

V.A. Zhezherya, P.M. Linnik, T.P. Zhezherya  
Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

## INFLUENCE OF VARIOUS FACTORS OF ENVIRONMENT ON THE MIGRATION OF CHEMICAL ELEMENTS IN THE SYSTEM "BOTTOM SEDIMENTS – WATER"

The experimental results of research of Al, Fe, Mn, Ti and Si migration from the bottom sediments at the oxygen deficiency, acidification and alkalization of the aquatic environment are given. Attention is concentrated on the study of the coexisting forms of these chemical elements and transformation their dissolved forms into suspended form.

*Keywords: aluminum, iron, manganese, titanium, silicon, coexisting forms, bottom sediments, oxygen, pH*

УДК 597.551.2:661.162.2

А.А. ЖИДЕНКО, Т.В. МИЩЕНКО, В.В. КРИВОПИЩА

Черниговский национальный педагогический университет имени Т.Г. Шевченко  
ул. Гетмана Полуботка, 53, Чернигов, 14013, Украина

## РЕАКЦИЯ КАРПОВЫХ РЫБ НА ДЕЙСТВИЕ ГЛИФОСАТА

Проанализировано действие глифосата на *Cyprinus carpio*. Гербицид ингибирует в печени карпа анаболических и усиливает катаболические процессы, увеличивает энергозатраты организма. Стабилизация энергетического обмена под действием глифосата обеспечивается за счет адаптивного увеличения концентрации кальция в сыворотке крови рыб.

*Ключевые слова: глифосат, карп, печень, мышцы, ферменты, катионы кальция, адаптация*

Большинство гербицидов, используемых в сельском, лесном и фермерских хозяйствах, содержат действующее вещество глифосат. Наиболее широко используемый гербицид, содержащий глифосат – это «Roundup» компании Монсанто. На сегодняшний день в мире ежегодно производится 800000 т. глифосата, примерно половину этого количества производит Китай. По одним источникам глифосат был изобретен в Швейцарии в 1950 году и впервые синтезирован Monsanto в 1970 году [8], по другим – N-(фосфонометил)-глицин был произведен во время второй мировой войны в качестве отравляющего вещества нервнопаралитического действия [7]. Использование глифосата для уничтожения нежелательной растительности в открытых коллекторно-дренажных и оросительных системах может привести к гибели гидробионтов.

Цель работы – проанализировать изменения, происходящие у *Cyprinus carpio* под влиянием глифосата.

### **Материал и методы исследований**

Модельные эксперименты были проведены с использованием 200-литровых аквариумов. Длительность эксперимента составила 7-14 суток, замену воды проводили каждые два-три дня. Во всех случаях контролировали и поддерживали постоянный гидрохимический режим. Для внесения глифосата в количестве 0,04 мг/дм<sup>3</sup> (2 ПДК) использовали водный раствор раундапа [4]. Подробное описание каждой из использованных методик можно найти по ссылкам литературы [2].

### **Результаты исследований и их обсуждение**

Придерживаясь комплексного принципа изучения влияния антропогенных факторов на организм, мы используем следующую последовательность в изложении полученных результатов. Прежде всего, описание поведения рыб, затем изменения внешнего вида и внутренних органов карпа на тканевом и клеточном уровнях; колебания гематологических показателей и параметров биохимического уровня организации *Cyprinus carpio*.

Токсическое влияние раундапа проявляется в общей слабости рыб, замедленной реакции на внешние раздражители, что объясняется нервнопаралитическим действием глифосата и подтверждается выраженным периваскулярным и межклеточным отеком в мозге карпа [1].

Фосулен [N-(фосфонометил)-глицин] является водорастворимым, скорость его проникновения в организм гидробионтов выше, чем скорость разложения (коэффициент липофильности : для раундапа  $\text{Log } P = -2,36 \pm 0,64$ ). В результате этого на грудных и брюшных плавниках двухлеток карпа образуются сетчатые кровоизлияния, на внешних покровах выявлены язвы, отеки, геморрагии. Возможным механизмом наблюдаемых изменений является разрушение верхней оболочки эпидермиса, содержащей слизевые клетки, вырабатывающие прозрачный секрет. Слизь и кожа – это первая линия защиты, которая под действием глифосата подвергается деструкции.

