

**МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АДАПТАЦИИ  
CARASSIUS AURATUS GIBELIO BLOCH. В БИОИНДИКАЦИИ  
СОСТОЯНИЯ ПРЭСНОВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

*Е.М. Романова, доктор биологических наук*

*Е.В. Спирина, кандидат биологических наук*

*ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»*

*elspirin@yandex.ru, тел. (88422) 55-95-38*

**Ключевые слова:** морфофизиологические адаптации, токсическая нагрузка, защитные функции, загрязнение, «энергетическая плата», антропогенные факторы, средовой стресс, популяция, онтогенез.

**Key words:** morphological and physiological adaptations, toxic load, the protective function, pollution, energy charges, human factors, environmental stress, population, ontogenesis.

---

*Проведена оценка состояния карася серебряного в популяциях, подверженных антропогенному воздействию различной природы. Состояние особей в популяциях оценивали при помощи морфофизиологического метода. В популяциях, подверженных воздействию антропогенных факторов, обнаружены нарушения гомеостаза, свидетельствующие об изменении состояния организма.*

---

Живая природа нашей планеты переживает тяжелый экологический кризис, который начинается на региональном уровне и заканчивается глобальным системным кризисом биосферного уровня.

Для обеспечения устойчивого развития необходима комплексная экспресс-оценка экологического состояния окружающей среды, применительно к экосистемам разного уровня сложности. Водная среда является одной из основных сред жизни, а сама вода основным компонентом биосистем. Современная экология все больше ориентируется на естественные средства диагностики с использованием видов-биоиндикаторов. Биоиндикация позволяет оценить степень и интенсивность воздействия загрязнителей, отражает динамику деградации экосистем в интегральной форме.

Одним из методов биоиндикации является метод морфофизиологических индикаторов. Он позволяет провести оценку адаптивной реакции организмов. Большую популярность в исследованиях метод морфофизиологических индикаторов приобрел в 60-е годы в связи с разви-

тием идей С.С. Шварца [1] об экологических закономерностях микроэволюции.

В соответствии с концепцией С.С. Шварца [1], любое изменение условий жизни животных прямо или косвенно связано с изменением энергетического баланса, что неизбежно приводит к соответствующим морфофункциональным сдвигам (увеличению относительных размеров сердца и почек, повышению концентрации гемоглобина в крови и др.). При изменениях в образе жизни или в любых экстремальных условиях, животные несут большие энергетические затраты. Закономерности подобного характера выражены столь отчетливо, что они возводятся в ранг «законов». Способность повышать энергетический обмен для выживания в стрессовой ситуации выработана у животных в процессе эволюционного развития и является важнейшей их преадаптацией к изменению условий среды [1].

Целью работы явился поиск наиболее информативных параметров *Carassius auratus gibelio* Bloch. для оценки экологического состояния водоемов.

## Материалы и методы

Материал для данной работы был собран в течение летних месяцев 2008-2009 гг. на территории Ульяновской области в Тереньгульском, Карсунском, Чердаклинском районах и в районе Железнодорожной Майны. Нами было изучено девять популяций карася серебряного. Шесть из них обитают в водоемах: пруд р.п. Тереньга, «Гусиное озеро» с. Рыновские Хутора Тереньгульского района, пруд «Паника» и р. Золотая с. Белозерье Карсунского района, озера «Озерки», «Татурайкино» Чердаклинского района, испытывающие на себе примерно одинаковое антропогенное воздействие. На берегах расположены населенные пункты, по берегам раскинулись сельскохозяйственные угодья. В качестве экологически чистых водоемов использовались: пруд с. Молвино Тереньгульского района, пруд с. Уренбаш Чердаклинского района, «Белое озеро» с. Загвозкино Ж/Д Майны. Состав надводной растительности одинаков: камыш, тростник, рогоз.

Объектом исследования карась (*C. auratus gibelio* Bloch.) был выбран не случайно. Во-первых, это ценный промысловый вид для наших мест. Во-вторых, он исключительно нетребователен к условиям обитания. Он может существовать при

довольно низком содержании кислорода (до 0,1 мг/л) и при понижении температуры вплоть до замерзания. Карась (*C. auratus gibelio* Bloch.) - рыба бентосоядная: его пищей являются личинки хирономид и других насекомых, моллюски, черви, гаммарус, большую роль играет растительная пища. Обитает в литоральной зоне водоема с илистым грунтом и зарослями подводных растений [2].

