимметрии неметрических признаков скелета лещей в популяции, обитающей в условиях хронического техногенного загрязнения нефтепродуктами и тяжелыми металлами воды и грунтов [8]. Установленный повышенный уровень флуктуирующей асимметрии в выборках из озера-водохранилища Исетское и Рефтинского водохранилища косвенно отражает дестабилизацию морфогенеза лещей при продолжительном обитании в водоемах-охладителях, где техногенно нарушен термический режим и гидрохимический состав. Значительное количество лещей из оз. Исетское, в выборке из которого выявлен самый высокий уровень флуктуирующей асимметрии неметрических признаков скелета, инфицировано внутривисцеральными паразитами. Не исключено, что загрязнение может являться провокационным фоном, на котором происходит нарушение стабильности морфогенеза лещей и потеря их устойчивости к лигулидозу [12]. Можно предполагать, что у длительно живущих в водоемах-охладителях лещей повышен общий уровень репаративных процессов, позволяющий существовать рыбам в условиях теплового и химического загрязнений. Часть онтогенетических ресурсов и времени может быть затрачена на поддержание организма, что может приводить к неодинаковой скорости развития частей тела, в том числе билатеральных структур, а следовательно, к преобразованиям его левой и правой сторон тела.

Заключение

Таким образом, на основе фенетического анализа 27 билатеральных неметрических признаков скелета головы у лещей в импактных популяциях водоемов-охладителей оз. Исетское и Рефтинского водохранилища установлены наибольшие величины флуктуирующей асимметрии FA^2 и индексов FA_{mm} . Наименьшие значения этих показателей выявлены в контрольных выборках лещей из оз. Шитовское и Сылвинского пруда (Средний Урал). Повышенный уровень флуктуирующей асимметрии косвенно свидетельствует о дестабилизации морфогенеза лещей при долговременном обитании в водоемах-охладителях тепловых электростанций в условиях термического и химического загрязнения среды. Полученные результаты на основании анализа дисперсии флуктуирующей асимметрии FA^2 и значений индивидуальных показателей асимметричности FA_{mm} билатеральных неметрических остеологических признаков головы лещей могут быть использованы в экологическом мониторинге в качестве основы при разработке шкал оценки уровня нестабильности развития популяций рыб, обитающих в естественных и антропогенно нарушенных водоемах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Palmer R. A., Strobeck C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns // Ann. Rev. Syst. 1986. V. 17. P. 391–421.
2. Захаров В. М. Асимметрия животных. М.: Наука, 1987. 216 с.
3. Васильев А. Г. Эпигенетические основы фенетики: на пути к популяционной мерономии. Екатеринбург: Академкнига, 2005. 640 с.
4. Яблоков А. В. Фенетика. Эволюция, популяция, признак. М.: Наука, 1980. 135 с.
5. Parsons P. A. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress // Bio1. Rev. 1990. V. 65. P. 131–145.
6. Водные ресурсы Свердловской области / под науч. ред. Н. Б. Прохоровой. Екатеринбург: АМБ, 2004. 432 с.
7. Правдин И. Ф. Руководство по изучению рыб. М.: Пищ. пром-сть, 1966. 376 с.
8. Баранов В. Ю. Фенетический анализ изменчивости неметрических признаков скелета леща (*Abramis brama* L.) в частично изолированных популяциях водоемов Среднего Урала // Экологические механизмы динамики и устойчивости биоты: материалы конф. молодых ученых. Екатеринбург: Академкнига, 2004. С. 14–17.
9. Баранов В. Ю. Разнообразие формы и структуры трех покровных костей леща в условиях техногенного загрязнения водоемов Среднего Урала // Вестн. Том. гос. ун-та. Биология. 2017. № 39. С. 154–171.
10. Васильев А. Г., Васильева И. А., Большаков В. Н. Феногенетическая изменчивость и методы ее изучения: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2007. 279 с.
11. Sneath P. H. A., Sokal R. R. Numerical taxonomy. The Principles and practice of numerical classification. San Francisco: W. H. Freeman and Co., 1973. 573 p.
12. Изюмов Ю. Г., Касьянов А. Н. Стабильность морфогенеза и устойчивость леща к лигулидозам // Паразитология. 1981. Т. 15. Вып. 2. С. 174–177.

Статья поступила в редакцию 21.01.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Баранов Вадим Юрьевич — Россия, 620144, Екатеринбург; Институт экологии растений и животных Уральского отделения Российской академии наук; научный сотрудник лаборатории эволюционной экологии; vadimb4@yandex.ru.