Косвенным доказательством этого являются процессы, происходящие в мышечной ткани [1]. Через 14 суток нахождения рыб в среде с раундапом выявлено нарушение структуры мышечных волокон, неупорядоченное их расположение, в некоторых участках обнаружено отсутствие поперечной полосатости: лизис телофрагмы и мезофрагмы; уменьшение почти в 11 раз уровня нерастворимых белков, увеличение на 25% водорастворимых и на 7% количества воды в мышцах карпа. Сравнивая полученные нами данные с результатами по патологии осетровых рыб, характеризующейся расслоением мышечной ткани, можно отметить сходства. У стерляди зарегистрировано повышение активности глюкозидазы, ДНКазы, щелочной фосфатазы, альдолазы в белых мышцах при заболевании рыбы [3]. Особого внимания заслуживают данные по значительному увеличению активности гиалуронидазы в мышцах карпа под влиянием раундапа. Этот фермент участвует в расщеплении гиалуроновой кислоты, входящей в состав протеогликанов, которые в свою очередь являются компонентом, склеивающим мышечные клетки и входящими в состав соединительной ткани чешуйчатого покрова. При расслоении мышц осетровых происходит сдвиг обмена веществ в направлении катаболизма и под действием глифосата в белых мышцах карпа выявлен сдвиг в сторону аэробного окисления [2]. Еще одним подтверждением усиления реакций катаболизма под действием раундапа является снижение сухого вещества мышц более чем на 20%, что приводит к изменению содержания азота в крови двухлеток карпа – уменьшение в 35 раз. Это свидетельствует об отрицательном азотистом балансе, экскреции азота из организма и неблагоприятном прогнозе функционирования рыб.

К ответной реакции на действие глифосата относятся также пучеглазие и желтоватая окраска брюшной поверхности тела рыбы, что может быть следствием количественных изменений эритроцитов, гемоглобина и промежуточных продуктов его расщепления – биливердина и билирубина. На 4 сутки действия раундапа повышается содержание эритроцитов и гемоглобина в крови карпа. Критическим периодом для двухлеток карпа, когда действие срочной адаптации становится невозможной (организм исчерпал свои физиологические резервы), а формирование долговременной адаптации не завершено, являются 7 сутки, для них характерны наиболее низкие гематологические показатели. Стабильность гематологических показателей на 14 сутки и формирование долговременной адаптации в организме двухлеток карпа возможна за счет катионов кальция, концентрация которых в сыворотке крови экспериментальных рыб увеличилась на 82,0% по сравнению с контролем. Известно, что у пресноводных рыб вода и неорганические ионы, в том числе  $\text{Ca}^{2+}$ , абсорбируясь аппаратом жабр, сразу поступают в общий кровоток. Водопроводная вода в г. Чернигове является жесткой, в ней содержится 12 мг экв/дм<sup>3</sup> или 240 мг% солей кальция и магния. Это было установлено санэпидстанцией и подтверждено нашими исследованиями, поэтому такой путь поступления катионов кальция в организм рыб возможен. Кроме того, имеет место второй путь увеличения количества  $\text{Ca}^{2+}$  в крови карпа. Действие раундапа на скелет рыб приводит к просветлению черепа и увеличению мягкости и гибкости костей. Резорбция костей черепа рыб приводит к тем же последствиям, что и у млекопитающих (увеличению содержания катионов кальция в крови). Коррекция обмена веществ у двухлеток карпа, которые находились в условиях гербицидной нагрузки, возможна за счет увеличения

содержания катионов кальция в воде и, тем самым, изменение концентрации этих ионов в крови и органах.