Рыб отлавливали в первой половине лета с помощью сетей и удочки. Для выявления физиологического состояния карася рассчитывали индексы органов [3]. С помощью электронных весов определялся общий вес тела особей, затем проводилось вскрытие животных, изъятие внутренних органов (сердца, жабр) и взвешивание их на электронных весах с точностью до 0,001 г. Индекс органа определялся по формуле:  $I = x/y \cdot 1000$  (%);  $x$  - вес органа;  $y$  - общий вес тела. Также рассчитывался индекс упитанности, применяемый в ихтиологии [4], по формуле:  $\text{масса тела} \cdot 100 / \text{длина тела}^3$ .

## Результаты и их обсуждение

Абсолютный вес органа связан с весом тела. Поэтому чаще исследователи используют не абсолютные, а относительные показатели данного признака. Все вышеперечисленные причины дела-

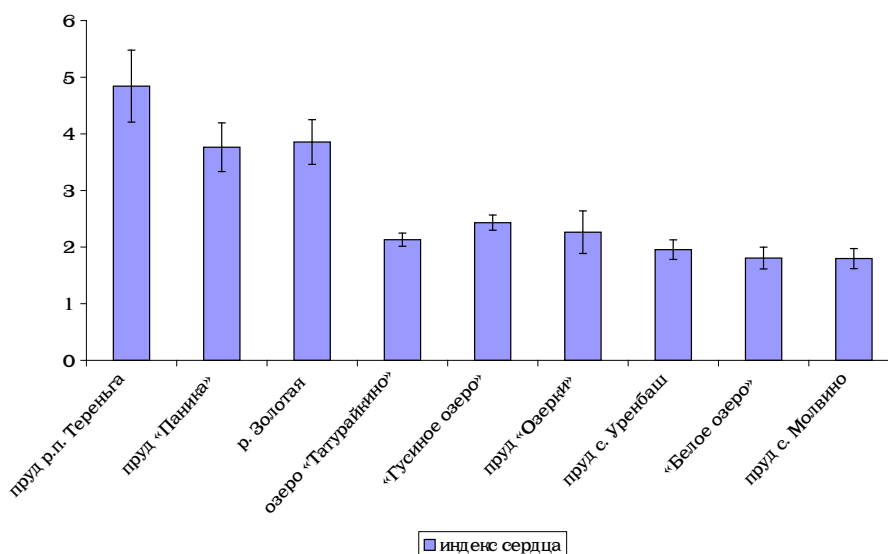


Рис. 1. Индекс сердца *C. auratus gibelio* Bloch.

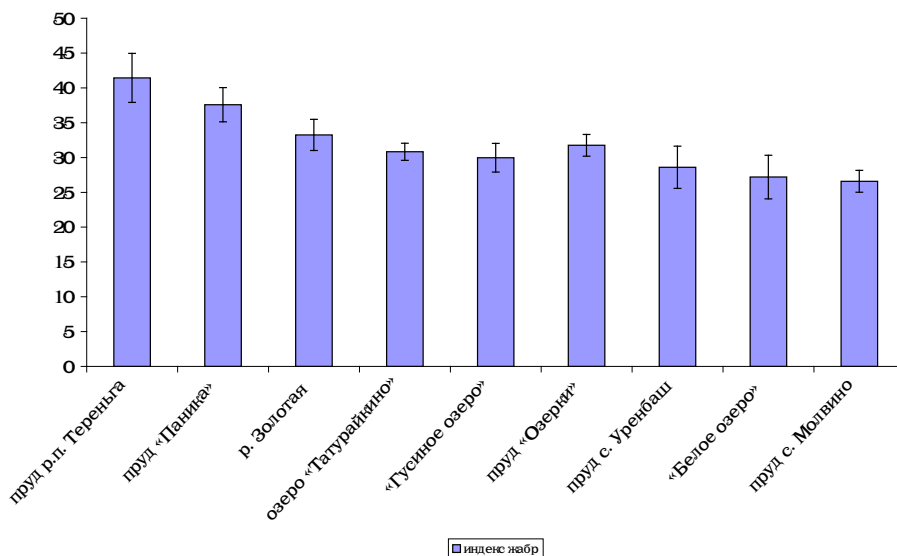


Рис. 2. Индекс жабр *C. auratus gibelio* Bloch.

