Половозрелые самцы и самки осенью достоверно тяжелее, по сравнению с зимой и летом, что объясняется истощением земноводных в сезон размножения, затем набором веса осенью и его снижением в ходе зимовки.

1. Индексы печени и жира у озерных лягушек всех поло-возрастных групп имеют одинаковую динамику, максимальные показатели отмечены летом (56,3–75,1 % для печени и 21,7–57,5 % для жира), минимальные – весной (7,1–7,9 % для печени и 0,4–3,4 % для жира). Кроме того, индекс жира достоверно снижается у лягушек осенью по сравнению с весной. Достоверное увеличение индексов печени и жира у лягушек летом по сравнению с другими сезонами можно связать с интенсивным питанием лягушек в этот сезон, активным метаболизмом (индекс печени) и накоплением питательных веществ к зимовке (индекс жира). Весной, после выхода из зимовки, индексы печени и жира минимальны.

Индексы сердца и почек у озерных лягушек всех поло-возрастных групп из р. Понура достоверно не меняется в течение всех сезонов исследования. Минимальные величины индекса сердца отмечены у озерных лягушек летом (1,1–1,8 %) и осенью (1,1–2,2 %), максимальные – зимой и весной, они в 1,8 – 3,5 раз превышают минимальные значения. Индексы почек стабильны в течение всех сезонов. Сравнительно низкие индексы почек и сердца у озерных лягушек из р. Понура и стабильность этих показателей в течение всех сезонов исследования свидетельствуют о ненапряженном обмене веществ земноводных в течение всего года.

Отмеченные величины индексов семенников и яичников половозрелых особей озерных лягушек позволяет им активно участвовать в размножении и поддерживать численность популяции.

- 1 Брушко З. К., Вашетко Э. В. Морфофизиологические особенности озерной лягушки из Ферганской долины // Экология. 1974. № 5. С. 93–95.
- 2 Ищенко В. Г. Метод морфофизиологических индикаторов // Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. Киев, 1989. С. 92–100.
- 3 Кубанцев Б. С., Жукова Т. И. Индекс печени как возможный критерий популяционной специфичности у бесхвостых земноводных // Фауна и экология амфибий и рептилий. Краснодар, 1984. С. 38–49.
- 4 Лакин Г. Ф. Биометрия. М., 1980. 293 с.
- 5 Шварц С. С., Смирнов В. С., Добринский Л. Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. Свердловск, 1968. Т. 58. 387 с.
- 6 Якушева Я. А. Влияние карбаминовых пестицидов на степень зрелости гонад озерной лягушки *Rana ridibunda* Pall. при обитании в загрязненном водоеме // Естественные науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований. 2011. № 3 (36). С. 64–70.

Романова Е.И., Пескова Т.Ю.

Флуктуирующая асимметрия серебряного караса и леща из реки Кубань

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет»
(Россия, Краснодар)*

doi:10.18411/spc-22-05-2019-08

idsp: sciencepublic-22-05-2019-08

Введение

Использование рыб в качестве биоиндикаторов – один из очень удобных методов анализа состояния водоемов. Рыбы обладают определённой пластичностью, и способны приспосабливаться к меняющимся условиям окружающей среды.

Использование рыб в качестве тест-объектов позволяет вести относительно простую и доступную систему контроля за состоянием речных экосистем [Захаров, 1987].

Мерой стабильности развития может служить флуктуирующая асимметрия, представляющая собой незначительные ненаправленные отклонения от строгой билатеральной симметрии вследствие несовершенства онтогенетических процессов. Она является одним из основных показателей стабильности развития, позволяющим определить нарушение развития, происходящие на основе одного и того же генотипа [Зиновьев, Мандрица, 2003].

Флуктуирующая асимметрия является результатом неспособности организмов развиваться по точно определенному плану. Различия между сторонами не являются генетически детерминированными и не имеют адаптивного значения [Lajus, 2001]. Выступая в качестве меры стабильности развития, флуктуирующая асимметрия характеризует состояние морфогенетического гомеостаза. Таким образом, флуктуирующая асимметрия может быть охарактеризована как одно из наиболее обычных и доступных для анализа проявлений случайной изменчивости развития [Захаров, 1987].