Согласно общей схеме метаболизма ксенобиотиков в организме животных, основное количество поллютантов поступает в печень, где происходит их детоксикация. Через 14 суток проведения эксперимента под действием раундапа в гистопрепаратах печени двухлеток карпа наблюдаются лимфоцитарные скопления (в портальных трактах), распространение процесса вакуольно-капельной, зернистой дистрофии, некроз гепатоцитов [1], что приводит к функциональной недостаточности железы. Активность щелочной фосфатазы увеличивается в 1,9 раза в сыворотке крови и снижается в 5,9 раза в печени относительно контроля. Известно, что щелочная фосфатаза, как и кислая (лизосомальная), осуществляя гидролиз фосфорных эфиров и транспорт фосфатных групп, имеет отношение к энергообеспечению организма. Щелочная фосфатаза содержится во многих тканях, при поражении которых уровень фермента в крови будет расти [5]. Установленное нами снижение активности щелочной фосфатазы в печени может быть результатом выхода фермента в кровь вследствие наличия патологического процесса в данном органе. Доказательством этого является возрастание активности холинэстеразы в сыворотке в 2,1 раза, снижение в печени в 19,8 раза и увеличение  $\gamma$ -глутамилтрансферазы в сыворотке в 3,6 раза и снижение в печени в 12 раз. Под действием глифосата в печени сеголеток карпа ингибируется анаболическое направление обмена углеводов, а именно в 3 раза снизилась активность глюкозо-6-фосфатазы (Г-6-Фазы) – фермента необратимой реакции глюконеогенеза и увеличивается катаболическое. На 7 сутки под действием глифосата в печени сеголеток карпа происходит увеличение активности лактатдегидрогеназы (ЛДГ) в 10 раз, изоцитратдегидрогеназы (ИЦДГ) – в 2 раза, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (Г-6-ФДГ) на 30% по сравнению с контролем. На 14 сутки эксперимента в печени отмечается изменение активности ферментов, но также в сторону роста: ЛДГ – в 2 раза, ИЦДГ – в 4,4 раза, Г-6-ФДГ – в 2,7 раза. В печени двухлеток карпа также наблюдается возрастание активности ИЦДГ в 2 раза, Г-6-ФДГ в 1,3 раза, ЛДГ на 4,5%, тогда как активность Г-6-Фазы уменьшается в 1,5 раза. Полученные результаты подтверждают усиление реакций катаболизма и ингибирование анаболизма. Происходит мобилизация клеточных энергетических и структурных ресурсов организма, их перераспределение для обеспечения систем, ответственных за адаптацию (компенсаторный вид) к данному фактору. Те структуры, которые в меньшей степени отвечают за формирование долговременной адаптации, поддаются активному разрушению с использованием в энергетическом обмене для синтеза макроэргических соединений. Адаптация к действию раундапа может служить ещё одним примером осуществления принципа компромисса по А.М. Уголеву [6]. Невозможность сохранения всей структуры печени (частичный некроз гепатоцитов) под действием глифосата влияет на активизацию пентозофосфатного шунта для обновления оставшихся нормальных гепатоцитов и ингибирование реакций глюконеогенеза в отличие от действия других гербицидов: зенкора и 2,4-Дихлорфеноксиуксусной кислоты, увеличивающих активность Г-6-фосфатазы [2].

### Выводы

Таким образом, целостная ответная реакция карповых рыб на действие глифосата осуществляется во взаимосвязи функционирования всех уровней организации *Cyprinus carpio*. Главным механизмом является усиление катаболических реакций, изменение активности протекания энергообразующих реакций в сторону увеличения по сравнению с энергозатратными, что способствует формированию краткосрочной адаптации. Нормализация энергетического обмена обеспечивается за счет адаптивного увеличения концентрации кальция в сыворотке крови рыб, находившихся под действием глифосата. Активное ингибирование анаболических реакций в печени карпа отражает общую направленность действия глифосата в растениях, связанную с нарушением синтеза ароматических аминокислот.

