

УДК 597.2/5

Хорошеньков Е.А.

(г. Краснодар)

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕКОТОРЫХ ВОДОЕМОВ
СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРЕДКАВКАЗЬЯ ПО СТАБИЛЬНОСТИ
РАЗВИТИЯ СЕРЕБРЯНОГО КАРАСЯ

Аннотация. Приведено описание морфологической изменчивости некоторых меристических признаков серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) из четырех водоемов Северо-Западного Предкавказья. Проведено исследование флуктуирующей асимметрии как показателя стабильности развития. Отмечается различный уровень флуктуирующей асимметрии особей из разных биотопов, что, на наш взгляд, свидетельствует о различных условиях раннего постэмбрионального развития. Проанализированы литературные данные по этому вопросу. *Ключевые слова:* Морфо-анатомические показатели, флуктуирующая асимметрия, карась серебряный, стабильность развития, биоиндикатор.

E. Khoroshenkov

(Krasnodar)

ASSESSMENT OF SOME NORTHWEST CISCAUCASUS
RESERVOIRS' CONDITIONS BASED ON THE STABILITY
OF GOLDEN CARP'S DEVELOPMENT

Abstract. The article presents the description of the morphological variability of golden carp *Carassius auratus gibelio* (Bloch) of the four reservoirs of the North-West Caucasus. The focus of the study is fluctuating asymmetry as an indicator of sustainable development. It is noted that there are different levels of fluctuating asymmetry of individuals of different biotopes. The author considers it to prove that there are different conditions of embryonic and post embryonic development. Scientific publications on this issue are analysed.

Key words: Morphological and anatomical characteristics, fluctuating asymmetry, golden carp (*Carassius auratus gibelio*), sustainable development, bio-indicator.

Проблема загрязнения водной среды в настоящее время приобретает глобальное значение. В водоемы Земли ежегодно сбрасывается около 700 км³ загрязненных вод. Погибают чувствительные организмы, разрушаются сбалансированные сообщества, ограничивается хозяйс-

твенное и рекреационное использование водоемов. Именно поэтому ученые сегодня находят все новые и новые способы изучения степени их загрязнения.

Использование рыб в качестве биоиндикаторов – один из очень удобных методов.

Исследования в водоемах разных широт, в разнообразных реконструированных водоемах или находящихся под влиянием различных антропогенных факторов показывают, что, в первую очередь, происходят изменения в воспроизводстве рыб, которые отражаются в кинетике и устойчивости рыбных сообществ [1, 1387-1392].

Биоиндикаторы – организмы, присутствие, количество или особенности развития которых служат показателями естественных процессов, условий или антропогенных изменений среды обитания. Их индикаторная значимость определяется экологической толерантностью биологической системы. В пределах зоны толерантности организм способен поддерживать свой гомеостаз [2, 216].

Позвоночные животные служат хорошими индикаторами состояния среды благодаря следующим особенностям:

- являясь консументами, они находятся на разных трофических уровнях экосистем и аккумулируют через пищевые цепи загрязняющие вещества;

- обладают активным обменом веществ, что способствует быстрому проявлению воздействия негативных факторов среды на организм;

- имеют хорошо дифференцированные ткани и органы, которые обладают разной способностью к накоплению токсических веществ и неоднозначностью физиологического отклика, что позволяет исследователю иметь широкий набор тестов на уровне тканей, органов и функций;

- сложные приспособления животных к условиям среды и четкие поведенческие реакции наиболее чувствительны к антропогенным изменениям, что дает возможность непосредственно наблюдать и анализировать быстрые отклики на оказываемое воздействие;

- животных с коротким циклом развития и многочисленным потомством можно использовать для проведения ряда длительных наблюдений и проследить воздействие фактора на последующие поколения; для долгоживущих животных можно выбрать особо чувствительные тесты в соответствии с особо уязвимыми этапами онтогенеза.

Оценка и прогнозирование состояния природной среды с привлечением позвоночных животных проводятся на всех уровнях их организации. На организменном уровне с помощью сравнительного анализа

оцениваются морфо-анатомические, поведенческие и физиолого-биохимические показатели.

Морфо-анатомические показатели описывают особенности внешнего и внутреннего строения животных и их изменение под воздействием определенных факторов (депигментация, изменение покровов, структуры тканей и расположения органов, возникновение уродств, опухолей и других патологических проявлений) [8, 17-19].

