

УДК (574.64:595.3):001.891

В. И. Лоханская, Э. П. Щербань

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ГЕРБИЦИДА
ГЕНИУС В ОСТРЫХ И ХРОНИЧЕСКИХ ОПЫТАХ НА
ВЕТВИСТОУСЫХ РАЧКАХ**

Исследовали воздействие ряда концентраций гербицида гениус (действующее вещество ацетохлор) на молодь *Daphnia magna* и *Ceriodaphnia affinis* в острых и хронических опытах. Определены витальная, летальная и медианная концентрации гербицида. При концентрации гербицида 4 и 2 мг/дм³ наблюдалось прекращение воспроизводства потомства *C. affinis* на уровне третьего и пятого поколений соответственно. Гербицид в концентрациях 0,01—1 мг/дм³ оказывает угнетающее воздействие, суммарная численность потомства при них снижалась на 32,6—43,5%. Концентрацию 0,001 мг/дм³ можно отнести к недействующей.

Ключевые слова: *цериодафния, дафния, гербицид гениус, токсичность, смертность, витальная, летальная и медианная концентрации.*

Гербицид гениус (действующее вещество ацетохлор, 900 мг/дм³) относится к группе хлорацетамидов, из которых наибольшее практическое применение в сельском хозяйстве получили алахлор, метолахлор, пропахлор, ацетохлор, в меньшей мере бутахлор, метазахлор и др. Все применяемые в сельском хозяйстве препараты попадают в грунтовые воды, поверхностные воды рек, водохранилищ, озер, где происходит их аккумуляция [2, 3, 8, 9, 14, 16, 18]. В связи с этим возникает проблема оценки токсичности новых гербицидов для гидробионтов.

Наиболее исследованы для представительных тест-объектов гидробионтов препараты алахлор, метолахлор, пропахлор, в меньшей мере — бутахлор, метазахлор, ацетохлор. Для *Daphnia pulex* медианная концентрация алахлора в опытах с осадками и без них составляла соответственно 9 и 10,4 мг/дм³ [17]. Хлорацетамиды проявляют различную токсичность для гидробионтов. Так, значение LC₅₀ алахлора, метолахлора и пропахлора через 48 ч для *D. magna* и представителя бентоса *Chironomus plumosus*, а через 96 ч для рыб (радужная форель *Oncorhynchus mykiss*, солнечник *Leptomis macrochirus*, голянь *Pimaphales promelas*, сомик *Ictalurus punctatus*) было самым большим для дафний, диапазон колебаний LC₅₀ составлял 6,9—26 мг/дм³ [19]. *C. plumosus* показал высокую чувствительность ко всем препаратам, LC₅₀ находилась в пределах 0,79—4,4 мг/дм³. Аналогичную чувствительность к алахлору и пропахлору проявляли и рыбы (LC₅₀ —

© Лоханская В. И., Щербань Э. П., 2010

0,23—4,3 мг/дм³). В то же время LC₅₀ метолахлора для голяна составляла 8—8,4 мг/дм³.

Низкую чувствительность к препаратам Micro-Tech (действующее вещество алахлор) и Висер (действующее вещество метолахлор + атразин) показал еще один вид ветвистоусых рачков *Ceriodaphnia dubia*, LC₅₀ (48 ч) для них составляла соответственно 14,36 и 15,93 мг/дм³ [20]. Для рыб LC₅₀ гербицида дуал (действующее вещество метолахлор) колебалась от 2 до 15 мг/дм³, рамрода (действующее вещество пропахлор) — 1,3 мг/дм³, рифити (действующее вещество претилахлор) — для радужной форели — 0,9 мг/дм³, для карпа — 2,3 мг/дм³, а ПДК дуала в воде рыбохозяйственных водоемов была 0,0022 мг/дм³ [11]. LC₅₀ гербицида бутахлор для персидского осетра и севрюги через 96 ч составляла соответственно 0,44 и 0,07 мг/дм³ [10]. Таким образом, воздействие исследованных гербицидов на два вида дафний и цериодафний можно характеризовать как слаботоксичное, а для представителя бентоса — хирономуса и рыб — как токсичное и высокотоксичное.

По данным [5] ПДК в воде водоемов для алахлора составляет 0,1 мг/дм³, для пропахлора и метолахлора — 0,01 и 0,02 мг/дм³ соответственно, а для ацетохлора и метазахлора — 0,002 мг/дм³. По гербицидам с действующим веществом ацетохлор исследований относительно мало. Так, LC₅₀ (96 ч) гербицида трофи (действующее вещество ацетохлор) для сеголеток карпа определена на уровне 1,45 мг/дм³ и вероятная безвредная концентрация — 0,29 мг/дм³ [4].

Цель нашей работы заключалась в исследовании воздействия гербицида гениус на ветвистоусых рачков (*D. magna*, *C. affinis*) и оценке его токсичности.