1. Жиденко А. А. Влияние раундапа на динамику гистологических показателей в органах карпа / А. А. Жиденко, Е. М. Коваленко // Гидробиол. журн. – 2006. – Т.42, № 6. – С. 104–111.

2. *Жиденко А. О.* Морфологічні адаптації різновікових груп *Cyprinus carpio* L. за несприятливої дії екологічних факторів / А. О. Жиденко : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук : спеціальність 03.00.16. – Екологія. – Одеський національний університет імені І.І. Мечникова. – Одеса, 2009. – 40 с.
3. *Немова Н. Н.* Биохимическая индикация состояния рыб / Н. Н. Немова, Р. У. Высоцкая. – М.: Наука, 2004. – 215 с.
4. *Перелік пестицидів і агрохімікатів дозволених до використання в Україні.* – К.: Юні вест Маркетинг, 2001. – 274 с.
5. *Справочник по гепатологии* / [С. М. Абдуллаев и др.] ; под ред. Н. А. Мухина. – М.: Литтерра, 2009. – 399 с.
6. *Уголев А. М.* Принципы организации и эволюции биологических систем / А. М. Уголев // Журн. эвол. биох. и физиол. – 1989. – Т. 25, № 2. – С. 215–233.
7. *Cotton S.* Soundbite molecules / S. Cotton // Education in Chemistry. – 2005. – Vol. 42, № 2, – P. 34. (<http://www.rsc.org/Education/EiC/issues>)
8. *ГМО обзор* [Електронний ресурс] // Режим доступа: <http://gmoobzor.com/stati/glifosat-najden-v-mochecheloveka.html>

*А.О. Жиденко, Т.В. Міщенко, В.В. Кривопиша*

Чернігівський національний педагогічний університет імені Т.Г. Шевченка, Україна

### РЕАКЦІЯ КОРОПОВИХ РИБ НА ДІЮ ГЛІФОСАТУ

Проаналізовано вплив гліфосату на функціонування всіх рівнів організації *Cyprinus carpio*. Природа гербіциду впливає на активне інгібування у печінці коропа анаболічних та посилення катаболічних реакцій, зміну активності енергогенеруючих реакцій в бік зростання порівняно з енергозатратними, що сприяє формуванню термінової адаптації. Стабілізація енергетичного обміну забезпечується за рахунок адаптивного збільшення концентрації кальцію у сироватці крові риб, що знаходилися під впливом гліфосату.

*Ключові слова:* гліфосат, короп, печінка, м'язи, ферменти, катіони кальцію, адаптація

*A.O. Zhydenko, T.V. Mishchenko, V.V. Krivopisha*

T.G. Shevchenko Chernihiv National Pedagogical University, Ukraine

### RESPONSE OF CARP FISH TO THE IMPACT OF GLYPHOSATE

Influence of glyphosate on functioning of the different levels of organization of *Cyprinus carpio* is analyzed. The impact of the herbicide results in inhibition of anabolic and enhancement of catabolic reactions in the liver, changes in activity of energy-produced reactions as compared with energy-consuming, which contributes to the term adaptation. Under the influence of glyphosate stabilization of energy metabolism is provided by an adaptive increase of calcium concentration in the blood serum of fishes.

*Keywords:* glyphosate, carp, liver, muscles, enzymes, calcium cations, adaptation

УДК [581.526.325 + 582.23] (282.247.325.2)

Г.М. ЗАДОРОЖНА, Н.Є. СЕМЕНЮК

Інститут гідробіології НАН України

пр. Героїв Сталінграду, 12, Київ, 04210, Україна

## **ДИНАМІКА АВТОТРОФНОЇ ЛАНКИ КАНІВСЬКОГО ВОДОСХОВИЩА**

---

Представлені результати досліджень динаміки водоростей планктону та епіфітону київської ділянки Канівського водосховища. Виявлено кореляційні зв'язки між температурою води та динамікою альгоценозів: прямий – для видового різноманіття фітопланктону та обернений –