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 [3, 42]. [4, 44-50] определяет флуктуирующую асимметрию как эпигенетическую меру стресса. Некоторые исследования показали, что уровень асимметрии (отражение определенной стабильности развития) соответствует лишь конкретным условиям среды и может быть совершенно иным при необычных условиях развития [5, 291; 6, 13].

Флуктуирующая асимметрия является результатом неспособности организмов развиваться по точно определенному плану. Различия между сторонами не являются генетически детерминированными и не имеют адаптивного значения. Выступая в качестве меры стабильности развития, флуктуирующая асимметрия характеризует состояние морфогенетического гомеостаза — способности организма к формированию генетически детерминированного фенотипа при минимальном уровне онтогенетических нарушений. Таким образом, флуктуирующая асимметрия может быть охарактеризована как одно из наиболее обычных и доступных для анализа проявлений случайной изменчивости развития [6, 13-15].

В качестве биоиндикатора состояния водоемов нами был выбран карась серебряный (*Carassius gibelio*). Всего собран и проанализирован материал по 54 особям, в выборке были обнаружены особи от трех до шести лет. Нами анализировались легко учитываемые билатеральные признаки, учет которых не требует умерщвления рыб: число лучей в грудных плавниках, число лучей в брюшных плавниках, число лучей в жаберной перепонке, число пор в нижнечелюстной кости, число чешуй в боковой линии и число чешуй, прободенных сейсмодатчиками от верстиями.

Серебряный карась распространен довольно широко. Его ареал занимает бореальную зону Евразийского материка. Исследование этого

вида имеет большое значение, так как он образует гиногенетическую форму триплоидного происхождения, которая представляет этот вид в водоемах Европы. В азиатской части ареала присутствует как гиногенетическая, так и обычная диплоидная форма [12, 131-145]. Флуктуирующая асимметрия серебряного караса изучена крайне слабо, и поэтому целью нашего исследования является изучение флуктуирующей асимметрии как показателя стабильности развития у серебряного караса и возможности использование ее для биомониторинга.

При оценке флуктуирующей асимметрии в группе особей определяли величины среднего различия между сторонами. При этом различия учитывали по абсолютной величине, вне зависимости от того, на какой стороне значение признака оказывается выше у отдельной особи. Для сравнения разных групп особей использовали суммарную величину абсолютных различий, отнесенных к числу особей. Учет билатеральных признаков вели по обеим сторонам тела, рассматривая распределение всех односторонних значений признака, справа и слева.

Оценивали флуктуирующую асимметрию серебряного караса по показателям ЧАПП и ЧАПО. ЧАПО рассчитывается как отношение числа особей, имеющих асимметричный признак, к общему числу особей. ЧАПП рассчитывается как отношение числа признаков, проявляющих асимметрию, к общему числу учтенных признаков.

Статистическая обработка проводилась с использованием стандартных формул [7, 28].

Оценку отклонения стабильности развития рыб от условно нормального состояния мы проводили по шкалам [8, 303-311], приведенным в табл. 1.

Материал собран в четырех точках. Первая точка – приток Магистрального Чибийского канала. Забор проб воды и сбор материала для

Таблица 1

Шкала для оценки отклонений состояния рыб от условий нормы

Балл	Величина показателя стабильности развития рыб (ЧАПП или ЧАПО)
1	до 0,30
2	0,30 – 0,34
3	0,35 – 0,39
4	0,40 – 0,44
5	0,45 и выше

исследований проводится в 10 км от черты города Краснодара, на территории республики Адыгея. Берега водоема крутые, заросшие камышом. По левому берегу притока находится карьер по разработке гравия. По правому – рисовые чеки. В полутора километрах находится ВНИИ риса. В данном месте собрано 10 особей для исследования.

Вторая точка – река Кубань. Место забора – берег реки в 2 км от границы города Краснодара. Берега пологие, поросшие густой травой и ивняком. Правый берег принадлежит Краснодару, левый – республике Адыгея. Забор проб воды и материала проводится на правом берегу. Рядом отсутствуют жилой сектор и промышленные предприятия. Правобережье реки предназначено для отдыха и рыбалки. В шестистах метрах от места забора проходит трасса М4 (трасса Дон) и находится Краснодарское водохранилище. В данной точке для исследования было выловлено 12 особей.

