

на хвостового стебля ( $F_\lambda = 72,79$ ), длина и высота головы (55,84 и 47,37), длина брюшных плавников (41,27); в наименьшей степени выборки дискриминировало антропогенное расстояние. Молодь с разных островов разделялась с вероятностью 22%. При каноническом анализе главный канонический корень разделил молодь с о. Кунар и о. Итуруп, второй — с озерных и речных нерестилищ. Степень трансгрессии вторичных областей, соответствующих выборкам разных форм, была значительно выше трансгрессии факторных областей разных островов (см. рисунок, А).

При разделении молоди из оз. Лагунное в функцию дискриминации включилось 17 индексов;  $\lambda_{\text{W}}$  была на порядок больше, чем в первом случае, и составила 0,1568. Без учета выборки с косы, которая, очевидно, имела смешанное происхождение,  $\lambda_{\text{W}}$  составила 0,031. Сила дискриминации параметров функции различалась в 5 раз:  $F_\lambda$  изменялось от 4,5 до 25,30. К наиболее значимым разделяющим индексам относились длина нижней челюсти, пектрорентральное расстояние, длина спинного и брюшного плавников. Выборки с озерных нерестилищ и из устья реки разделялись с вероятностью 45%, а с учетом выборки с косы — с вероятностью 20%. При графическом отображении результатов наибольшей степени со всеми прочими перекрывалась область молоди с приморской косы (см. рисунок, Б). Молодь озерной и речной кеты из оз. Сопочное различалась еще сильнее. В функцию дискриминации включилось 17 индексов,  $\lambda_{\text{W}} = 0,1284$ . Сила дискриминации параметров функции различалась в 4,5 раза:  $F_\lambda$  изменялось от 4,54 до 20,70. К наиболее значимым разделяющим признакам относились максимальная высота тела, высота спинного плавника и заглазничное расстояние. Выборки с разных прибрежных участков озера разделялись с вероятностью 22–25%. При каноническом анализе все факторные области значительно перекрывались (см. рисунок, В).

Морфологические различия между молодью с ЛРЗ, расположенных на соседних островах, оказались выше, чем между молодью «диких» популяций разных островов. В функцию дискриминации включилось 13 индексов,  $\lambda_{\text{W}} = 0,0439$ . Хотя сила дискриминации параметров функции различалась всего в 2 раза,  $F_\lambda$  изменялось от 21,77 до 48,33. К наиболее значимым разделяющим признакам относились заглазничное расстояние, диаметр глаза ( $F_\lambda = 45,92$ ), постдорсальное расстояние (44,35), длина основания спинного плавника (38,76) и длина верхней челюсти (33,31); к наименее значимым — длина брюшных плавников. Выборки молоди искусственного воспроизводства разделялись с достоверной вероятностью 97%. При каноническом анализе факторные области молоди с ЛРЗ в пространстве главных корней не трансгрессировали, а область молоди из экспериментального хозяйства занимала промежуточное положение (см. рисунок, Г).

## ПОКАЗАТЕЛИ МЕТАБОЛИЗМА РЫБ КАК БИОИНДИКАТОРЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДОЕМОВ

*А.А. Жиденко, Е.В. Бибчук, Т.В. Мищенко*

Черниговский национальный педагогический университет имени Т.Г. Шевченко,  
e-mail: chgpu@chgpu.cn.ua, zaa2006@ukr.net

Для естественного воспроизводства ценных, редких и исчезающих видов рыб необходимы точные сведения о состоянии водной среды, в которой они будут размещены. Поступление биогенных элементов в речные, прудовые и озерные бас-

сейны оказывает сильное влияние на жизнедеятельность водных организмов из-за меняющихся физико-химических свойств их среды обитания. Для оценки токсичности загрязняющих веществ в водоеме, помимо данных гидрохимического анализа, необходимы интегральные биологические показатели. Определение негативного влияния токсических веществ на гидробионтов опирается на положение о том, что организмы следуют за средой как в экологическом, так и в эволюционном смысле в силу изменения окружающей среды. Для решения общей задачи исследователи должны выявить эти изменения у гидробионтов на возможно более ранней стадии. Рыбы, являясь конечным продуктом пищевых цепей большинства водных экосистем, отвечают необходимым для этого требованиям. В качестве оценочных показателей, характеризующих возможные изменения состояния природных вод, могут быть использованы количественные параметры процессов обмена веществ у рыб, а также соотношения их абсолютных величин. В частности, такими показателями могут быть значения процессов трансформации веществ и их соотношения.

Целью настоящего исследования было сравнить изменения активности ферментов ГТТ ( $\gamma$ -глутамилтрансферазы КФ 2.3.2.1), АлАТ (аланинаминотрансферазы КФ 2.6.1.2.), АсАТ (аспартатаминотрансферазы 2.6.1.1.) в сыворотке крови и в печени карпа в условиях действия раундапа (2ПДК – 0,04 мг/дм<sup>3</sup>) и возможность применения значений этих показателей для биоиндикации. Для проведения эксперимента был взят карп *Cyprinus carpio* L. исходя из его адаптационной пластичности, обусловленной как генетическими (полиплоидность), так и экологическими (широкий диапазон экологической толерантности) особенностями. В.Ф. Коваленко установил, что карпы менее чувствительны к действию токсикантов по сравнению с белым амуром и гуппи, поэтому биохимические и морфологические изменения, полученные на этом объекте, являются наиболее ценными и несут обобщающий характер. Раундап – глифосат, фосулен (N-фосфонометилглицин) широко применяется для борьбы с сорняками на приусадебных участках, на землях несельскохозяйственного назначения, в лесном хозяйстве, на открытых коллекторно-дренажных и оросительных сетях.