Флуктуирующая асимметрия как метод оценки состояния популяций имеет несколько отличительных черт, которые, в зависимости от ситуации, могут обладать не только преимуществами, но и недостатками:

- Этот подход позволяет определить вектор изменения параметра при ухудшении состояния популяции (повышение при ухудшении и понижение при улучшении). Далеко не для всех показателей это возможно, например, более или менее низкий темп роста могут просто характеризовать разные жизненные стратегии.
- Уровень асимметрии отражает не сиюминутное состояние популяции, а интегральное, сформированное в течение существенной доли жизненного цикла особи.
- Методология применима к очень широкому кругу объектов, поскольку случайная изменчивость вездесуща, при этом, конечно, каждый объект и ситуация требует специальных методических разработок, в частности, выбора признаков, к которому надо подходить очень тщательно.
- Возможность использования материала, собранного непосредственно в поле.
- Возможность прижизненного анализа.
- Возможность анализа музейных коллекций, что в ряде случаев позволяет оценивать эффект изменения условий во времени.
- Метод не требует специального дорогого оборудования.
- От исследователя требуется хорошее знание биологической статистики и широкий общебиологический кругозор.
- Изменение уровня флуктуирующей асимметрии является показателем влияния всей совокупности факторов, определяющих состояние популяции.

Материал и методы исследования

Сбор материала проводили в весенний период 2018 г. В качестве объектов исследования были выбраны 2 вида рыб семейства Карповые (Cyprinidae) (47 экз.): карась серебряный (*Carassius gibelio*) и лещ (*Abramis brama*).

Облов совершён в 5 различных точках в реке Кубань в г. Краснодаре и его окрестностей.

Первая точка – р. Кубань в районе станицы Марьянской. Сбор материала для исследований проводится в 18 км от черты города Краснодара. Берега водоема низкие, местами пологие, заросшие камышом. В данном месте собрано 15 особей для исследования.

Вторая точка – р. Кубань возле поселка Прикубанского. Место сбора находится в 25 км от границы города Краснодара. Берега пологие, местами обрывистые, поросшие

густой травой и ивняком. Сбор материала проводился с правого берега. Рядом отсутствуют жилой сектор и промышленные предприятия. Правобережье реки предназначено для отдыха и рыбалки. В данной точке для исследования было выловлено 22 особей.

Третья точка – р. Кубань в микрорайоне Юбилейный в черте г. Краснодара. Берега водоема обрывистые, густо поросшие травой и кустами, являются излюбленным местом рыболовов. Место забора находится в 1 км от дороги. В третьей точке для исследования собрано 14 особей.

Четвертая точка – озеро Затон в г. Краснодаре. Берега водоема пологие, поросшие травой. В данном месте собрано 5 особей для исследования.

Пятая точка – озеро Старая Кубань в г. Краснодаре. Берега покатые, поросшие травой и камышом. В данном месте поймано 2 особи.

Мы оценивали флуктуирующую асимметрию карповых рыб по стандартным методикам [Методические рекомендации ..., 2003]. Учёт билатеральных меристических признаков проводили по обеим сторонам тела, рассматривая распределение значений всех признаков справа и слева, а именно: число лучей в грудных плавниках; число лучей в брюшных плавниках; число лучей в жаберной перегородке; число чешуй в боковой линии.

Нами были использованы следующие показатели флуктуирующей асимметрии: частота асимметричного проявления на признак (ЧАПП) и частота асимметричного проявления на особь (ЧАПО). Показатель ЧАПП характеризует соотношение количества признаков особи с зарегистрированной асимметрией, к количеству изученных признаков. Показатель ЧАПО характеризует соотношение количества особей с зарегистрированным асимметричным признаком, к количеству особей в выборке.

Оценку отклонений развития рыб от стабильного (условно нормального состояния) проводили по разработанной ранее шкале [Методические рекомендации ..., 2003].

Вычисления проводились с помощью методов вариационной статистики [Лакин, 1990]. Для сравнения средних величин был использован t-критерий Стьюдента. Достоверность результатов определяли на 5%-ном уровне значимости.

Результаты и обсуждение

Результаты изучения такого показателя флуктуирующей асимметрии как частота асимметричного проявления на особь у карасей и лещей показаны в таблице 1.

Таблица 1

Частота асимметричного проявления на особь рыб из различных точек на реке Кубань

Водоем	Вид рыбы	ЧАПО ($\bar{x} \pm m\bar{x}$)	Балл
1	Карась серебряный (n=8)	$0,50 \pm 0,102$	5А
	Лещ (n=3)	$0,42 \pm 0,099$	4
2	Карась серебряный (n=11)	$0,54 \pm 0,060$	5А
	Лещ (n=7)	$0,61 \pm 0,054$	5Б
3	Карась серебряный (n=10)	$0,50 \pm 0,040$	5А
	Лещ (n=4)	$0,62 \pm 0,144$	5Б
4	Карась серебряный (n=4)	$0,50 \pm 0,116$	5А
	Лещ (n=3)	$0,67 \pm 0,099$	5Б
5	Карась серебряный (n=2)	$0,62 \pm 0,180$	5Б

В первой точке, наименьшая величина ЧАПО характерна для леща. У серебряного карася показатели гомеостаза развития оцениваются на балл выше. Таким образом, личинки серебряного карася и леща в момент формирования остеологических признаков, а значит и их отклонений от нормального состояния, сталкиваются с различными экологическими условиями.