ют использование относительных показателей веса органов или индексов более целесообразным, в том числе и в целях индикации состояния среды обитания животных.

Мы исходили из следующих предположений: 1) антропогенное загрязнение вод создаёт «экстремальность» условий обитания для живых организмов; 2) токсические вещества являются дополнительной нагрузкой на организм и способны изменять уровень метаболизма; 3) для выживания в условиях действия загрязнения особи должны нести энергетические затраты по детоксикации, что должно отразиться на их морфофизиологических показателях.

Следует отметить, что рыбы, живущие в водоёмах характеризуются большей зависимостью от факторов среды в силу высокой роли в водных экосистемах процессов экологического метаболизма и большей интенсивностью распространения загрязняющих веществ.

С целью оценки уровня обмена веществ серебряного карася были определены индексы сердца (рис. 1).

Установлено, что чем большая работа совершается сердцем в единицу времени, тем больше выражена его гипертрофия. Это связано с тем, что под влиянием нагрузок в сердечной муску-

латуре происходит образование белков, что влечет за собой увеличение массы и объема этого органа [5].

Величина сердечного индекса четко коррелирована как с размерами тела, так и со степенью энергетических затрат. Поэтому любые изменения условий среды, требующие повышения уровня метаболизма животных, приводят к интенсификации функций этого органа, и, соответственно, к увеличению его размеров.

В условиях экологического оптимума индекс сердца рыб наименьший [5]. При токсической нагрузке у рыб происходит наращивание массы органа – величина индекса увеличивается. При исследовании морфофизиологических индексов было обнаружено достоверное превышение индекса сердца животных в антропогенно-трансформированных водоемах (пруд р.п. Тереньга, пруд «Паника», р. Золотая) по сравнению с экологически чистыми водоемами (пруд с. Молвино, «Белое озеро») ( $p < 0,05$ ).

Имеются многочисленные экспериментальные данные о том, что в условиях токсических нагрузок учащается ритм дыхания, появляется тахикардия и увеличивается потребление кислорода, что создаёт нагрузку на сердце и может объяснить причину наращивания его массы. Таким образом, индекс сердца связан с

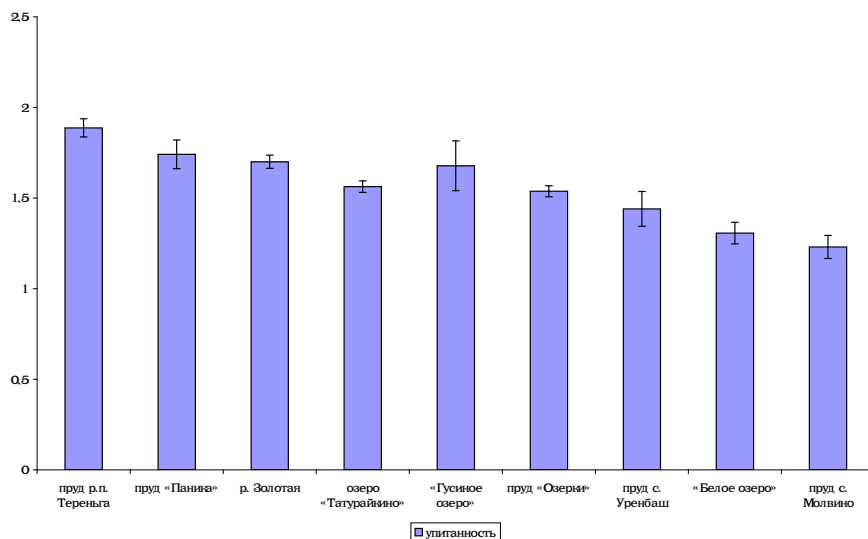


Рис. 3. Упитанность *C. auratus gibelio* Bloch.

