

УДК 595.384.12:615.9

## О ВЛИЯНИИ ДДТ НА ДЫХАНИЕ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ ЧЕРНОМОРСКИХ КРЕВЕТОК

В. В. АНДРЮЩЕНКО

(Институт биологии южных морей АН УССР, Севастополь)

В экспериментальных условиях установлена зависимость величины минимальной летальной для креветок концентрации ДДТ от сезона и температуры окружающей среды. Сублетальные концентрации яда оказывали существенное влияние на интенсивность газообмена. Взрослые креветки более устойчивы к действию инсектицида по сравнению с молодью.

В настоящее время хлорорганические пестициды типа ДДТ [2], подобно искусственным радиоактивным веществам, приобретают характер постоянно действующего экологического фактора в морях и океанах [1, 16].

Целью данной работы было изучение динамики накопления в организме (меченного по  $C^{14}$  ДДТ) и токсического действия ДДТ на дыхание и выживаемость черноморской креветки *Leander adspersus* (Rathke). Согласно литературным данным [10—14], креветки характеризуются особо высокой чувствительностью к действию этого токсиканта.

Критериями токсичности служили выживаемость и изменение потребления кислорода креветками в условиях воздействия сублетальных концентраций ДДТ. Известно, что дыхание — чрезвычайно лабильный показатель, варьирующий у креветок в течение суток. Изменение потребления кислорода является одним из наиболее тонких физиологических показателей воздействия факторов окружающей среды, поскольку оно интегрирует в себе уровни окислительных процессов и оказывает определенное влияние на направление биохимических реакций.

**Методика.** Опыты по изучению динамики накопления  $C^{14}$ —ДДТ креветками проводили в стеклянных аквариумах емкостью 10 л при температуре 18—19°С. Исходная концентрация  $C^{14}$ —ДДТ в аквариумах была  $2 \cdot 10^{-8}$  кюри/л. Для определения коэффициентов накопления (отношение концентраций  $C^{14}$ —ДДТ в креветках и воде) отбирали одновременно пробы креветок (10 экз.) и воды (500 мл) на третьи, четвертые, пятые, седьмые, девятые и одиннадцатые сутки.

Пробы воды, отфильтрованной через газ № 49, отбирали в стеклянные колбы и производили экстракцию  $C^{14}$ —ДДТ на шютель-аппарате. Процесс экстракции повторяли трижды, экстракты объединяли. Образующуюся после встряхивания на шютель-аппарате эмульсию гексана с водой разрушали прибавлением безводного  $Na_2SO_4$ . Гексан сливали в колбу для выпаривания и отгоняли на водяной бане (70°С) до 0,5 мл. Оставшийся экстракт количественно переносили на стандартную алюминиевую тарелочку площадью 2,5 см<sup>2</sup>. Подсушивали тарелочки на воздухе. Затем производили радиометрию проб на малофоновой установке со счетчиком СБТ-13.

Живой вес отбираемых для определения  $C^{14}$ —ДДТ креветок составлял 4—5 г. Креветок извлекали из аквариумов, трижды ополаскивали чистой морской водой,

обсушивали фильтровальной бумагой, взвешивали, растирали в фарфоровой ступке, количественно переносили в стеклянные колбы и заливали  $\text{H}$ -гексаном, затем дважды встряхивали на шотель-аппарате по 30 мин, гексановые экстракты объединяли. Дальнейшую обработку производили так же, как для воды. Коэффициенты накопления рассчитывали как частное от деления радиоактивности 1 г сырого веса креветок на радиоактивность 1 мл воды.

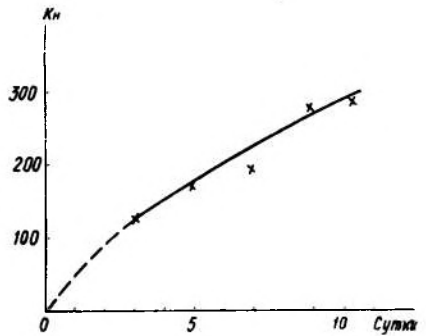
Влияние ДДТ на креветок изучали в лабораторных экспериментах, используя 90%-ный раствор ДДТ в ацетоне. Испытывали его концентрации от 1 до  $10^{-5}$  мг/л с интервалом в один порядок. Опыты проводили в стеклянных аквариумах диаметром 40 см в проточной морской воде при естественной температуре. В каждый аквариум наливали по 6 л морской воды, профильтрованной через планктонный газ № 49, и вносили раствор ДДТ в ацетоне нужной концентрации. В контрольный аквариум добавляли столько же чистого ацетона. После внесения ДДТ воду в аквариумах тщательно размешивали и в них помещали по 10 креветок определенной весовой группы. Опыты проводили с креветками обоих полов различных весовых групп: 200—300, 300—400 и 750—850 мг. Через определенные интервалы времени отмечали число живых и погибших животных в контрольном и опытном аквариумах; у первых измеряли скорость потребления ими кислорода по методу Винклера [5]. Для каждого определения отбирали по пять креветок. Рассчитывали достоверный интервал ( $p=0,05$ ).