Материал и методика исследований. Острые опыты с *D. magna* и *C. affinis* проводились согласно стандартным методикам водной токсикологии [6, 7, 13]. Для молоди дафний гербицид испытывали в диапазоне концентраций от 0,001 до 40 мг/дм³, для молоди цериодафний — от 0,0001 до 25 мг/дм³. Молодь рачков рассаживали в опытные сосуды сразу после выхода из выводковой камеры материнской особи.

Исследования проводились на нативной, двухсуточного отстоя, озерной воде: рН — 7,6, жесткость — 4,97 мг экв./дм³, содержание кислорода — 9,4 мг/дм³, в диапазоне температур 22,3—23,5°C. Медианную концентрацию рассчитывали по Г. Н. Першину [1]. Критерием токсичности служила смертность (выживаемость) тест-объектов в токсической среде, а также степень состояния и развития гонад и яиц *C. affinis* к концу острых опытов.

В хронических опытах в качестве тест-объекта использовали *C. affinis*. Гербицид исследовали в концентрациях 4,0, 2,0, 1,0, 0,1, 0,01 и 0,001 мг/дм³. Действие гербицида оценивали по его влиянию на основные биопараметры (продолжительность жизни, эмбриональное и постэмбриональное развитие, показатели плодовитости), характеризующие все жизненно важные функции рачков на протяжении пяти поколений. Наблюдения за каждым поколением рачков проводили на протяжении 15 сут.

Хронические опыты проводились на той же воде, что и острые, но при более высокой температуре. Суточные колебания температуры находились в пределах 24—25,5°C на протяжении всего периода исследований. Статистическую обработку результатов хронического эксперимента проводили по [12]. Критерием токсичности являлась продуктивность рачков (суммарное количество потомства) и качество потомства.

Результаты исследований и их обсуждение

Острые опыты. *D. magna*. Анализ результатов опытов показал, что под влиянием гербицида наблюдалась 100%-ная гибель молоди дафний через 24 ч при концентрации 40 мг/дм³, а через 48 ч — при 25—35 мг/дм³. При остролетальных концентрациях наблюдалась полная иммобилизация рачков. Изредка у отдельных особей отмечали слабое движение одной из антенн и лишь при микроскопировании можно было определить, живы рачки или нет. При этих же концентрациях у дафний наблюдалось резкое снижение ритма сердечных сокращений и скорости движения грудных ножек, т. е. происходило угнетение двух жизненно важных для рачка функций. В диапазоне концентраций 0,001—10 мг/дм³ гибель дафний на протяжении опыта не отмечалась, т. е. эти концентрации были витальными для тест-объекта.

Наблюдения за состоянием рачков *D. magna* при витальных концентрациях показали, что при 8 и 10 мг/дм³ гербицида у них отмечена задержка роста. После первой и второй линек увеличение рачков в росте было незаметным. В кишечниках дафний зеленые водоросли отсутствовали, а в растворах клетки зеленых водорослей погибали. Содержимое кишечников представляло собой жидкую бесформенную желто-серую массу, которая полностью просвечивалась. Рачки значительно увеличивались в размерах лишь после третьей-четвертой линьки. Через 120 ч линейные размеры молоди дафний достигали 2—2,1 мм, хотя наполнение кишечников оставалось прежним (табл. 1).

Степень развития гонад у дафний зависит от концентрации гербицида в водной среде. При 8 и 10 мг/дм³ гербицида зона роста гонад была пустой, а при 2,5—5 мг/дм³ наблюдались у них лишь зачатки гонад. Состояние гонад у дафний при этих концентрациях свидетельствует о задержке половозрелости, что в конечном итоге сказывается на продуктивности тест-объекта. В незначительной степени наблюдалась задержка развития гонад в диапазоне концентраций 0,25—1 мг/дм³. Лучше всего протекал этот процесс при 0,1—0,001 мг/дм³ гербицида, рачки по всем параметрам не отличались от контрольных особей. Эти концентрации гербицида можно отнести к недействующим.

Медианная летальная концентрация (LC₅₀) гениуса для молоди *D. magna* через 24 ч составляла 29,16 мг/дм³, но уже через 48 ч она становилась для них летальной. LC₅₀ гербицида для рачков через 48 ч равнялась 17,5 мг/дм³ и оставалась такой до конца опыта. Таким образом, гербицид гениус при 8—10 мг/дм³ и в некоторой степени при 5 мг/дм³ оказывал на дафний, как прямое непосредственное воздействие, так и посредством угнетения водорослей, которые являются основной пищей для них.

