

УДК 595.324:591.5

**ДЕЙСТВИЕ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ  
ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ  
НА *CERIODAPHNIA AFFINIS* LILLJEBORG  
В ПОЖИЗНЕННЫХ ИСПЫТАНИЯХ**

**Д. М. Гершкович, Е. Ф. Исакова**

*Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова  
Россия, 119234, Москва, Ленинские горы, 1, стр. 12  
E-mail: papyrus451@yandex.ru*

Поступила в редакцию 07.05.13 г.

**Действие низких концентраций потенциально токсичных веществ на *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg в пожизненных испытаниях.** – Гершкович Д. М., Исакова Е. Ф. – Описаны эффекты воздействия низких концентраций потенциально токсичных веществ на ракообразных *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg в пожизненных испытаниях. Установлено изменение показателей выживаемости и размножения при воздействии потенциальных токсикантов в низких (сопоставимых с ПДК) концентрациях в сроки полной продолжительности жизни рачков.

*Ключевые слова:* *Ceriodaphnia affinis*, продолжительность жизни, репродуктивная функция, потенциальные токсиканты, низкие концентрации.

**Effect of low concentrations of potentially toxic substances on *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg in lifelong tests.** – Gershkovich D. M. and Isakova E. F. – The paper describes effects of exposure of the crustaceans *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg to low concentrations of potentially toxic substances in our lifelong research. Changes in survival and reproduction indices when exposed to potential toxicants in low concentrations (comparable to UACs) within the full life of the crustaceans have been observed.

*Key words:* *Ceriodaphnia affinis*, lifespan, fertility, potential toxicants, low concentrations.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Продолжительность жизни ракообразных *Ceriodaphnia affinis* Lilljeborg в лабораторной культуре изменяется в течение года и может достигать 75 суток (Filenko et al., 2011). Продолжительность хронического опыта на цериодафниях соответствует сроку появления 4 пометов в контроле и редко превосходит 10 суток (Методические указания..., 1998; Жмур, 2007). Нельзя утверждать, что при благоприятных условиях в естественной среде срок их жизни также ограничен 10 сутками. Таким образом, стандартные хронические эксперименты на цериодафниях могут иметь недостаточную длительность для выявления отдаленных последствий воздействия потенциально токсичных веществ в низких концентрациях. В связи с этим целью нашей работы стало исследование действия низких концентраций потенциально токсичных веществ на *C. affinis* в пожизненных испытаниях.

## **МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ**

Эксперименты на *C. affinis* из лабораторной культуры проводили в соответствии со стандартными методиками (Жмур, 2007). В опыты отбирали молодь рачков

## ДЕЙСТВИЕ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

в возрасте не старше 24 часов. Чувствительность цериодафний (JK50 за 24 часа) к стандартному токсиканту бихромату калия на момент постановки опытов составляла от 1.2 до 2.1 мг/л, что соответствует требованиям стандартных методик.

Эксперименты с *C. affinis* проводили в стеклянных стаканах объемом 50 или 100 мл. В опыт отбирали по 40 рачков на каждую из исследованных концентраций веществ. Смену среды в экспериментальных сосудах проводили три раза в неделю, через день. Одновременно удаляли родившуюся молодь и учитывали смертность взрослых животных. Во время смены растворов стенки лабораторной посуды очищались от остатков корма и сорбированных метаболитов. Подкормку рачков суспензией водорослей также осуществляли через день в момент смены среды, концентрация корма в опытных сосудах составляла приблизительно 250 – 350 тыс. кл/мл. Наблюдения продолжали до момента гибели всех особей. Исследовали действие на рачков бихромата калия и хлорида калия.

При обработке результатов опытов нами учитывались такие показатели, как максимальная и средняя продолжительность жизни, а также плодовитость рачков. Результаты статистически обрабатывались с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2010 и Statistica 7.0.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Величины средней продолжительности жизни рачков при воздействии концентраций бихромата калия 0.1, 0.03 и 0.01 мг Сг/л были снижены по сравнению с контролем (табл. 1). Снижение средней продолжительности жизни рачков в концентрациях 0.1 и 0.03 мг Сг/л достоверно, что свидетельствует о выраженном токсическом воздействии.