### Результаты экспериментов

Данные по динамике коэффициентов накопления ДДТ —  $\text{C}^{14}$  в креветках в течение эксперимента (см. рисунок) свидетельствуют, что креветки обладают способностью накапливать ДДТ —  $\text{C}^{14}$  уже в ближайшие сутки до концентраций, которые в сотни раз превосходят его концентрации в растворе.

В опыте, проведенном в июне при  $17^\circ$ , величина минимальной летальной концентрации ДДТ составляла  $10^{-3}$  мг/л, а в августе при  $22^\circ$

Динамика изменения коэффициентов накопления ДДТ —  $\text{C}^{14}$  в креветках во время эксперимента.



она снижалась на порядок и равнялась  $10^{-4}$  мг/л, в октябре при  $16$ — $17^\circ$  креветки даже выживали в аквариумах с концентрацией ДДТ  $10^{-2}$  мг/л; гибель наступала только при  $10^{-1}$  мг/л (табл. 1). В опыте, проведенном в ноябре, отмечена 100%-ная гибель животных при температуре  $15^\circ$  и концентрации ДДТ  $10^{-1}$  мг/л, а также при  $17^\circ$  (искусственное повышение температуры в лаборатории) и  $10^{-2}$  мг/л.

Таблица 1

Значения минимальной ЛД<sub>100</sub> и сроки 100%-ной гибели креветок в зависимости от сезона и температуры воды в аквариумах (продолжительность опыта 14 суток)

Время наблюдения	Температура воды, °	Число креветок в опыте	Минимальная ЛД <sub>100</sub> , мг/л	Время 100%-ной гибели, час
Июнь	17	10	$10^{-3}$	24
Август	22	10	$10^{-4}$	156
Октябрь	16—17	10	$10^{-1}$	3
Ноябрь	15	10	$10^{-1}$	3
„	17	10	$10^{-2}$	24

Данные по влиянию различных сублетальных концентраций ДДТ на интенсивность потребления кислорода креветками получены в двух сериях экспериментов, выполненных в ноябре при температуре воды в аквариумах 10° и в августе при 22° (табл. 2).

Таблица 2

Влияние сублетальных концентраций ДДТ на интенсивность потребления кислорода (мл/г·час) креветками разных весовых категорий

Концентрация ДДТ, мг/л	Экспозиция, сутки			
	1	2	3	4
Вес креветок 200—300 мг (ноябрь, 10°)				
Контроль	0,280±0,143*	0,323±0,120		
10 <sup>-3</sup>	0,266±0,071	0,078±0,041		
10 <sup>-2</sup>	0,182±0,040	0,238±0,070		
Вес креветок 750—850 мг (ноябрь, 10°)				
Контроль	0,218±0,036*	0,235±0,070		0,269±0,100
10 <sup>-2</sup>	0,241±0,032	0,208±0,044		0,175±0,064
Вес креветок 300—400 мг (август, 22°)				
Контроль	0,361±0,040*		0,294±0,072	
10 <sup>-5</sup>	0,387±0,080		0,311±0,090	
10 <sup>-4</sup>	0,363±0,070		0,313±0,095	

Концентрация ДДТ, мг/л	Экспозиция, сутки			
	5	7	10	15
Вес креветок 200—300 мг (ноябрь, 10°)				
Контроль	0,248±0,027		0,362±0,080	0,384±0,023
10 <sup>-3</sup>	0,399±0,085		0,319±0,101	0,161±0,068
10 <sup>-2</sup>	0,307±0,082		0,184±0,062	0,130±0,114
Вес креветок 750—850 мг (ноябрь, 10°)				
Контроль		0,318±0,048	0,326±0,092	
10 <sup>-2</sup>		0,264±0,079	0,328±0,027	
Вес креветок 300—400 мг (август, 22°)				
Контроль	0,381±0,114	0,324±0,100		
10 <sup>-5</sup>	0,183±0,060	0,142±0,071		
10 <sup>-4</sup>	0,097±0,058	Погибли		

\* Приведены доверительные интервалы  $t_{0,5} \frac{s}{\sqrt{n}}$ .