1. Линейные размеры рачков *D. magna* и их состояние через 120 ч при воздействии гербицида гениус

Диапазон концентрации (мг/дм ³)	Длина тела (мм)	Состояние рачков через 120 ч
8—10	2,0—2,1	В зоне роста гонад пусто. У рачков много жировых капель, желто-коричневой окраски, мутные. Панцирь стеклянный, содержимое кишечника просматривается, наполнение слабое. В растворах появились единичные светлой окраски клетки зеленых водорослей.
2,5—5	2,25	Появились зачатки гонад. Жировое тело заполнено желтыми, мутными жировыми каплями. Кишечники хорошо заполнены, присутствуют зеленые водоросли.
0,25—1	2,25—2,35	Гонады на I стадии развития. У рачков обильное накопление ярких прозрачных жировых капель. Кишечники хорошо заполнены зелеными водорослями.
0,001—0,1 контроль	2,35—2,5	Гонады на III—IV стадии развития. У рачков обильное накопление мелких и крупных ярких оранжевых прозрачных жировых капель. Кишечники заполнены зелеными водорослями.

C. affinis. Молодь цериодафний проявила большую чувствительность к гербициду, чем молодь дафний. Через 24 ч при концентрации 15 мг/дм³ и выше была отмечена 100%-ная гибель молоди и половозрелых самок *C. affinis*. При концентрации 8—10 мг/дм³ рачки находились на дне сосудов, наблюдалась их полная иммобилизация. Через 48 ч их гибель составляла 80—86,7% и оставалась таковой до окончания опыта. Несущественная гибель молоди (7—13%) отмечена при концентрации 5 мг/дм³, а при концентрации гениуса 2,5—0,0001 мг/дм³ в контроле наблюдалась 100%-ная выживаемость. Следует отметить, что, чем выше концентрация препарата, тем бледнее и слабее были рачки и меньше водорослей содержалось в их рационе. При концентрации 10—2,5 мг/дм³ наполнение кишечника у цериодафний было слабым. Таким образом, как и в опытах с дафниями, гербицид гениус оказывал острое токсическое воздействие на цериодафний в первые 48 ч, но при более низких концентрациях. Если для молоди *D. magna* на протяжении острого опыта LC₀ была 10 мг/дм³ гениуса и ниже, то для молоди *C. affinis* концентрации 8—10 мг/дм³ были угнетающими, а 2,5 мг/дм³ и ниже — витальными (табл. 2). Медианная концентрация гербицида для молоди *C. affinis* через 48—120 ч находилась в пределах 7,45—6,78 мг/дм³.

Благодаря короткому циклу развития *C. affinis*, к концу острого опыта можно проследить за наступлением половозрелости рачков, созревaniem гонад и развитием яиц в выводковой камере самок. При концентрациях гербицида 10—8 мг/дм³ выживало 13—20% рачков *C. affinis*. Через 120 ч длина тела выживших рачков достигала 0,6—0,65 мм и все имели по 2 яйца, которые вскоре начинали разлагаться в выводковых камерах. В диапазоне кон-

2. Показатели острой токсичности гербицида гениус для молодежи *C. affinis*, мг/дм³

Экспозиция, ч	LC ₀	LC ₁₀₀	LC ₅₀
24	10,0	15,0	12,50
48	2,5	15,0	7,45
72	2,5	15,0	7,33
96	2,5	15,0	6,78
120	2,5	15,0	6,78

концентраций гербицида 5—0,1 мг/дм³ у 90% *C. affinis* в выводковых камерах находилось от 1 до 3 яиц, у остальных рачков — гонады. Яйца некоторых самок растворялись. И лишь в диапазоне концентраций гербицида 0,01—0,0001 мг/дм³ на 5-е сутки опыта в выводковых камерах самок находилось от 4 до 5 сформированных эмбрионов. В то же время в контроле 70% самок дало потомство и 30% — имело уже сформированные эмбрионы.

Таким образом, уже в острых опытах по плодовитости рачков можно судить, что гербицид в диапазоне концентраций 8—10 мг/дм³ проявляет угнетающее воздействие на репродуктивную функцию, а при хроническом влиянии эти концентрации будут оказывать острое летальное воздействие. При концентрациях 5—2,5 мг/дм³ гербицида у самок наблюдаются нарушения в развитии яиц. К недействующим концентрациям для молодежи *C. affinis* можно отнести 0,01—0,0001 мг/дм³ гербицида, а к остролетальным — выше 10 мг/дм³.

Хронические опыты. При хроническом воздействии на *C. affinis* гербицида гениус в концентрации 4 мг/дм³ было получено всего три поколения рачков. При этой концентрации наблюдалось сокращение продолжительности жизни рачков каждого последующего поколения, снижение показателей плодовитости самок и жизнеспособности потомства. В первом поколении *C. affinis* максимальная продолжительность жизни самок составляла 16, минимальная — 13 сут, во втором поколении — 10—11, а в третьем — 2—4 сут.