Третья точка – рукав реки Псекупс. Данная точка находится в 26 км от города Краснодара, на территории республики Адыгея. Берега водоема низкие, густо поросшие травой и кустами, являются излюбленным местом рыбаков. Место забора находится в 2 км от трассы. Рядом нет населенных пунктов (ближайший, аул Вочепший, находится в 5 км), нет промышленных предприятий. В 2 км от точки находится берег Краснодарского водохранилища. В третьей точке для исследования собрано 15 особей.

Четвертая точка – приток реки Читук – р. Чейту. Сбор материала и забор воды производится в непосредственной близости от трассы М4 (трасса Дон), в 24 км от города Краснодара, на территории республики Адыгея. Берега покатые, поросшие травой и камышом. Рядом, в 2 км от места сбора материала, находится город Адыгейск. В данном месте собрано 17 особей для исследования.

Одновременно с анализом биологических показателей стабильности развития рыб в четырех исследуемых точках был проведен химический анализ воды на соответствие ее основных показателей требованиям ПДК.

Исходя из химических анализов, можно говорить о том, что в точке 1 и точке 4 показатели рН превышают допустимые величины, они составляют $9,2 \pm 0,2$ и $9,4 \pm 0,2$ соответственно. Этот сдвиг в щелочную сторону можно объяснить интенсивным «цветением» воды в этих водоемах. В точках 2 и 3 величины рН находятся в пределах допустимой концентрации. Ионы аммония в точках 2 и 3 находятся в пределах допустимой концентрации, а в точках 1 и 4 – превышают ($0,9 \pm 0,3$ мг/дм³ и $0,11 \pm 0,4$ мг/дм³ соответственно). Нитриты образуются в процессе окисления

азотосодержащих органических веществ и свидетельствуют о свежем органическом загрязнении водоема. Они попадают в воду в результате загрязнения хозяйственно-бытовыми стоками, смывами с полей, при проведении удобрения прудов, а так как все водоемы находятся в непосредственной близости с полями, можно объяснить высокое содержание азота нитратного во всех четырех точках, который составляет в точке 1 и точке 4 – $0,47$ и $0,42$ мг/дм³; в точке 2 – $0,36$ мг/дм³; в точке 3 – $0,31$ мг/дм³, при допустимой концентрации $0,02$ дм³. Однако технологические нормы допускают в рыбоводных прудах содержание нитритов на уровне $0,2$ мг/дм³, а допустимый предел – $0,3$ мг/дм³. Содержание ионов нитрита очень сильно превышено в четырех водоемах: в притоке магистрального Чибийского канала концентрация составляет $1,15 \pm 0,08$ мг/дм³, в реке Кубань – $0,86 \pm 0,05$ мг/дм³, в Реке Псекупс – $0,74 \pm 0,08$ мг/дм³, в реке Читук – $1,25 \pm 0,07$ мг/дм³. Нитраты значительно менее токсичны, чем нитриты. В рыбоводных прудах допустимо содержание нитратов до 3 мг/дм³, а норма – до 2 мг/дм³, исходя из этого, можно судить о том, что содержание нитратов находится на пределе допустимой нормы только в точке 4 и составляет $1,8 \pm 0,08$ мг/дм³, в остальных же водоемах содержание нитратов в норме. Азот нитратный в четырех водоемах – в пределах допустимой концентрации, азот аммонийный также соответствует нормам ПДК. Фосфор (фосфаты) в реке Кубань и реке Псекупс не обнаружен, а его концентрация в притоке Магистрального Чибийского канала и в реке Читук соответствует нормам ПДК. Концентрация меди в притоке Магистрального Чибийского канала превышает допустимую норму, составляет $0,026 \pm 0,005$ мг/дм³, в притоке Читук содержание меди также превышает и составляет $0,034 \pm 0,008$ мг/дм³, при норме $0,001$ мг/дм³. В реке Кубань и в реке Псекупс содержание меди в пределах допустимой концентрации. Содержание цинка в четырех водоемах в норме, составляет $< 0,005$ мг/дм³ (норма $0,01$ мг/дм³). Содержание фосфатов во всех четырех водоемах в пределах допустимой концентрации. Также было проанализировано биохимическое определение кислорода за 5 суток (БПК₅), химическое потребление кислорода (ХПК), оба показателя находятся в пределах нормы для четырех исследованных водоемов.