Концентрация 10<sup>-3</sup> мг/л уже на вторые сутки вызывала резкие нарушения в интенсивности общего обмена у молодых креветок весом 200—300 мг; потребление ими кислорода снижалось более чем на 75%. На третьи сутки скорость потребления кислорода повышалась в полтора раза, после чего наблюдалось длительное угнетение дыхания; в конце опыта, на 15-е сутки, оно составляло 40% к контролю. Концентрация 10<sup>-2</sup> мг/л в первые сутки вызывала некоторое угнетение скорости

потребления кислорода. Затем интенсивность дыхания повышалась, а после пяти суток и до конца опыта наблюдалось стойкое снижение интенсивности газообмена. На 15-е сутки оно составляло 30% к контролю. Иными словами, на пятнадцатые сутки эффект токсического действия концентраций ДДТ  $10^{-2}$  и  $10^{-3}$  мг/л на дыхание креветок весом 200—300 мг оказался одинаковым.

Аналогичный спыт, проведенный в тех же экспериментальных условиях, но со взрослыми креветками (вес 750—850 мг/л), показал, что концентрация  $10^{-2}$  мг/л заметно снижала потребление ими кислорода (на четвертые сутки почти на 40% по сравнению с контролем), после чего скорость дыхания постепенно нарастала и на десятые сутки сравнялась с контролем.

Результаты экспериментов, проведенных в августе ( $22^{\circ}$ ) на креветках весом 300—400 мг, показали (см. табл. 2), что испытанные концентрации ДДТ ( $10^{-2}$  и  $10^{-3}$  мг/л) вызывали 100%-ную гибель животных в очень короткие сроки. Концентрация  $10^{-4}$  мг/л в течение первых суток как бы несколько стимулировала интенсивность газообмена, после чего наблюдалось значительное снижение потребления кислорода, и на пятые сутки оно снизилось почти на 80% по сравнению с контролем. На шестые сутки креветки погибли. Концентрация  $10^{-5}$  мг/л не приводила к летальному исходу, однако потребление кислорода к концу опыта снижалось почти на 60%.

### Обсуждение результатов

По нашим данным, диапазон минимальной летальной концентрации составляет  $10^{-1}$ — $10^{-4}$  мг/л в зависимости от времени года и температуры окружающей среды. Близкие значения летальных концентраций для разных видов креветок получены другими исследователями [8, 10—13].

При повышении температуры воды в аквариумах в пределах одного сезона на  $5^{\circ}$  (с  $17^{\circ}$  в июне до  $22^{\circ}$  в августе) величина минимальной летальной концентрации снижалась на один порядок (с  $10^{-3}$  до  $10^{-4}$  мг/л). В ноябре эта величина была на два порядка выше, чем в июне, при той же температуре воды в аквариумах. В литературе [6, 7, 10, 15] также отмечалось влияние температурного фактора на сроки гибели креветок и величину пороговой концентрации токсического вещества. Следовательно, концентрация яда, которая не вызывает гибели креветок при умеренной или низкой температуре, может оказаться смертельной при повышении температуры в водоеме.

Результаты экспериментов свидетельствуют также о том, что сублетальные концентрации ДДТ оказывают существенное влияние на интенсивность потребления кислорода гидробионтами.

Кратковременное увеличение интенсивности газообмена, по-видимому, связано с мобилизацией в организме потенциальных возможностей для сохранения нормального протекания основных процессов жизнедеятельности. В случае, когда воздействие оказывалось очень сильным, организм не мог противостоять ему длительное время, что приводило к угнетению дыхания у гидробионтов.

По мнению Л. П. Рыжкова [4], допустимыми для существования гидробионтов следует считать те концентрации токсических веществ, которые стимулируют скорость потребления кислорода, недопустимыми — угнетающие газообмен. Как отмечает Е. А. Веселов [3], выявление вредного действия токсических веществ по изменениям интенсивности газообмена дает основания для значительного уменьшения величины ПДК загрязнителей в водоемах.

Данные, полученные при измерении интенсивности потребления кислорода у креветок разного возраста, показали разную чувствительность взрослых креветок и молоди (соответственно 750—850 и 200—300 мг) к инсектициду. Взрослые креветки устойчивее к действию ДДТ по сравнению с неполовозрелыми.