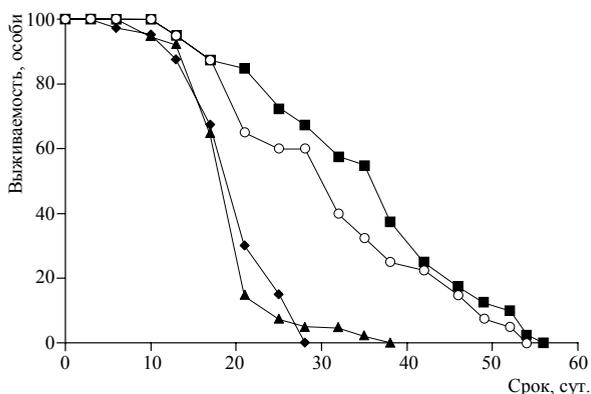
Таблица 1

Влияние бихромата калия на среднюю продолжительность жизни рачков *Ceriodaphnia affinis*

Концентрация бихромата калия	Средняя продолжительность жизни	% от контроля	$t_d$
Контроль	32±4.5	–	–
0.01 мг Сг/л	28±4.4	89.6	1.2
0.03 мг Сг/л	17±2.0	52.4	<b>7.0</b>
0.1 мг Сг/л	17±1.9	53.2	<b>6.9</b>

*Примечание.* Здесь и далее жирным шрифтом выделены значения критерия Стьюдента, превышающие  $T$ -критическое для исследуемой выборки.

На рис. 1 представлены графики выживаемости рачков при действии различных концентраций бихромата калия. При всех концентрациях наблюдалось ускорение вымирания рачков по сравнению с контролем, причем основной отход происходил после десятых суток, которыми обычно ограничивается наблюдение в соответствии со стандартными методиками. Существенное снижение выживаемости в концентрациях бихромата калия 0.1 и 0.03 мг Сг/л выявляется только на 15 – 17-е сутки течения эксперимента.



**Рис. 1.** Влияние низких концентраций бихромата калия на выживаемость *Ceriodaphnia affinis* (разность опыт – контроль), мг Сг/л: ■ – контроль, ◆ – 0.1, ▲ – 0.03, ○ – 0.01 мг Сг/л

Основываясь на результатах этой серии опытов, мы выявили достоверное токсическое действие малых концентраций бихромата калия (0.1 и 0.03 мг Сг/л), которое не выявляется в острых и хронических опытах *C. affinis*, но становится очевидным в экспериментах, оценивающих полную продолжительность жизни. В более короткие сроки угнетающее действие этих концентраций выявлялось только по показателям плодовитости.

В табл. 2 приведены значения средней продолжительности жизни рачков при воздействии хлорида калия в концентрациях 0.1, 10 и 100 мг/л.

**Таблица 2**

Влияние хлорида калия на среднюю продолжительность жизни *Ceriodaphnia affinis*

Концентрация КСl	Средняя продолжительность жизни	% от контроля	$t_d$
Контроль	25.7±5.9	–	–
0.1 мг/л	35.3±4.9	137.5	2.9
10 мг/л	18.0±5.1	69.9	2.3
100 мг/л	6.8±0.4	26.5	7.3

Как видно из табл. 2, наибольшая из исследованных концентраций КСl – 100 мг/л – вызвала раннюю гибель рачков и достоверно снизила среднюю продолжительность жизни рачков до 7 суток (26.5% от контрольного значения). Концентрация 10 мг/л вызывала снижение средней продолжительности жизни на 30% по сравнению с контрольной выборкой.

Однако при воздействии наименьшей из исследованных концентраций – 0.1 мг/л – было выявлено достоверное повышение средней продолжительности жизни (на 38% по сравнению с величиной в контрольной выборке).

Динамика смертности рачков по времени показана на рис. 2, где прослеживаются сроки наиболее интенсивного отмирания рачков и наглядно просматривается замедление отмирания рачков при наименьшей концентрации. Выжившие в процессе опыта рачки продолжали размножаться, но хлористый калий влиял и на этот показатель.

## ДЕЙСТВИЕ НИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ПОТЕНЦИАЛЬНО ТОКСИЧНЫХ ВЕЩЕСТВ

На рис. 3 показано влияние хлорида калия на среднюю суммарную плодовитость рачков *C. affinis*.

При воздействии наименьшей концентрации KCl – 0.1 мг/л – наблюдается значительное увеличение плодовитости за счет стимуляции репродуктивной функции. К моменту получения 4 помётов плодовитость при этой концентрации превышала контрольное значение на 60%. Итоговое повышение средней суммарной плодовитости на самку составило 17%. При воздействии концентрации KCl 10 мг/л средняя суммарная плодовитость снижается к моменту завершения опыта на 18%.