Данные морфогенетического анализа стабильности карасей по показателям флуктуирующей асимметрии приведены в табл. 2.

Исходя из данных табл. 2, можно судить о том, что все исследуемые водоемы загрязнены достаточно сильно и характеризуются максимальным баллом загрязнения.

Также можно судить о достаточно низком уровне отклонений в стабильности развития серебряных карасей из всех 4 точек. При этом

Таблица 2

Частота асимметричного проявления на признак у серебряных карасей

Признак	Биотоп			
	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4
Число лучей в грудных плавниках	0,8	0,7	0,8	0,8
Число лучей в брюшных плавниках	0,4	0,3	0,2	0,5
Число лучей в жаберной перепонке	0,2	0,4	0,3	0,3
Число пор в нижнечелюстной кости	0,9	0,8	0,9	0,9
Число чешуй в боковой линии	1	0,8	1	1
Число чешуй, прободённых сейсмодатчиками	0,9	1	1	0,9
ЧАПП	0,72±0,53	0,66±0,51	0,71±0,34	0,73±0,26
Балл	5	5	5	5

меньше всего подвергается изменениям число чешуй, прободённых сейсмодатчиками, а также число лучей в грудных плавниках.

Аналогичные исследования приведены в [12]. Автор отмечает, что частота асимметричного проявления на признак в исследованной выборке рыб составила $0,48 \pm 0,04$ и соответствует 5 баллам пятибалльной шкалы оценки отклонений уровня стабильности развития от условной нормы (критическое состояние).

Морфологический анализ выявил нарушение стабильности развития у изученных рыб в точках, расположенных ниже по течению р. Волги относительно г. Астрахань по сравнению с точкой, расположенной выше по течению и условно рассматриваемой в качестве контрольной. В балльном выражении по пятибалльной шкале отклонения от нормы ситуация для всех исследованных видов в условно контрольной точке соответствует норме (1 балл), в остальных точках — крайне серьёзным отклонениям от нее ($4 < 5$ балл).

В табл. 3 приведены сведения еще об одном показателе стабильности развития животных — частоте асимметричного проявления на особь.

Так как флуктуирующая асимметрия является показателем стабильности развития, которая в свою очередь связана с условиями существования рыб в конкретном водоеме, то мы можем судить о том, что состояние притока Магистрального Чибийского канала в 2006–2007 гг. было более благоприятно, об этом свидетельствуют особи карася серебряного пяти- и шестилетнего возраста, особи же трех- и четырехлетне-

Таблица 3

Частота асимметричного проявления на особь у разновозрастных серебряных карасей из исследованных водоемов

Точка	Возраст рыб			
	3+	4+	5+	6+
1	0,9±0,14	0,8±0,02	0,5±0,19	0,5
2	0,6±0,11	0,5±0,10	0,7±0,11	0,8
3	0,6±0,00	0,7±0,16	0,6±0,18	0,8
4	0,9±0,21	0,7±0,22	0,5±0,17	0,5

Таблица 4

Доли асимметричных признаков (в %) у особей карася серебряного из исследованных точек

Признак	Точка 1	Точка 2	Точка 3	Точка 4
Доля особей асимметричных особей по 2 признакам	0,0	0,0	7,0	0,0
Доля особей асимметричных особей по 3 признакам	20,0	8,0	0,0	0,0
Доля особей асимметричных особей по 4 признакам	20,0	50,0	53,0	47,0
Доля особей асимметричных особей по 5 признакам	40,0	34,0	33,0	41,0
Доля особей асимметричных особей по 6 признакам	20,0	8,0	7,0	12,0

го возраста отличаются большей степенью асимметричности, что соответствует 2008–2009 гг., такая же картина прослеживается и в притоке канала Читук.

О реке Кубань и реке Псекупс мы можем говорить о том, что их состояние стабильное, оно не меняется в течение нескольких лет (2006–2009 гг.), так как четкой закономерности по увеличению или уменьшению асимметричности среди особей трех, четырех, пяти и шести лет не прослеживается.

Также мы рассмотрели частоты встречаемости флуктуирующей асимметрии серебряных карасей по различному числу признаков (табл. 4).

