

УДК 574.64:597.551.2:577.125

**ФОРМИРОВАНИЕ КОМПЕНСАТОРНОЙ
И НАСТУПАТЕЛЬНОЙ ВИДОВ АДАПТАЦИИ В ОРГАНИЗМЕ КАРПА
РАЗНОГО ВОЗРАСТА ПРИ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЯХ
ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ**

А. А. Жиденко, В. В. Кривопиша

*Черниговский государственный педагогический университет им. Т. Г. Шевченко,
Чернигов, Украина, chgpu@chgpu.cn.ua*

**FORMING OF COMPENSATORY AND OFFENSIVE ADAPTATIONS
IN THE CARPS OF DIFFERENT AGES UNDER ADVERSE INFLUENCE
OF ECOLOGICAL FACTORS**

A. A. Zhidenko, V. V. Krivopysha

*T. G. Shevchenko State Pedagogical University of Chernigiv,
Chernigiv, Ukraine, chgpu@chgpu.cn.ua*

Проблема устойчивости организма в изменяющихся условиях окружающей среды, его адаптаций к экологическим факторам остается одной из центральных в биологии. Еще в 1971 г. Г. Л. Шкорбатов дал определение адаптации как совокупности реакций биологической системы, поддерживающих ее функциональную устойчивость при изменении условий окружающей среды. Отдельные механизмы адаптации к действию токсичных веществ разработаны в трудах А. И. Путинцева (1981), Ф. С. Меерсона (1981), О. Ф. Филенко (1984), Б. А. Флерова (1989), Н. Д. Озернюка, (1992), В. В. Грубинко (2001) и др. Биохимические механизмы, определяющие качественное и количественное своеобразие метаболических функций организмов освещены в работах П. Хочачки и Д. Сомеро (1988, 2002). Они предложили рассматривать срочные ответы организмов и их структур на действие стрессовых факторов как компенсаторную адаптацию, которая осуществляется за счет физиолого-биохимических компонентов клеток в момент действия данного фактора. Длительные изменения, осуществляемые за счет активации генома и глубокой структурно-функциональной перестройки обмена веществ, определяют как наступательную (эксплуатативную) адаптацию, которая придает организмам в изменившихся условиях новые свойства и расширяет их функциональные возможности по сравнению с исходными состояниями и поэтому создает возможность активно использовать факторы среды. В. П. Гандзюра и В. В. Грубинко (2008) предложили каскадный принцип организации биохимической адаптации рыб к действию токсических веществ, суть которого заключается в том, что неблагоприятное действие в биосистемах вызывает недолговременный стимулирующий эффект, который чередуется с состоянием угнетения данной функции этой системы, а результирующий эффект действия фактора и ответа биологической системы на него является итогом взаимодействия процессов повреждения (деструкции) и компенсаторно-адаптивных реакций системы, которые протекают одновременно.

Цель нашего исследования – сравнение видов адаптаций в организме сеголеток и двухлеток карпа при действии экологических факторов естественного и антропогенного происхождения.

На протяжении всего онтогенеза рыбы испытывают влияние изменяющейся многокомпонентной внешней среды (Горюнова, 1992) и на каждой стадии могут подвергаться экстремальным воздействиям (природным и искусственным). Одним из главных регуляторных факторов метаболизма и реализации биопотенции является температура среды обитания рыб (Романенко, Арсан, 1987). Чтобы учитывать вклад этого фактора в развитие токсикологических эффектов на метаболическом уровне, нами исследованы механизмы адаптивно-компенсаторных возможностей организма рыб на уровне энергетического обеспечения резистентности к неблагоприятным воздействиям.