В первом поколении большинство самок *C. affinis* в первых четырех пометах, а отдельные самки и в пятом помете давали жизнеспособное потомство. В последующих пометах и, главным образом, в шестом помете рождалось нежизнеспособное потомство. Уже при рождении 30—50% молодежи опускалось на дно сосудов и не могло плавать, так как у большинства из молодых особей отсутствовали щетинки. Гибель такой молодежи наступала через несколько часов, остальные погибали через 1—2 сут. Полностью растворялись в выводковых камерах самок яйца 7-го помета. Наблюдалось это чаще на I—II стадии развития яиц либо на V—VII стадии развития эмбрионов [15]. После этого самки погибали. Время между пометами у самок первого поколения составляло 1—2 сут, в среднем 1,46.

Жизнеспособность самок второго поколения *C. affinis*, а также их потомства была значительно ниже, чем таковая первого поколения. Во втором поколении созревание молоди *C. affinis* задерживалось на сутки по сравнению с рачками первого поколения и контрольными. Самки второго поколения давали всего по два помета молоди. Причем выводковая камера каждой из самок первого поколения (исследовано 10) содержала два эмбриона на последней стадии развития, т. е. в сумме эти самки дали 20 особей третьего поколения. 40% этих особей погибли либо в выводковой камере как полностью сформированные эмбрионы, либо как молодь на протяжении 1—2 ч после рождения. Остальная молодь III-его поколения (60%), отсаженная для дальнейших наблюдений, погибала в течение 1—2 сут. Во втором помете количество отложенных яиц было в 3—4 раза больше по сравнению с первым. У четырех самок в выводковых камерах находилось по 8 яиц, у пяти — по 6 яиц и в одной — 4 яйца. Развитие яиц длилось около суток. При вымете молоди 35 особей оказались мертвыми, они начинали рассасываться еще в выводковых камерах самок, а 31 особь — живыми. Смертность рачков при вымете потомства во втором помете составляла 53%. При третьем вымете яиц в выводковых камерах самок также находилось по 6—8 яиц. Через сутки это уже были эмбрионы на VI—VIII стадии развития. Вскоре эмбрионы начинали разлагаться, самки переставали плавать, ложились на дно сосудов и погибали вместе с эмбрионами.

Все потомство от самок второго поколения погибало в течение 3—4, а некоторые рачки и через 5 сут, то есть прекращение воспроизводства потомства наблюдалось на уровне третьего поколения. Таким образом, концентрация гербицида гениус 4 мг/дм³ для *C. affinis* является хронически летальной. Концентрация 2 мг/дм³ оказывает на *C. affinis* тот же токсический эффект, что и при 4 мг/дм³, но выражен он в меньшей мере. Отмечается нарушение воспроизводительной функции, отчетливо выражающееся в ряду четырех поколений. При 2 мг/дм³ гербицида продолжительность жизни 80% самок первого поколения составляла 15 сут, лишь две самки жили более 18 сут. Так же, как и при 4 мг/дм³, у всех самок без исключения молодь, рожденная в шестом помете, была нежизнеспособной. Родившиеся рачки были без щетинок с недоразвитым панцирем.

Во втором поколении *C. affinis* минимальная продолжительность жизни 30% самок составляла 11 сут, максимальная — больше 15 сут. В третьем и четвертом поколениях не наблюдалось гибели самок на протяжении 15 сут, но выживаемость потомства все также была низкой. Потомство от четвертого поколения самок погибало полностью, т.е. воспроизводство потомства прекращалось на уровне пятого поколения.

Сравнение реакций *C. affinis* на токсическое воздействие исследованных концентраций гербицида гениус (4—0,001 мг/дм³) показало, что характер изменений биологических параметров сходен, а степень токсического воздействия на них зависит от величины концентрации гербицида.

Продолжительность эмбрионального развития рачков под воздействием гербицида гениус в исследованном диапазоне концентраций находилась на уровне контроля. У отдельных подопытных самок могли быть 12—24 ч пере-

рыва между выметом молоди из выводковой камеры и поступлением в нее новой кладки яиц.

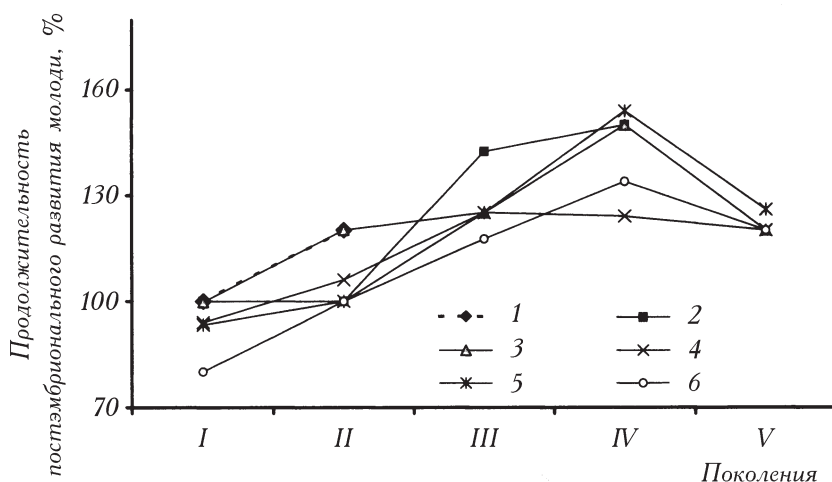
Продолжительность постэмбрионального развития рачков в контроле составляла 5, реже — 4 суток, а в среднем для пяти поколений этот показатель составлял 4,8 сут. Под воздействием гербицида в диапазоне концентраций 4—0,01 мг/дм³ продолжительность постэмбрионального развития молоди *C. affinis* первого поколения находилась на уровне контроля, а при 0,001 мг/дм³ она была даже на одни сутки меньше (рис.1).