Во всех точках мы не встретили особей, асимметричных только по 1-му признаку, а также полностью симметричных особей.

Судя по данным табл. 4, распределение асимметричных особей из четырех точек различается. В точке 1 большинство особей асимметричны по 5 признакам, распределение особей с тремя, четырьмя и шестью признаками одинаково (20%). В точке 2, 3 и 4 половина всех особей были с асимметричностью по четырем признакам, примерно одинаковая доля особей в четырех точках с асимметричностью по пяти признакам. Особей с двумя признаками не встречено в точках 1, 2 и 4. Примерно одинаковое распределение особей с асимметричностью по шести признакам мы встретили в точках 2, 3 и 4.

Аналогичные исследования проводили [9, 409]. Автор привел описание морфологической изменчивости серебряного карася десяти водоемов Дальнего Востока. Он анализировал легко учитываемые билатеральные признаки: число ветвистых лучей в грудных и брюшных плавниках, число заглазничных и подглазничных костей головы, число каналов второго порядка сейсмодатчика системы головы на предкрышечных и слезных костях. Количество костей, число каналов второго порядка сейсмодатчика системы на слезной и предкрышечной костях, а также число ветвистых лучей в грудных и брюшных плавниках определяли отдельно для левой и правой сторон тела.

Анализ полученных материалов показал, что караси из озер Большой Пелис, Родниковое, Тунайча и Фадеевского водохранилища характеризуются меньшей долей асимметричных и соответственно значительно большей долей симметричных особей по сравнению с рыбами из других водоемов. Кроме того, караси из озер Большой Пелис, Родниковое и Фадеевского водохранилища асимметричны главным образом по одному и двум признакам (81,4%, 93,2% и 91,5% соответственно). У карасей из других водоемов значительную долю (20,0%–26,3%) составляют также рыбы, асимметричные по трем признакам, и довольно велика (6,1%–15,5%) доля рыб, асимметричных по четырем признакам. Особи, асимметричные по пяти и шести признакам, встречаются крайне редко. Среди случаев асимметрии почти во всех исследованных нами популяциях серебряного карася наибольшую долю (22,5–31,7%) составляют таковые по числу каналов второго порядка сейсмодатчика системы на предкрышечных костях, а наименьшую – по числу подглазничных костей (1,0–11,0%). Также на нижнем Дону ранее [11, 411–422] было установлено, что у серебряного карася максимальные величины флуктуирующей асимметрии отмечены по четырем признакам: числу лучей в грудных плавниках, числу чешуй, прободенных отверстиями

боковой линии, а также числу сенсорных пор на жаберной крышке и на нижней челюсти. ЧАПП по этим признакам составляет 0,75–1,00. По признакам – число лучей в брюшных плавниках и в межжаберной перегородке – флукутирующая асимметрия проявляется в минимальной степени (ЧАПП составляет 0,06–0,20). Таким образом, можно сказать, что величина проявления флукутирующей асимметрии зависит от конкретных условий обитания популяции рыб.

Исследование кеты следующих выборок: летняя из нижнего течения р. Амур, осенняя из Анюй и осенняя из р. Тумнин проведены [13, 401–415]. Автор анализировал легко оцениваемые билатеральные признаки: число ветвистых лучей в грудных и брюшных плавниках, число заглазничных костей и число каналов второго порядка сейсмодатчиковой системы на первой заглазничной кости. Таким образом, было выявлено, что доля асимметричных рыб в выборке амурской летней кеты была больше, чем у амурской осенней кеты и кеты из р. Тумнин (82 %, 53 % и 69,8 % соответственно). Доля рыб, асимметричных по одному признаку, составляла у летней амурской кеты 50 %, а у осенней амурской и тумнинской кеты этот показатель заметно больше (67,9 % и 59,7 % соответственно), а доля асимметричных по двум признакам примерно одинакова во всех исследованных популяциях (31,7 %, 28,3 % и 35,8 % соответственно). Доля особей асимметричных по трем признакам максимальна в выборке летней амурской кеты (17,1 %), а у амурской осенней и тумнинской кеты почти в четыре раза меньше (3,8 % и 4,5 % соответственно). У летней амурской кеты встречались рыбы, асимметричные по четырем признакам (1,2 %). Амурская осенняя кета выделяется самой низкой долей асимметричных рыб по числу ветвистых лучей в грудных плавниках (19,4 %); у тумнинской кеты этот показатель в два с лишним раза больше (45,4 %), а амурская летняя кета занимает промежуточное положение (32,4 %). Для амурской осенней и тумнинской кеты характерна максимальная доля асимметричных случаев по числу ветвистых лучей в брюшных плавниках (13,9 % и 14,4 % соответственно), а у амурской летней кеты величина этого показателя заметно меньше (11,5 %). Доля особей, асимметричных по числу заглазничных костей, максимальна у осенней амурской кеты (31,9 %), а у летней амурской и особенно у тумнинской кеты эта доля намного меньше (23,7 % и 8,2 % соответственно) и по числу каналов второго порядка сейсмодатчиковой системы на первой заглазничной кости, а у осенней амурской кеты – как по числу каналов второго порядка сейсмодатчиковой системы на первой заглазничной кости, так и по числу заглазничных костей. Среди асимметричных случаев доля таковых по числу ветвистых лучей