На протяжении зимовки у сеголеток в ответ на действие низких температур и голодание возникает компенсаторный вид биохимической адаптации в виде синтеза кетоновых тел в качестве дополнительного источника энергии (Жиденко, 1990). Формирование компенсаторной адаптации у сеголеток происходит следующим образом. На сеголеток карпа действуют неблагоприятные абиотические факторы (низкие температуры и голодание), которые воспринимаются рецепторами и по афферентным путям приводят в возбуждение координированные медиаторную и гормональную системы, обеспечивающие физиологические адаптивные реакции живому организму в критических ситуациях, когда ему необходимо приспособиться к изменившимся условиям среды (Селье, 1982). В клетках и органах (на структурно-функциональном уровне) возникает ответная реакция в виде «аварийной» стадии, возросшая нагрузка на орган приводит к интенсификации функционирования структур, включается система энергообеспечения органов. Возрастает уровень функционирования определенных клеток, обеспечивающий срочный этап компенсаторной адаптации, причем только тех, вклад которых более существенен для выживания в данных условиях. Такая реакция не только предшествует развитию устойчивой долговременной адаптации, но и играет важную роль в ее формировании.

Метаболический регулятор энергетических ресурсов принимает участие не только в обеспечении срочной адаптации, но и приводит в действие другой, более сложный уровень регуляции: включаются нейрогуморальная и иммунно-метаболическая регуляторные системы организма. Они контролируют активность генетического аппарата

клетки – определяют скорость синтеза нуклеиновых кислот и белков, необходимых для преодоления стрессовой ситуации. Организм приобретает дополнительные способности. В наших исследованиях – это синтез кетоновых тел в качестве дополнительного источника энергии для мозга у двухлеток карпа; это пример перехода компенсаторного вида адаптации в эксплуатативную. В октябре количество кетоновых тел в мышцах, печени и мозге двухлеток карпа в среднем в 10–20 раз больше, чем у сеголеток в тех же органах и в тех же условиях (табл). Организм приобретает новые благоприятные для него свойства, как бы заблаговременно готовит себя к действию зимнего голодания и низких температур.

Таблица. Содержание кетоновых тел (мкмоль/г ткани, $M \pm m$, $n = 6$)
 в органах карпа разного возраста перед зимним голоданием

Органы	Сеголетки карпа			Двухлетки карпа		
	ацетоацетат+ацетон	β -оксибутират	сумма кетоновых тел	ацетоацетат+ацетон	β -оксибутират	сумма кетоновых тел
Белые мышцы	0,022 \pm 0,001	0,004 \pm 0,001	0,026 \pm 0,002	0,37 \pm 0,03*	0,06 \pm 0,01*	0,43 \pm 0,04*
Печень	0,032 \pm 0,005	0,031 \pm 0,001	0,063 \pm 0,006	0,34 \pm 0,01*	0,63 \pm 0,04*	0,97 \pm 0,05*
Мозг	0,040 \pm 0,003	0,010 \pm 0,002	0,050 \pm 0,005	0,28 \pm 0,04*	0,79 \pm 0,10*	1,07 \pm 0,09*

Примечание: * – различия достоверны

В отличие от действия обсуждаемых природных факторов, к влиянию токсикантов (фенол, тяжелые металлы, гербициды, аммиак и др.) организм рыб не имеет возможности подготовиться. Эти вещества, попадая в водоем, являясь чужеродными для гидробионтов, вызывают у них формирование компенсаторных ответных реакций, которые обеспечивают устойчивость организма к ксенобиотикам. Главный путь приспособления к токсикантам – отбор или осуществление генетической адаптации, зависящей от длительности действия антропогенного фактора (Гандзюра, Грубинко, 2008). Роль отбора в приспособлении к токсикантам показана Б. А. Флеровым (1971, 1983): уже первое поколение гуппи было в 5 раз более стойким к фенолу, чем предыдущее, а по отношению к полихлорпинену в 2,5 раза. В наших исследованиях формирование эксплуатативной адаптации при действии токсических веществ у карпа не выявлено в отличие от действия зимнего голодания, независимо от возраста рыб. У мальков и сеголеток одним из определяющих механизмов адаптации к органическим загрязнителям является включение их в пластический обмен, что подтверждается стабильными значениями содержания сухого вещества, величин индексов растянутости, сбитости, массивности, упитанности, в условиях низкой питательной активности рыб. Таким образом, формирование наступательной адаптации происходит при воздействии естественных факторов, а формирование компенсаторной адаптации возникает при действии факторов любой природы и зависит от физико-химических свойств токсических веществ, особенностей их проникновения в организм, длительности действия и возраста рыб.