Однако в последующих поколениях величина показателя находилась выше контроля. Задержка наступления половозрелости рачков *C. affinis* в исследованном диапазоне концентраций связана, главным образом, именно с воздействием гербицида, так как в растворах было достаточно фито- и бактериопланктона, которые служат пищей для рачков, к тому же опыт проводился при температуре 24—25,5°С. В норме два фактора (температура и пища) являются главными, способствующими ускоренному росту рачков и наступлению половозрелости.

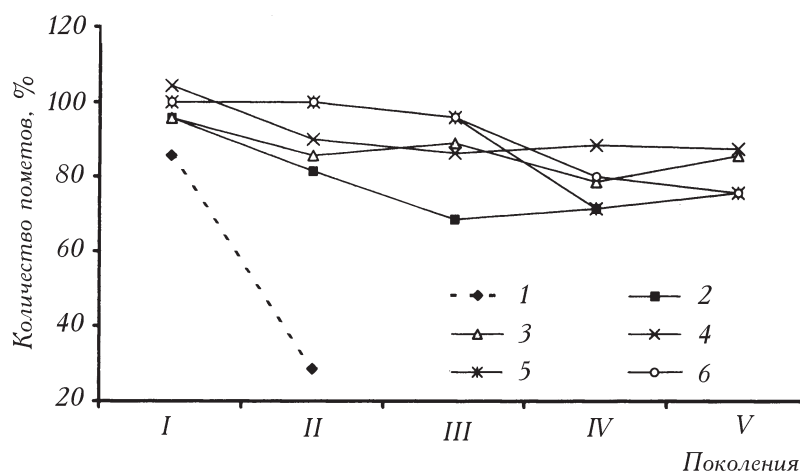
Задержка половозрелости рачков связана также, по-видимому, с задержкой роста родившегося потомства третьего и большей степени четвертого поколений. В первые двое, а иногда и трое суток рачки не росли. По своему внешнему виду они напоминали самцов. У них были хорошо развиты антеннулы, нижняя часть панциря слегка скошена, изогнута и раскрыта. Даже на 4—5-е сутки у рачков четвертого поколения в диапазоне концентраций 0,01—2 мг/дм³ трудно было определить пол рачка, и лишь когда начинали развиваться гонады, их внешний вид изменялся и было видно уже, что это самки. Обычно яйца первого помета развивались в два раза дольше, чем яйца последующих пометов.

Удлинение периода постэмбрионального развития молоди *C. affinis* приводило в той или иной мере к уменьшению количества пометов, даваемого самкой за наблюдаемый отрезок времени. В контроле каждая самка за период наблюдений давала по 7 пометов молоди, отдельные самки — по 8, в среднем для пяти поколений — 7,06. В опытных вариантах лишь при концентрациях гербицида 0,01 и 0,001 мг/дм³ в первых трех поколениях количество пометов от одной самки было таким же, как и в контроле. При остальных концентрациях величина этого показателя была ниже контроля (рис. 2).

Снижение числа пометов при концентрации 4 мг/дм³ связано, главным образом, с угнетающим воздействием гербицида на воспроизводительную функцию рачков и с сокращением продолжительности жизни. Что же касается остальных концентраций, то снижение показателя в основном связано с задержкой половозрелости рачков и в очень незначительной степени с увеличением периода между пометами. В целом число пометов от одной самки наиболее достоверно отличалось от контроля при 4 и 2 мг/дм³ гербицида, $P > 95\%$. При 0,1—0,001 мг/дм³ гербицида в среднем для пяти поколений число пометов от одной самки было ниже контроля на 7—11%, $P < 95\%$. Количество молоди в одном помете самки в ряду поколений под воздействием разных концентраций гербицида представлено в таблице 3.



1. Продолжительность постэмбрионального развития молоди *C. affinis* в ряду поколений, % от контроля. Здесь и на рис. 2: 1 — 4 мг/дм³, 2 — 2 мг/дм³, 3 — 1 мг/дм³, 4 — 0,1 мг/дм³, 5 — 0,01 мг/дм³, 6 — 0,001 мг/дм³.



