

позволяет существенно расширить сферу применения шкалы оценки роста за счет видов рыб по которым, даже за достаточно длительный период, не удастся набрать необходимый по объему материал, но в тоже время имеется насущная потребность оценки их роста. Во всех остальных случаях приоритетным остаются фактические наблюдения в полном объеме.

УДК 632.954:597.551.2+591.524.1]

## ФОРМИРОВАНИЕ И НАПРАВЛЕННОСТЬ АДАПТИВНОГО ПРОЦЕССА РЫБ К ДЕЙСТВИЮ ГЕРБИЦИДОВ

А. А. Жиденко

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

## FORMING AND TREND OF ADAPTATION PROCESSES IN FISH TO HERBICIDES INFLUENCE

A. O. Zhidenko

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

Трансформация экосистем происходит в результате многофакторного антропогенного воздействия. Отрицательные последствия влияния человека проявляются в загрязнении водоемов, снижении биоразнообразия, изменении водных сообществ. В естественных условиях невозможно выделить роль отдельных токсикантов в формировании направленности адаптивного процесса рыб. Именно в лабораторных условиях, путем моделирования определенных ситуаций можно проследить роль каждого антропогенного фактора в процессе адаптации. Одним из таких факторов являются пестициды. Их миграция в биосфере и аккумуляция в различных звеньях экосистем ведет к обеднению видового разнообразия, отрицательно влияет на среду обитания и состояние здоровья людей. Наиболее широкое распространение среди пестицидов получили гербициды. В данный момент преобладающими для использования являются гербициды органической природы.

Для нашего исследования выбраны зенкор и раундап (концентрации 2 ПДК – 0,2 и 0,004 мг/л соответственно), которые широко применяются в настоящее время, и производные дихлорфеноксиуксусной кислоты – 2,4-Д (2,4-ДА – аминная соль и 2,4-ДБЭ – бутиловой эфир), запасы которых до сих пор существуют. Зенкор (4-амино-6-третбутил-3(метилтио)-1,2,4-триазинон-5) относится к группе гетероциклических соединений (триазинов), использующихся в качестве грунтовых гербицидов. Раундап (N-фосфонометилглицин) – системный гербицид широкого спектра действия используется для борьбы с однолетними и многолетними злаковыми и двудольными сорняками на приусадебных участках, на землях сельскохозяйственного назначения, в лесном хозяйстве.

Цель нашей работы – проследить направленность адаптации рыб под действием гербицидов разной химической природы на различных уровнях организации (генетическом, организменном, морфологическом, биохимическом). Объектом исследований служили мальки, сеголетки и двухлетки (*Cyprinus carpio* L.) двух пород карпа (чешуйчатого украинского и рамчатого украинского). Длительность эксперимента составила 14-21 суток. На организменном уровне, сравнивая морфологические показатели представителей двух пород, следует отметить большую чувствительность карпа рамчатой породы к действию оксиканта. У двухлеток данной породы это выражалось в присутствии белых пятен на жабрах, кровоизлиянии на жаберных крышках, грудных и брюшных плавниках, в области анального отверстия, а также в некотором изменении структуры печени, селезенки и сердца, габитуса на внешних покровах. Объясняет это явление не только то, что чешуя служит природным защитным барьером рыб, но и разный генотип исследуемых пород.

У сеголеток внешние морфологические изменения под действием гербицидов выражены слабее, но жабры, печень, селезенка и желчный пузырь отличаются от тех же органов контрольных рыб. Самыми устойчивыми к действию гербицидов оказались мальки. Все вышеприведенные морфологические изменения для них не характерны, за исключением небольшого межклеточного отека стромы печени и цвета желчи, которая имеет ярко зеленый оттенок по сравнению с желчью контрольных рыб. Можно сделать предварительный вывод о том, что адаптация на морфологическом уровне легче происходит в возрасте одного–двух месяцев. Возможно, это связано с более переходом срочного этапа адаптации в долговременный. Именно для этого возраста характерно преобладание анаболитических процессов над катаболитическими.

Подтверждением этого служат индексы печени и селезенки, используемые в качестве показателей стрессового состояния у карпа разного возраста в условиях гербицидной нагрузки. У мальков данные индексы уже на 7-е сутки нахождения рыбы в токсических условиях выше, чем у контрольных рыб, а на 14-е – под действием зенкора их значения превышают контроль почти в два раза, что свидетельствует о преобладании анаболитических реакций. На 14-е, 21-е сутки эксперимента индексы печени и селезенки у сеголеток, находящихся в токсических и физиологически нормальных условиях, практически не отличаются. У двухлеток картина противоположная: на 14-е сутки индексы селезенки, печени имеют меньшие значения относительно контроля, за исключением рыб, находящихся под действием раундапа. Объяснением этого может служить химическая природа гербицида. Количественные показатели экстерьера (зоологическая и промышленная длина рыб, коэффициент упитанности по Фултону и масса тела) контрольных и экспериментальных рыб достоверных отличий по каждому возрасту не имеют.

Направленность адаптивных реакций на гистологическом уровне зависит от химической природы гербицида. Под действием зенкора лучше всего проявляется срочная адаптация в виде набухания респираторных ламелл и гипертрофии филаментов жабр карпа уже на первые сутки нахождения рыбы в токсических условиях. Такие изменения жабр уменьшают поступление токсиканта этим путем. На четвертые сутки действия аминной соли 2,4-дихлорфеноксиуксусной кислоты в гистопрепаратах отмечается подкапсулярная пролиферация гепатоцитов, что также является проявлением реактивного процесса организма рыб (срочная адаптация). Процесс альтерации, возникающий в мозге карпа под действием того же гербицида можно рассматривать как приспособительную реакцию, указывающую на протекание процесса воспаления. Действие раундапа заключается в вымывании катионов кальция из мышечной ткани, что приводит к деструктивным изменениям мышечных волокон, а также из черепа, что ведет к его просветлению и образованию карбонатных камней в кишечнике. Там же обнаружены желчные камни ярко зеленого цвета. Эти явления находят свое отражение в проявлениях биохимической адаптации.

В организме двухлеток карпа под действием раундапа происходит ингибирование ферментативной активности амилазы, глюкозо-6-фосфатазы, некоторое увеличение лактатдегидрогеназы и митохондриальной изоцитратдегидрогеназы, необходимые для поддержания стабильного уровня АТФ. Действие производных 2,4-Д приводит к увеличению активности глюкозо-6-фосфатазы (глюконогенез) для поддержания нормального уровня глюкозы. Это становится возможным при активизации энергетического обмена, о чем свидетельствует некоторое возрастание АЭЗ (аденилатного энергетического заряда). Действие зенкора направлено на истощение энергетических ресурсов, о чем свидетельствует снижение уровня АТФ и АДФ. В связи с этим можно наблюдать увеличение активности глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (пентозофосфатный путь), направленное на увеличение пула пентоз для сохранения генетической стабильности. Аналогичные исследования, проведенные над сеголетками, показывают лучшие их возможности формирования адаптации на биохимическом уровне. Таким образом, направленность адаптивного процесса организма зависит от природы гербицида, возраста рыбы, ее генотипа и уровня организации на котором осуществляется процесс адаптации.