в грудных плавниках наиболее велика у кеты из р. Тумнин (45,4 %), а у амурской летней и особенно у амурской осенней кеты – значительно меньше (32,4 % и 19,4 % соответственно). Доля асимметричных случаев по числу каналов второго порядка сейсмодатчиков системы на первой заглазничной кости примерно одинакова у амурской летней (32,4 %) и тумнинской (32,0 %) кеты, а у амурской осенней величина этого показателя несколько больше (34,7 %).

Таким образом, показана возможность оценки стабильности развития серебряного карася из некоторых водоемов Северо-Западного Предкавказья при помощи анализа флуктуирующей асимметрии. Высокая вариация показателей флуктуирующей асимметрии свидетельствует о различных условиях эмбрионального и постэмбрионального развития особей. Высокий уровень флуктуирующей асимметрии говорит о высокой степени загрязнения водоема. Так, например, особи, выловленные из притока Магистрального Чибийского канала, характеризуются высоким уровнем асимметричности, это можно объяснить наличием находящихся недалеко рисовых чеков, как следствие – высокая антропогенная нагрузка.

Литература:

1. *Брыков В.Л., Полякова Н., Скурихина Л. и др.* Изменчивость митохондриальной ДНК у карася (*Carassius auratus gibelio*) в связи с особенностью размножения и расселения // Генетика. 2002. – Т. 38, № 10. – С. 1387-1392.
2. *Захаров В. М.* Асимметрия животных (популяционно-феногенетический подход). – М.: Наука, 1987. – 216 с.
3. *Захаров В.М.* Здоровье среды: концепция. – М., 2000. – 42 с.
4. *Костылева Л.А., Пескова Т.Ю.* Оценка гомеостаза развития рыб нижнего Дона по показателю флуктуирующей асимметрии // Естественные науки. Журнал фундаментальных и прикладных исследований. 2011 б. – №3 (36). – С. 44-50.
5. *Лакин Г.Ф.* Биометрия. – М.: Наука, 1980. – 291 с.
6. *Мелехова О.П.* Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М., 1997. – 13 с.
7. Методические рекомендации по выполнению оценки качества среды по состоянию живых существ (оценка стабильности развития живых организмов по уровню асимметрии морфологических структур). – М., 2003. – 28 с.
8. *Романов Н.С.* Морфологическая изменчивость кеты *Oncorhynchus keta* (Walbaum, 1792) (Salmonidae) из рек Амур и Тумнин. – Владивосток: Дальнаука. 2008. – С. 303-311.
9. *Романов Н.С., Ковалев М.Ю.* Флуктуирующая асимметрия серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Cyprinidae) из некоторых водоемов Дальнего Востока // Вopr ихтиологии. – Вып. 2. – 409 с.

10. *Шуберт П.Г.* Биоиндикация загрязнений наземных экосистем // издательство «Мир», 1988. – 257 с.

11. *Beardmore J.A.* Developmental stability in constant and fluctuating temperatures // *Am. J. Phys. Anthropol.* – 1960. – V. 14. – P. 411-422.

12. *Parsons P. A.* Fluctuating asymmetry: an epigenetic measure of stress // *Biol. Rev.* 1990. – V. 65. – P. 131-145.

13. *Thoday J.M.* Homeostasis in a selection experiment // *Heredity.* 1958. – V. 12. N 4. – P. 401-415.