2. Среднее количество помётов от одной самки *C. affinis* в ряду поколений, % от контроля.

В контроле среднее количество молоди в одном помёте самки каждого поколения находилось практически на одном уровне и в среднем для пяти поколений составляло 11,33 особи. При воздействии концентраций 4, 2 и 1 мг/дм³ гербицида количество молоди уже в первом поколении снижалось по отношению к контролю на 33, 25 и 26% соответственно. В меньшей степени снижался этот показатель при более низких концентрациях и только при 0,001 мг/дм³ он оставался на уровне контроля. Во втором и последующих поколениях воздействие гербицида сказывалось на данном показателе в значительно большей степени. В среднем для пяти поколений количество молоди в одном помёте самки статистически достоверно снижалось по отношению к контролю при концентрациях гербицида от 0,01 до 4 мг/дм³.

3. Среднее количество молоди в одном помете самки в опытах с гениусом (над чертой) и его процентная доля от средних значений в контроле (под чертой)

Концентрация, мг/дм ³	Поколения					Среднее	P, %
	I	II	III	IV	V		
4,0*	<u>7,28</u>	<u>4,4</u>	—	—	—	<u>6,01</u>	> 95
	<u>67,03</u>	<u>35,28</u>				<u>53,04</u>	
2,0**	<u>8,16</u>	<u>6,44</u>	<u>5,26</u>	<u>5,4</u>	—	<u>6,46</u>	> 95
	<u>75,14</u>	<u>51,64</u>	<u>45,34</u>	<u>52,53</u>		<u>57,15</u>	
1,0	<u>8,01</u>	<u>8,27</u>	<u>6,31</u>	<u>6,0</u>	<u>8,1</u>	<u>7,36</u>	> 95
	<u>73,75</u>	<u>66,32</u>	<u>54,39</u>	<u>58,36</u>	<u>70,87</u>	<u>64,96</u>	
0,1	<u>9,27</u>	<u>8,88</u>	<u>8,4</u>	<u>6,64</u>	<u>6,45</u>	<u>7,99</u>	> 95
	<u>85,36</u>	<u>71,21</u>	<u>72,41</u>	<u>64,59</u>	<u>56,43</u>	<u>70,52</u>	
0,01	<u>9,67</u>	<u>8,78</u>	<u>8,38</u>	<u>7,2</u>	<u>8,62</u>	<u>8,61</u>	> 95
	<u>89,04</u>	<u>70,4</u>	<u>72,24</u>	<u>70,03</u>	<u>75,41</u>	<u>75,99</u>	
0,001	<u>10,67</u>	<u>11,43</u>	<u>9,38</u>	<u>9,11</u>	<u>9,73</u>	<u>10,43</u>	< 95
	<u>98,25</u>	<u>91,66</u>	<u>80,86</u>	<u>88,62</u>	<u>85,13</u>	<u>92,06</u>	
Контроль	<u>10,86</u>	<u>12,47</u>	<u>11,6</u>	<u>10,28</u>	<u>11,43</u>	<u>11,33</u>	—
	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>	

* Сопоставление с I—II поколениями контроля; ** сопоставление с I—IV поколениями контроля.

Наблюдавшиеся в опытных сериях изменения биопоказателей в ту или иную сторону от контроля заметно сказывались на продуктивности вида (табл. 4). Продуктивность (суммарное количество потомков) тест-культуры является главным и основным критерием при оценке токсичности гербицида.

Наиболее угнетающее воздействие на *C. affinis* оказывал гербицид в концентрациях 4 и 2 мг/дм³. У рачков наблюдалось прекращение воспроизводства потомства на уровне третьего и пятого поколений. Статистически достоверно снижалось также количество потомства при воздействии концентраций 1—0,01 мг/дм³, в среднем отмечено снижение на 43,5—32,6%. При самой низкой концентрации 0,001 мг/дм³ количество потомков составляло 83,17% от контроля, $P < 95\%$.

Снижение суммарного количества потомства могут обуславливать разные факторы и их комбинации. Так при 4 мг/дм³ гербицида это связано с угнетением всех биопараметров жизнедеятельности рачков, а именно: сокращением продолжительности жизни самок, снижением количества молоди в одном помете самки и, главное, низкой жизнеспособностью молоди. При 2 мг/дм³ снижение интегрального показателя связано с удлинением на 42—50% периода постэмбрионального развития рачков и, главным образом, снижением числа молоди в помете каждого последующего поколения и снижением выживаемости молоди последних поколений.