ASYMMETRY OF BREAM SKELETON BILATERAL FEATURES IN THERMOELECTRIC POWER STATIONS BASIN-COOLERS IN THE MIDDLE URALS

V. Yu. Baranov

*Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences,
Yekaterinburg, Russian Federation*

Abstract. The article analyzes the bilateral structures asymmetry of bream *Abramis brama* (Linnaeus, 1758) populations in pilot reservoirs (lake Shitovskoye, pond Sylvinskiy) and populations of impact basin-coolers of the thermal power stations (lake-reservoir Isetskoye, reservoir Reftinskoye) in the Middle Urals, which was carried out using 27 non-metric skeleton features. The non-metric features analysis was implemented on 4 bream paired head bones. 10 *dentale* features, 4 *operculum* features, 7 *praeoperculum* features and 6 *pteroiticum* features were studied. There has been calculated the dispersion of directional DA^2 , fluctuating FA^2 , total asymmetry TA^2 and the values of asymmetry indices FA_{nm} . The fluctuating asymmetry FA^2 is found to contribute the most part (72-84 %) to the total asymmetry TA^2 of bilateral features. The share of dispersion of directional asymmetry DA^2 in the dispersion of total asymmetry TA^2 is 16-28%. Intergroup differences between control and impact bream samples in the dispersion of directional asymmetry DA^2 was not significant ($p > 0.001$). Significant increase in the dispersion of fluctuating asymmetry FA^2 and the values of individual asymmetry indicators FA_{nm} have been identified in impact bream populations of thermal power station basin-coolers ($p < 0.001$). The increased level of fluctuating asymmetry indirectly indicates destabilization of the bream morphogenesis in long-term habitat under thermal and chemical pollution. The results of the study can be used for organizing and conducting the environmental monitoring to assess the condition of bream populations in technologically disturbed reservoirs.

Key words: fluctuating asymmetry, non-metric features, bream, basin-cooler, thermal and chemical pollution, the Middle Urals.

For citation: Baranov V. Yu. Asymmetry of bream skeleton bilateral features in thermoelectric power stations basin-coolers in the Middle Urals. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2019;2:7-13. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-7-13.

REFERENCES

1. Palmer R. A., Strobeck C. Fluctuating asymmetry: measurement, analysis, patterns. *Ann. Rev. Syst.*, 1986, vol. 17, pp. 391-421.
2. Zakharov V. M. *Asimmetriia zhivotnykh* [Animal asymmetry]. Moscow, Nauka Publ., 1987. 216 p.
3. Vasil'ev A. G. *Epigeneticheskie osnovy fenetiki: na puti k populiatsionnoi meronomii* [Epigenetic basis of phenetics: on the way to population meronomy]. Ekaterinburg, Akademkniga Publ., 2005. 640 p.
4. Iablokov A. V. *Fenetika. Evoliutsiia, populiatsiia, priznak* [Fenetika. Evolution, population, trait]. Moscow, Nauka Publ., 1980. 135 p.
5. Parsons R. A. Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress. *Biol. Rev.*, 1990, vol. 65, pp. 131-145.
6. *Vodnye resursy Sverdlovskoi oblasti* [Water resources of the Sverdlovsk region]. Pod nauchnoi redaktsiei N. B. Prokhorovoi. Ekaterinburg, AMB Publ., 2004. 432 p.
7. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniiu ryb* [Fish Study Guide]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1966. 376 p.
8. Baranov V. Yu. Feneticheskii analiz izmenchivosti nemetricheskikh priznakov skeleta leshcha (*Abramis brama* L.) v chastichno izolirovannykh populiatsiiakh vodoemov Srednego Urala [Phenetic analysis of variability of non-metric features of bream skeleton (*Abramis brama* L.) in partially isolated populations of the Middle Urals]. *Ekologicheskie mekhanizmy dinamiki i ustoychivosti bioty: materialy konferentsii molodykh uchenykh*. Ekaterinburg, Akademkniga Publ., 2004. Pp. 14-17.

9. Baranov V. Iu. Raznoobrazie formy i struktury trekh pokrovnykh kostei leshcha v usloviakh tekhnogenogo zagriazneniia vodoemov Srednego Urala [Variety of shapes and structures of three bream dermal bones in conditions of technogenic pollution of the Middle Urals water bodies]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, 2017, no. 39, pp. 154-171.

10. Vasil'ev A. G., Vasil'eva I. A., Bol'shakov V. N. *Fenogeneticheskaia izmenchivost' i metody ee izucheniia: uchebnoe posobie* [Phenogenetic variability and methods for studying it: study guide]. Ekaterinburg, Izd-vo Ural'skogo universiteta, 2007. 279 p.

11. Sneath P. H. A., Sokal R. R. *Numerical taxonomy. The Principles and practice of numerical classification*. San Francisco, W. H. Freeman and Co., 1973. 573 p.

12. Iziunov Iu. G., Kas'ianov A. N. Stabil'nost' morfogeneza i ustoichivost' leshcha k ligulidozam [Stability of morphogenesis and resistance of bream to ligulidosis]. *Parazitologiya*, 1981, vol. 15, iss. 2, pp. 174-177.

The article submitted to the editors 21.01.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Baranov Vadim Yurievich – Russia, 620144, Yekaterinburg; Institute of Plant and Animal Ecology, Ural Branch of Russian Academy of Sciences; Researcher of Evolutionary Ecology Laboratory; vadimb4@yandex.ru.