уровнем метаболизма рыб. С.С. Шварц [1] подчеркивал, что интенсификация обмена веществ ведет к увеличению размеров сердца, и эта закономерность характерна для рыб, подвергающихся действию токсических веществ. Действие факторов антропогенно-трансформированных водоемов на организм приводит к мобилизации защитных функций и ускорению обмена веществ, что в свою очередь обуславливает нагрузку на сердце и вызывает его адаптивные перестройки.

Очевидно, что воздействие загрязнения водоемов оказывает влияние на значение индекса сердца. Это связано с тем, что метаболизм животных в условиях загрязнения протекает с большей интенсивностью, что и позволяет им выживать в неблагоприятных условиях. Поэтому индекс сердца серебряных карасей - признак, который целесообразно использовать в биоиндикации водоемов.

**Жабры** – играют в организме рыб важную физиологическую роль как орган дыхания. Однако, к сожалению, в литературе данные по относительному весу этого органа встречаются редко. Более высокие индексы жабр серебряного карася наблюдаются в зонах загрязнения, возможно, что под действием токсичных веществ, содержащихся в воде, защитная функция жабр проявляется в разрастании и утолщении их эпителия, что

отражается на их относительной массе. С другой стороны, многочисленными экспериментами доказано, что воздействие токсичных веществ или других стрессов приводит к учащению ритма дыхания, гипервентиляции жабр и повышению потребления рыбами кислорода [6, 7]. Ускорение метаболизма, повышение потребления кислорода под действием токсичных веществ приводит к возрастанию физиологической роли жабр, что создает дополнительную нагрузку на орган и в результате увеличивается относительная их масса. С целью оценки метаболизма были определены индексы жабр (рис. 2).

У карасей пруда р.п. Тереньги наблюдается увеличение индекса жабр, достоверно отличающихся от экологически чистых водоемов (пруд с. Молвино, «Белое озеро») ( $p < 0,05$ ), поэтому данный индекс можно использовать для биоиндикации водоема.

Жиронакопление тесно связано со всеми физиологическими процессами в организме рыб, поэтому может быть индикатором адаптивных изменений в организме. В работах Г.В. Никольского [4], С.С. Шварца [1] жиронакопление рассматривается как один из механизмов образования энергетического «депо» при воздействии на популяцию неблагоприятных природных факторов.

Расчёт отношения массы тела к дли-

не показал, что упитанность животных из антропогенно-трансформированного водоема существенно выше, по сравнению с животными из экологически чистых водоемов (рис. 3).

М.И. Шатуновским [8] показано, что у молоди рыб в критические периоды жизни, например, при зимовке или скате, проходных и полупроходных рыб в море, повышается содержание липидов в красных мышцах, жабрах, кишечнике, увеличивается содержание фосфолипидов и высоко насыщенных жирных кислот линоленового ряда. А.Ф. Кирилов [9] приводит факты, что в процессе адаптации сига к новым условиям водохранилища он создает значительные запасы энергетических субстратов, в результате повышаются упитанность и количество внутреннего жира. Ю.Г. Юровицким и В.С. Сидоровым [10] показано, что у ряпушки из озера, куда попали гербициды, во всех системах организма отмечено повышение уровня содержания фосфолипидов.

Можно предположить, что под влиянием хронического загрязнения среды стимулируется включение механизмов регуляции роста и жиронакопления рыб, поскольку для выживания в экстремальных условиях организм должен обладать определенным энергетическим резервом.

Характер изменения липидного статуса рыб при остром кратковременном воздействии токсических веществ резко отличается от хронического воздействия. В первом случае происходит ярко выраженная клеточная патология, при которой повышается концентрация лизолецитина; во втором случае происходит реабилитация организма за счет синтеза липидов [10].

Таким образом, биохимические механизмы объясняют различия в процессах жиронакопления рыб в условиях острой и хронической интоксикации, раскрывают причины увеличения показателей упитанности и количества внутреннего жира. С экологической точки зрения способность особей перестраивать обмен веществ в

сторону отложения жиров вместо расхода пластических веществ на рост является одним из механизмов реагирования на стрессовую ситуацию и выживания, который в условиях загрязнения приобретает адаптивную ценность.