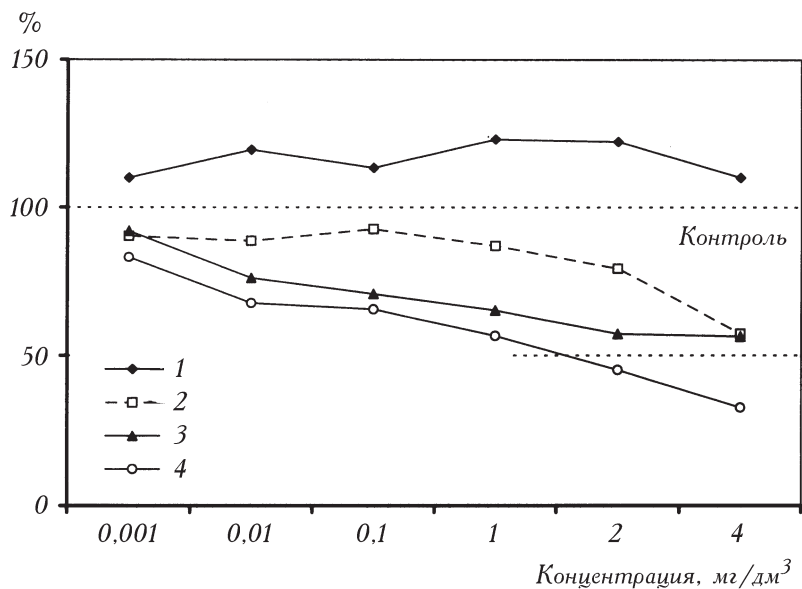
4. Средние значения суммарного количества потомков в ряду поколений на одну самку в опытах с гениусом, % от контроля

Концентрация, мг/дм ³	Поколения					Среднее	P, %
	I	II	III	IV	V		
4,0*	57,50	10,08	0	—	—	32,81	> 95
2,0**	71,97	42,04	31,05	37,50	0	45,25	> 95
1,0	70,65	56,93	48,41	45,83	60,75	56,50	> 95
0,1	89,47	64,14	66,47	57,22	50,00	65,37	> 95
0,01	89,08	70,45	69,30	50,00	57,12	67,40	> 95
0,001	98,29	91,64	77,56	70,83	76,62	83,17	< 95

* Сопоставление с I—II поколениями контроля; ** сопоставление с I—IV поколениями контроля.

Каждое изменение величины любого биопараметра под влиянием токсиканта, даже незначительное, сказывается на величине продуктивности рачков. Это наглядно видно по средним значениям (по пяти поколениям) исследованных биопараметров *C. affinis* (рис. 3).

Снижение суммарного количества потомков под воздействием гербицида в диапазоне концентраций 1—0,01 мг/дм³ происходило за счет падения численности молоди в помете самки от поколения к поколению. Хотя эти концентрации в острых опытах не оказывали видимого отрицательного воз-



3. Средние значения биопараметров *C. affinis* при воздействии гербицида гениус, % от контроля: 1 — период созревания; 2 — количество пометов на одну самку; 3 — количество молоди в помете, экз.; 4 — суммарное количество потомства на одну самку.

действия на выживаемость, в хроническом эксперименте они проявляли угнетающее влияние на плодовитость тест-культуры *C. affinis*.

Заключение

Проведение хронического эксперимента с гербицидом гениус позволило расширить наше представление о его воздействии на тест-культуру *C. affinis*. В острых опытах при 5 мг/дм³ гениуса смертность молоди *C. affinis* через 72 ч составляла 13%, а при 2 мг/дм³ отмечалась 100%-ная выживаемость. В хроническом эксперименте эти концентрации оказались летальными. При концентрации гениуса 4 мг/дм³ наблюдалось прекращение воспроизводства потомства на уровне третьего поколения, а при 2 мг/дм³ — на уровне пятого поколения.

Угнетающими являются концентрации 1—0,01 мг/дм³ гербицида, при которых продуктивность *C. affinis* снижалась на 43,5—32,6% соответственно. Концентрацию гениуса 0,001 мг/дм³ можно относить к недействующей. Лишь в первом и втором поколениях продуктивность тест-объекта была на уровне контроля, в остальных поколениях она снижалась на 29—22,4%. Гербицид гениус относится к токсичным препаратам и его не следует применять вблизи санитарной зоны рыбохозяйственных водоемов.

**

На підставі аналізу результатів гострих і хронічних дослідів встановлено, що гербіцид гениус (діюча речовина ацетохлор, 900 мг/дм³) належить до речовин, токсичних для Ceriodaphnia affinis. Визначено вітальну, летальну та медіанну концентрації гербіциду. При концентраціях гербіциду 4 і 2 мг/дм³ рачки переставали розмножуватися на рівні третього та п'ятого поколінь. У діапазоні концентрацій 0,01—1 мг/дм³ у порівнянні з контролем сумарна кількість потомків знижувалася на 43,5—32,6%.