О влиянии возраста животных на чувствительность к ДДТ сообщали и другие авторы. Показано, например, что концентрация ДДТ 0,05 мг/л губительна для личинок устриц, тогда как взрослые особи выживали при концентрациях ДДТ в 20 раз выше [9].

Проведенные исследования обнаружили чрезвычайную чувствительность креветок к действию ДДТ. В этой связи следует напомнить, что эстуарии и устья рек, иногда характеризующиеся высокой степенью загрязнения пестицидами, являются местообитанием креветок раннего, более уязвимого возраста.

### Выводы

1. Креветки обладают способностью быстро, в течение нескольких суток накапливать ДДТ в количестве, в сотни с лишним раз превышающем его концентрации в водной среде.

2. Минимальная летальная для креветок концентрация ДДТ в ацетоне (за 14 дней) составляет  $10^{-1}$ — $10^{-4}$  мг/л и зависит от времени года и температуры окружающей среды.

3. Минимальная сублетальная концентрация ДДТ, вызывающая угнетение дыхания креветок, при 22° равна  $10^{-5}$  мг/л.

4. Чувствительность к действию ДДТ у молоди креветок гораздо выше, чем у взрослых особей.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Андриященко В. В. 1971. Токсическое действие малых концентраций ДДТ на черноморских креветок. В кн. «Мат-лы науч. конф., посвящ. 50-летию Новоросс. биост.», К.
2. Брагинский Л. П. 1972. Пестициды и жизнь водоемов. Изд-во «Наукова думка», К.
3. Веселов Е. А. 1967. Изменение газообмена рыб под влиянием токсических загрязнений воды. В сб.: «Мат-лы IV медико-биол. конф. Петрозавод. гос. ун-та».
4. Рыжков Л. П. 1970. Об изучении обмена веществ при токсикологических исследованиях. В сб.: «Вопр. водн. токсикол.».
5. Строганов Н. С. 1967. Методики определения дыхания у рыб. В сб.: «Руков. по метод. исслед. физиол. рыб».
6. Bridges W. R. 1965. Effects of time and temperature on the toxicity of heptachlor and kepone to redear sunfish. In: «Biol. Problems in water pollution», Third Seminar, 1962 (US Pub. Health Serv. Pub., 999 WP-25).
7. Butler P. A. 1966. Pesticides in the Marine Environment. Appl. Ecolog., 3 (Suppl.).
8. Butler P. A., Springer P. F. 1963. Pesticides — a new factor in coastal environments. «Trans. N. Am. Wildl. Conf.», 28.
9. Davis H. C. 1961. Effects of some pesticides on eggs and larvae of oysters (*Crassostrea virginica*) and clams (*Venus mercenaria*). «Comml. Fish. Rev.», 23 (12).
10. Eisler R. 1969. Acute toxicities of insecticides to marine decapod crustaceans. «Crustaceana», 16.
11. Eisler R. 1970. Latent effects of insecticide intoxication to marine mollusks. «Hydrobiologia», 36.
12. Eisler R. 1970. Acute toxicities of organochlorine and organophosphorus insecticides to estuarine fishes. «US Bur. Sport. Fish. and Wildlife Technical Paper», 46.
13. Eisler R. 1970. Pesticide-induced stress profiles. «FAO Technical Conference on Marine Pollution and its Effects on Living Resources and Fishing», Rome, Italy, 9—18 December.
14. FAO Fisheries Technical Paper N 94, 1969. Federal Water Pollution Control Administration US Department of the Interior. «Food and Agric. Org. of the UN», Rome.

15. Katz M., Chadwick G. G. 1961. Toxicity of endrin to some Pacific North-west fishes. «Trans. Amer. Fish. Soc.», 90 (4).
16. Polikarpov G., Kulebakina L., Tsitsugina V., Andruschenko V. 1971. Radioecology and chemoeology in the service of the protection of nature. «Internat Sympos. Radioecol. applied to the protection of man and his environment», Rome, September.

Поступила 30.VII 1970 г.

## THE EFFECT OF THE DDT ON THE RESPIRATION AND SURVIVAL OF THE BLACK SEA SHRIMP

V. V. ANDRYUSHCHENKO

(Institute of the Southern Seas Biology, Academy of Sciences,  
Ukrainian SSR, Sevastopol)

### Summary

The study of different DDT concentrations effect on shrimp have been carried out in the laboratory. 90 per cent DDT solution in the acetone have been used. The remarkable dependence is established of the minimal lethal concentration on the season and temperature. Sublethal DDT concentrations affected the gases exchange intensity, involving increase or decrease of the oxygen consumption. Adult shrimps occurred more resistant for insecticide, than young ones.