Судя по данным таблицы 1, экологические условия для серебряного карася во всех пяти исследованных точках на р. Кубань, были критическими. Серебряные караси, выловленные в судоходных рукавах р. Дон, имели величину ЧАПО 0,63–0,68, в несудоходных рукавах ЧАПО карасей 0,43–0,58 [Костылева, 2012].

Икрометание у серебряного карася начинается при температуре 14 °С, икра липкая, вымётывается на вегетирующую подводную растительность, к которой и приклеивается. Икрометание у серебряного карася обычно порционное, причём нерест происходит чаще всего в три приёма. Личинки имеют хорошо развитую личиночную дыхательную систему, главным образом, в плавниковой складке, но также и на желточном мешке. Имеются расположенные впереди глаз орган приклеивания, при помощи которых личинки прикрепляются к растительности и неподвижно висят до всасывания желточного мешка [Никольский, 1971].

Лещ в первой точке находился в лучших условиях, чем в остальных четырех. В судоходных и несудоходных рукавах р. Дон ЧАПО леща составляла 0,49–0,54 [Костылева, 2012], т. е. была сопоставима с данным показателем леща из первой точки на р. Кубань.

У леща нерест происходит в конце апреля при температуре воды 17-20 °С. Обычно наиболее интенсивный нерест происходит в начале мая. Икра вымётывается на мягкую подводную растительность. Инкубационный период при температуре 18-20 °С продолжается около трех суток. Вышедшие личинки до всасывания желточного мешка неподвижно висят, прикрепившись к растениям. После всасывания желточного мешка начинают интенсивно питаться. Сначала пищей служит зоопланктон, позже переходят на питание бентическими беспозвоночными [Никольский, 1971].

Далее мы охарактеризовали еще один показатель флуктуирующей асимметрии – частоту асимметричного проявления на признак (табл. 2). В отличие от ЧАПО, который характеризует общее состояние рыбы, с помощью показателя ЧАПП можно оценить вклад того или иного конкретного признака в развитие асимметрии особи.

Таблица 2

Частота асимметричного проявления на признак рыб из различных точек на реке Кубань

Водоем	Вид рыбы	ЧАПП ($\bar{x} \pm m\bar{x}$)	Балл
1	Карась серебряный (n=8)	0,50 $\pm$ 0,098	5А
	Лещ (n=3)	0,42 $\pm$ 0,185	4
2	Карась серебряный (n=11)	0,54 $\pm$ 0,000	5А
	Лещ (n=7)	0,60 $\pm$ 0,040	5Б
3	Карась серебряный (n=10)	0,50 $\pm$ 0,046	5А
	Лещ (n=4)	0,62 $\pm$ 0,081	5Б
4	Карась серебряный (n=4)	0,50 $\pm$ 0,116	5А
	Лещ (n=3)	0,67 $\pm$ 0,156	5Б
5	Карась серебряный (n=2)	0,62 $\pm$ 0,144	5Б

Сравнение показателей ЧАПО и ЧАПП одних и тех же видов рыб, пойманных в каждой точке, не показало наличие различий.

В. М. Захаров и А.Т. Чубинишвили [2001] отметили, что популяции разных видов рыб показывают разную реакцию в одних и тех же условиях среды. Таким образом, одинаковые условия одного водоёма являются оптимальными для одного вида рыб и не оптимальны для другого. В нашем исследовании экологические условия существования во всех точках на р. Кубань оказались неоптимальными для всех исследованных нами видов рыб.

Мы сравнили величины ЧАПО и ЧАПП для серебряного карася и леща из всех исследованных точек. Судя по величине критерия Стьюдента оба показателя гомеостаза развития (ЧАПО и ЧАПП), как у серебряного карася, так и у леща, во всех точках на р. Кубань достоверно не различаются.

Мы проанализировали частоту асимметричного проявления на каждый признак у изученных нами видов рыб (табл. 3).

Таблица 3

Частота асимметричного проявления на изученные признаки рыб из точек на р. Кубань

Вид рыбы	Признак				ЧАПП /балл
	1	2	3	4	
Первая точка					
Карась	0,62	0,50	0,25	0,62	0,50±0,102 / 5А
Лещ	0,67	0,00	0,33	0,67	0,42±0,099 / 4
Вторая точка					
Карась	0,54	0,54	0,54	0,54	0,50±0,000 / 5А
Лещ	0,57	0,57	0,71	0,57	0,62±0,144 / 5Б
Третья точка					
Карась	0,40	0,50	0,50	0,60	0,50±0,116 / 5А
Лещ	0,50	0,50	0,75	0,75	0,67±0,099 / 5Б
Четвертая точка					
Карась	0,50	0,25	0,50	0,75	0,62±0,180 / 5Б
Лещ	0,33	0,67	0,67	1,00	0,67±0,156 / 5Б
Пятая точка					
Карась	0,50	0,50	1,00	0,50	0,62±0,144 / 5Б
Примечание: 1 – число лучей в грудных плавниках; 2 – число лучей в брюшных плавниках; 3 – число лучей в межжаберной перегородке; 4 – число чешуй в боковой линии					

Максимальная величина асимметрии у карася в первой точке приходится на признаки число лучей в грудном плавнике и число чешуй в боковой линии. Во второй точке асимметрия по всем признакам была одинаковой. В третьей и четвертой точках – максимальная величина асимметрии была у числа чешуй в боковой линии, а в пятой точке – у числа лучей в межжаберной перегородке.