**

On the base of acute and chronic toxicity tests data it is ascertained that the herbicide Genius (acting agent — acetochlor, 900 mg/dm³) is a toxic chemical to Ceriodaphnia affinis. Vital, lethal and median concentrations of the herbicide are estimated. Under the concentrations of 4 and 2 mg/dm³ Cladocera stopped to reproduce on the level of the III and the V generations. Within the range of 0,01—1,0 mg/dm³ the general production of descendants has decreased against the control data by 43,5—32,6% respectively.

**

1. Беленький М.Л. Элементы количественной оценки фармакологического эффекта. — Л.: Медицина, 1963. — 151 с.
2. Врочинский К.К. Пестициды і охорона водних ресурсів. — К.: Урожай, 1987. — 160 с.
3. Дворецкий А.И., Цегельник Л.И., Белоконов А.С. и др. Вода в агропромышленном комплексе — проблемы загрязнения пестицидами в реальных экологических условиях // Сучасні наукові підходи до реєстрації пестицидів. Матеріали наук.-практ. семінарів. — К., 1998. — С. 78—81.
4. Дойчева Л., Симеонов И. Въздействие на препарата Трофи (Ацетохлор) върху активността на трансминазите ГОТ и ГПТ в някои тъкани на ед-

- нолетен шаран (*Cyprinus carpio* L.) // Почвознание, Агрохимия и Экология. — София, 2002. — Т. 37, № 1—3. — С. 64—66.
5. ДСанПін 8.8.1.2.3.4.—000. 2001. Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, в воді водоймищ, ґрунті. — К., 2001. — 244 с.
 6. КНД 211.1.4.05—97. Методика визначення гострої токсичності води на ракоподібних *Daphnia magna* Straus. — К., 1997.— 13 с.
 7. КНД 211.1.4.055—97 Методика визначення гострої токсичності води на ракоподібних *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg. — К., 1997. — 13 с.
 8. Мельников Н.Н. Пестициды. Химия, технология и применение. — М.: Химия, 1987. — 712 с.
 9. Мельников Н.Н. Пестициды и окружающая среда. Хлорацетанилиды // Агрохимия. — 1994. — № 2. — С. 119—126.
 10. Пежанг Х.О., Эсмайли Сапу А., Пурри Зуркоохи М. Воздействие LC₅₀ инсектицида диазотина 60%-ной эмульсии и гербицида бутахлора на смертность мальков персидского осетра *Acipenser persicus* и севрюги *Acipenser stellatus* // Междунар. конф. «Современные проблемы Каспия», посвященная 105-летию КаспНИРХ. — Астрахань, 2002. — С. 405—406.
 11. Пестициды: Справочник / Мартыненко В.И., Промоненков В.К., Кукаленко С.С. и др. — М.: Агропромиздат, 1992. — 368 с.
 12. Рокицкий П.Ф. Основы вариационной статистики для биологов. — Минск: Изд-во Белорус. ун-та, 1961. — 223 с.
 13. *Biological Test Method: Test of Reproduction and Survival Using the Cladoceran Ceriodaphnia dubia*. Environmental Protection Conservation and Protection Environment Canada / Report EPS 1/RM/21/. — 1992. — 72 p.
 14. Ellgehausen H., Guth J. A., Esser H. O. Factors determining the bioaccumulation potential pesticides in the individual compartments of aquatic food chains // Ecotoxicol. and Environ. Safety. — 1980. — Vol. 4, N 2. — P. 134—157.
 15. Green J. Growth, size and reproduction in *Daphnia* (Crustacea: Cladocera) // Proc. Zool. Soc. London. — 1956. — Vol. 126, Part 2. — P. 173—203.
 16. Fischer P., Hartmann H., Bach M. et al. Gewasserbelastung durch Pflanzenschutzmittel in drei Einzugsgebieten // Gesunde Pflanz. — 1998. — Bd. 50, N 5. — S. 142—147.
 17. Hartman W. A., Martin D. B. Effects of four agricultural pesticides on *Daphnia pulex*, *Lemna minor*, and *Potamogeton pectinatus* // Bull. Environ. Contam. and Toxicol. — 1985. — Vol. 35, N 5. — P. 646—651.
 18. Leung Sin-Yin T., Bulkley R. V., Richard J. J. Pesticide accumulation in a new impoundment in Iowa // Water Resour. Bull. — 1982. — Vol. 18, N 3. — P. 485—493.
 19. Mayer F. L., Ellersieck M. R. Manual of Acute Toxicity: Interpretation and Data Base for 410 Chemicals and 66 Species of Freshwater Animals. U. S. Fish Wildl. Serv., Resour. Publ. 160. — 1986. — 579 pp.
 20. Ort M. R., Fairchild J. F., Finger S. E. Acute and chronic effects of four commercial herbicide formulations on *Ceriodaphnia dubia* // Arch. Environ. Contam. and Toxicol. — 1994. — Vol. 27, N 1. — P. 103—106.