Реакции трансаминирования с участием аланина, аспартата, глутамата происходят преимущественно в печени, хотя трансаминазы также присутствуют и в других тканях, при повреждении клеток которых они переходят в кровь. Определение активности фермента в сыворотке крови является важным методом для обнаружения повреждений целостности ткани органа вследствие экзогенного влияния.

**Значение активности ферментов (в мкмоль/час·мг) аланин- (АлАТ), аспартатаминотрансферазы (АсАТ) в крови и печени сеголеток карпа в условиях 14-суточной нагрузки глифосатом ( $M \pm m$ , n = 6)**

	Кровь (сыворотка)		Печень	
	Контроль	Раундап	Контроль	Раундап
АлАТ	0,01±0,001	0,107±0,011*	0,034±0,006	0,017±0,002
АсАТ	0,053±0,002	0,082±0,011	0,124±0,022	0,039±0,005*

\* P<0,05.

Под влиянием раундапа активность АлАТ в крови возросла в 10,7 раза, что может свидетельствовать о частичном некрозе гепатоцитов печени. В свою очередь, эти разрушения приводят к двухкратному понижению активности АлАТ в самой печени сеголеток карпа, что затрудняет обратимый перенос аминогруппы аланина на 2-ок-

глутарат с образованием пировиноградной и глутаминовой кислот. Под влиянием того же гербицида активность АсАТ в крови сеголеток также повышается, но всего в 1,5 раза. Это свидетельствует о негативном влиянии раундапа и на другие органы: сердце, скелетную мускулатуру. В печени также происходит снижение АсАТ в 3 раза. Возможным объяснением является изменение направленности метаболизма, усиление гликолитических реакций: активность лактатдегидрогеназы (ЛДГ) возрастает в 10 раз. Токсическое действие раундапа связано с высокой скоростью его проникновения, о которой мы судим по  $\text{Log } P = -2,36 \pm 0,64$  (отрицательный показатель — свидетельство высокой скорости проникновения), за счет хорошей растворимости раундапа в воде. Рассчитанная величина коэффициента К, отражающего отношение активности аспартата к уровню аланинаминотрансферазы, показывает преимущественное поражение печени. В нашем случае величина данного коэффициента снижается в 7 раз, что может быть как биоиндикатором состояния рыб, так и индикатором экологического состояния водоема в случае разведения в нем рыбы.

Еще одним биоиндикатором может служить изменение активности  $\gamma$ -глутамилтрансферазы. Этот фермент, находясь в клеточной мембране, осуществляет транслокацию аминокислот из межклеточного пространства вследствие переноса  $\gamma$ -глутамильной группы от глутатиона или другого  $\gamma$ -глутамильного пептида на транспортируемую аминокислоту. Активность ГГТ под влиянием раундапа уменьшилась в печени в 12 раз и увеличилась в сыворотке крови сеголеток карпа в 3,6 раза, что также является подтверждением нарушения целостности мембраны гепатоцитов и поступления данного фермента в кровь. Отношение их активностей является еще более показательным и также может служить хорошим биоиндикатором. Коэффициент (К), рассчитанный как отношение величин активности  $\gamma$ -глутамилтрансферазы печени в сыворотке крови контрольных рыб, равен 11,81, а К этих активностей у рыб, испытавших действие раундапа, — 0,27, что в 43,7 раза меньше, при визуальной морфобиологической целостности исследуемого органа.

Таким образом, предлагаемый нами коэффициент  $\gamma$ -глутамилтрансферазного цикла является наиболее чувствительным и может быть биоиндикатором экологического состояния рыб и водной среды. Кроме того, для уточнения особенностей обмена веществ организма в токсических условиях предлагается более распространенный коэффициент де Ритиса, отражающий степень тканевого повреждения органа и состояния организма рыб при морфофизиологической его целостности.

## **О СОСТОЯНИИ РАБОТЫ ПО ВОСПРОИЗВОДСТВУ РЫБНЫХ ЗАПАСОВ В ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМАХ ТОВАРНЫМИ РЫБОВОДНЫМИ ХОЗЯЙСТВАМИ АССОЦИАЦИИ «РОСРЫБХОЗ»**

*В.С. Захаров, Ю.П. Мамонтов, Ю.И. Козлов, О.Б. Алахов*

Ассоциация «РОСРЫБХОЗ», Москва, e-mail: [rosrybhoz@mail.ru](mailto:rosrybhoz@mail.ru)

Рыбное хозяйство внутренних пресноводных водоемов располагает значительным природным и производственным потенциалом. Рыбохозяйственное значение имеют озера общей площадью 22,5 млн. га, водохранилища площадью 4,3 млн. га и реки протяженностью 535 тыс. км.