В работе по показателям флуктуирующей асимметрии серебряного карася из р. Дон и ее притоков [Костылева, 2012] минимальная величина асимметрии была обнаружена у признаков число лучей в брюшном плавнике и число лучей в межжаберной перегородке. В нашей работе по всем признакам асимметрия была достаточно высокой.

При исследовании флуктуирующей асимметрии серебряного карася в водоемах дальневосточного региона было установлено, что максимальные показатели асимметрии были отмечены по числу сейсмочувствительных пор на крышечных костях, а минимальные – по числу пор на нижней челюсти. Асимметрия остальных изученных признаков варьировала в зависимости от межпопуляционных особенностей [Романов, Ковалев, 2003].

У леща из р. Дон и ее притоков [Костылева, 2012] максимальная асимметрия была обнаружена по признакам числа лучей в грудных плавниках и числа чешуй боковой линии. У исследованных нами лещей, как правило, прослеживается такая же тенденция, за исключением рыб из второй и третьей точек.

Заключение

Проведенные нами исследования показателей стабильности развития серебряного карася и леща из различных точек р. Кубань показывает, что наименьшая величина ЧАПО и ЧАПП характерна для леща из первой точки (река Кубань в районе станицы Марьянской). Показатели леща из остальных точек и серебряного карася из всех точек оцениваются на один или два балла выше. Сравнение показателей ЧАПО и ЧАПП одних и тех же видов рыб, пойманных в каждой точке, показало отсутствие различий у обоих видов рыб из всех точек. Для серебряного карася и леща отмечены высокие показатели асимметрии по первому (число лучей в грудных плавниках) и

четвертому (число чешуй в боковой линии) признакам. По второму (число лучей в брюшном плавнике) и третьему (число лучей в межжаберной перегородке) в разных точках асимметрия была как низкой, так и высокой.

- 1 Захаров В.М., Чубинишвили А.Т. Мониторинг здоровья среды на охраняемых природных территориях. М., 2001. 136 с.
- 2 Захаров В. М. Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). М., 1987. 216 с.
- 3 Зиновьев Е. А., Мандрица С. А. Методы исследования пресноводных рыб. Пермь, 2003. 115 с.
- 4 Зорина А. А. Методы статистического анализа флуктуирующей асимметрии // Принципы экологии. 2012. № 3. С. 24—47.
- 5 Костылева Л. А., Пескова Т. Ю. Оценка состояния притоков устья р. Дон по показателям флуктуирующей асимметрии рыб // Новые технологии и приложения современных физико-химических методов для изучения окружающей среды. Ростов-на-Дону, 2011. С.150-151.
- 6 Костылева Л.А. Оценка экологического состояния устья реки Дон по стабильности развития позвоночных гидробионтов: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов, 2012. 19 с.
- 7 Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Наука, 1980. 291 с.
- 8 Мелехова О. П. и др. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование. М., 2007.
- 9 Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур) / Министерство природных ресурсов Российской Федерации; Государственная служба охраны окружающей природной среды (Росэкология). М., 2003. 28 с.
- 10 Никольский Г.В. Частная ихтиология. М., 1971. 471 с.
- 11 Романов Н. С., Ковалев М. Ю. Морфологическая изменчивость серебряного карася *Carassius auratus* (Cypriniformes, Cyprinidae) из некоторых водоемов Дальнего Востока // Чтения памяти В. Я. Леванидова. Вып. 2. 2003. С.407-416.
- 12 Романов Н. С., Ковалев М. Ю. Флуктуирующая асимметрия серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Cyprinidae) из некоторых водоемов Дальнего Востока // Вопросы ихтиологии. Т. 44. № 1. 2004. С.109.
- 13 Lajus D. L. Variation patterns of bilateral characters: variation among characters and among populations in the White Sea herring (*Clupea pallasii marisalbi*) // Biol. J. Linn. Soc. 2001. N 74. P. 237–253.
- 14 Lajus D. L., Alekseev V. R. Components of morphological variation in baikalian endemial cyclopoid *Acanthocyclops signifer* complex from different localities // Hydrobiologia. 2000. Vol. 417, N 1–3. P. 25–35.