Основываясь на общебиологическом законе реакций биосистем на стрессовую ситуацию и концепции С.С. Шварца о том, что любые дополнительные энергетические затраты ведут к увеличению массы внутренних органов, приходим к заключению – мобилизация защитных функций организма, проявляющаяся в увеличении индексов сердца, жабр, упитанности, свидетельствует о дополнительной «энергетической плате» организма, связанной с детоксикацией и его выживанием в условиях загрязнения.

Таким образом, адаптивную ценность в условиях антропогенно-трансформированных водоемов приобретают перестройки организма, связанные с их способностью повышать уровень метаболизма в соответствии с эволюционно определенными механизмами повышения жизнеспособности, их преадаптацией к неблагоприятным условиям. Увеличение массы внутренних органов позволяет особи выдерживать напряженный энергетический баланс. Особи, способные выдерживать дополнительные энергетические затраты на детоксикацию проникающих в организм слабых доз ядов, приобретают преимущества для выживания в условиях антропогенно-трансформированных водоемов.

#### *Литература:*

1. Шварц С.С. Экологические закономерности эволюции.- М.: Наука, 1980.- 277 с.
2. Комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы. - Л.: Гидрометеиздат, 1986. - Т. 3. – 247 с.
3. Шварц С.С., Смирнов В.С., Добринский Л.Н. Метод морфофизиологических индикаторов в экологии наземных позвоночных. – Свердловск: Наука, 1968. – 387 с.



4. Никольский Г.В. Экология рыб. - М: Наука, 1974. – 367 с.
5. Ковылина Н.В. Использование озерной лягушки (*R. ridibunda* Pall.) для оперативной индикации техногенного загрязнения водотоков: Автореф. дисс... канд. биол. наук. – Волгоград: ВГПУ, 1999. – 16 с.
6. Лукьяненко В. И. Ихтиотоксикология. – М.: Агропром, 1983. – 383 с.
7. Карпович Т.А., Лукьяненко В.И. Влияние токсикантов на кардиореспираторную систему рыб. // Экспериментальная водная токсикология. – Рига: Зинатне, 1988. – С. 5-36.
8. Шатуновский М.И. О некоторых особенностях липидного обмена в раннем патогенезе рыб // Изв. РАН. - Сер. биологич., 1993. - №1. – С. 16-20.
9. Кирилов А.Ф. Стратегия экологической адаптации сига в экстремальных условиях. – Новосибирск: Наука, 1983. – 106 с.
10. Юровицкий Ю.Г., Сидоров В.С. Эколого-биохимический мониторинг и эколого-биохимическое тестирование в районах экологического неблагополучия // Изв. РАН. – Сер. биологич., 1993. - №1. – С. 74-82.

УДК 619: 612: 636: 4

## ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ МИКРОБОСИНТЕЗИРУЕМОЙ БИОДОБАВКИ В СВИНОВОДСТВЕ

*О.Н. Марьина, кандидат биологических наук, старший преподаватель  
Технологический институт – филиал ФГОУ ВПО «Ульяновская ГСХА», Россия  
тел. 89272712631*

*Н.А. Любин, доктор биологических наук, профессор  
ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»  
тел. 89084763745*

*Е.М. Марьин, кандидат ветеринарных наук, старший преподаватель,  
ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»  
тел. 89272712659*

*С.Н. Хохлова, кандидат биологических наук, доцент,  
ФГОУ ВПО «Ульяновская государственная сельскохозяйственная академия»*

**Ключевые слова:** бета-рост, свиньи, каротин, обмен веществ, белок.

**Key words:** beta-growth, pigs, carotin, a metabolism, fiber.

---

*По результатам исследований крови установлено, что применяемая добавка в корм супоросным свиноматкам способствует усилению гемопозза у поросят. Это свидетельствует об оптимизации обменных процессов у беременных животных, которые оказали положительное влияние на развитие плода.*

*В экспериментальных исследованиях изучались показатели белкового обмена в сыворотке крови суточных поросят и отъемного возраста при использовании препарата β-рост в условиях промышленного комплекса. В результате проведенных исследований установлено повышение уровня общего белка, альбуминов и глобулинов при снижении уровня концентрации мочевины, остаточного азота, и активности АЛат, АСаТ в сыворотке крови опытных животных.*

---