Таким образом, хлорид калия в зависимости от концентрации способен как ускорять отмирание рачков и в поздние сроки подавлять репродуктивную функцию, так и продлевать продолжительность их жизни и повышать суммарную плодовитость. Подобные эффекты токсического воздействия особенно наглядно проявлялись на поздних сроках эксперимента, после 12 суток.

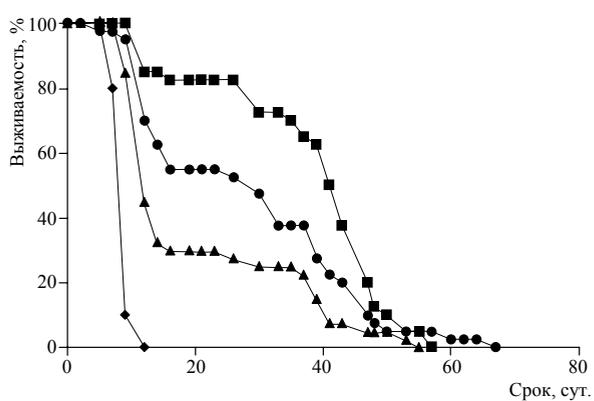


Рис. 2. Влияние хлорида калия на выживаемость рачков *Ceriodaphnia affinis*, мг/л: ● – контроль, ■ – 0.1, ▲ – 10, ◆ – 100

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Воздействие KCl в концентрации 10 мг/л (эколого-рыбохозяйственная ПДК для  $K^+$  = 50 мг/л) вызывало достоверное снижение средней продолжительности жизни рачков *C. affinis* на 30% по сравнению с контролем. Снижение выживаемости наблюдалось с 12 суток эксперимента. Снижения плодовитости на ранних сроках наблюдения (до 26 суток) выявлено не было.

Аналогичный эффект был показан при воздействии бихромата калия в концентрациях 0.01 – 0.1 мг Cr/l на *C. affinis* (ПДК для  $Cr^{+++}$  = 0.07 мг/л). При воздействии концентраций 0.1 и 0.03 мг Cr/l массовая гибель рачков началась на 17-е сутки, при

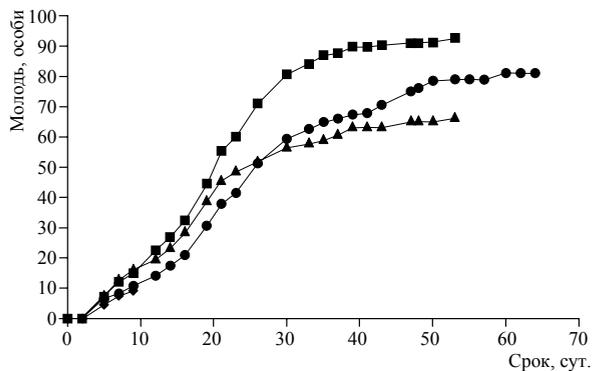


Рис. 3. Суммарная плодовитость *Ceriodaphnia affinis* при воздействии низких концентраций хлорида калия, среднее количество молоди на 1 самку, мг/л: ● – контроль, ■ – 0.1, ▲ – 10, ◆ – 100

воздействии наименьшей из испытанных концентраций 0.01 мг Сг / л гибель началась на 21-е сутки опыта. Итоговое снижение средней продолжительности жизни по сравнению с контролем составило 10% (при действии 0.01 мг Сг /л) и 48% (при действии 0.03 и 0.1 мг Сг /л). Ранее угнетающее действие этих концентраций выявлялось только в хронических экспериментах с учётом плодовитости.

Таким образом, было показано достоверное снижение продолжительности жизни при действии низких концентраций бихромата калия и хлорида калия (равных или ниже ПДК), которое не выявляется в стандартных острых и хронических опытах на *C. affinis*, но становится очевидным в экспериментах, оценивающих полную продолжительность жизни.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 02-12-31782).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Жмур Н. С. Методика определения токсичности воды и водных вытяжек из почв, осадков сточных вод, отходов по смертности и изменению плодовитости цериодафний. 2-е изд., испр. и доп. М. : АКВАРОС, 2007. 56 с.

Методические указания по установлению эколого-рыбохозяйственных нормативов (ПДК и ОБУВ) загрязняющих веществ для воды водных объектов, имеющих рыбохозяйственное значение / под ред. О. Ф. Филенко, С. А. Соколовой. М. : ВНИРО, 1998. 147 с.

*Filenko O. F., Isakova E. F., Gershkovich D. M. The lifespan of the Cladoceran Ceriodaphnia affinis Lilljeborg in a laboratory culture // Inland Water Biology. 2011. Vol. 4, № 3. P. 283 – 286.*