

УДК 577.472:615.9:595.4+595.7

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТРОЙ ФЕНОЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ И ПАУКООБРАЗНЫХ

(Сообщение II) *

В. А. АЛЕКСЕЕВ

(Институт биологии внутренних вод АН СССР, Борок)

Сравнительное сезонное изучение острой фенольной интоксикации пяти видов водных насекомых и одного вида клещей показало, что в симптомокомплексе их отравления летом, как и зимой, сохраняется пять основных фаз, последовательность которых при +20 и +2°С не нарушается. Летом процесс интоксикации наступает раньше и протекает быстрее. Устойчивость животных к фенолу выше при +2°.

Материал и методика. Объектом служили те же водные насекомые, что и зимой, за исключением *P. ex gr. psilopterus*, летом представленных небольшим количеством, и водяной клещ — *L. aquatica*. Подопытных животных вылавливали из тех же водоемов с конца мая до конца июля и использовали в опытах не позднее чем через сутки после отлова (исключалось голодаание животных). Температура воды в водоемах возрастила от 11° в мае до 22° в июле. Изменение ее в таких пределах мало влияло на токсикорезистентность изучаемых организмов. Исключение составляли личинки по-денок, особенно *C. dipterum*; температурный фактор в устойчивости последних играет весьма существенную роль. В опытах при температуре +2° животных помещали в раствор комнатной температуры и в холодильной камере охлаждали постепенно. Материал отбирали однородный и по возможности тех же размеров, что и зимой. Имаго *C. novemlineatus* и *S. striata* брали из перезимовавших генераций.

Методика проведения опытов аналогична примененной в зимних опытах (ее подробное изложение — см. [1]). Насекомых и клещей, помещали в стаканчики с растворами фенола в возрастающих концентрациях, а затем в ультратермостат Хеппера (+20°) или холодильную камеру (+2°) в двух-трех повторностях. Экспозиция 48 час. со сменой растворов через 24 час. Всего в двух сериях (при +20° и +2°) использовали *C. novemlineatus* — 330 экз., *S. striata* — 275, *O. maxima* — 385, *C. dipterum* — 880, *Ch. plumosus* — 363 и *L. aquatica* — 660 экз.

Действие токсиканта оценивали по общему поведению и проценту смертности.

Результаты и их обсуждение

Внешние симптомы отравления исследованных насекомых и клещей в летнее время те же, что и зимой. Можно лишь добавить, что летом при 20° у личинок *C. dipterum* в момент гибели окраска различных

* Зимой 1969 года исследовалось острое токсическое воздействие фенола на шесть видов водных насекомых — *Coelambus novemlineatus* и *Sigara striata* (имаго), *Ordella maxima* и *Cloeon dipterum* (личинки). *Chironomus plumosus* и *Psectrocladius ex gr. psilopterus* (личинки) — и водяного клеща *Limnochares aquatica* (имаго). Животных отлавливали в местных водоемах подо льдом. Были определены их токсикологические показатели: МПК, CL₁₀₀ и CL₅₀ в зимний период при температуре +2° и +20° (оптимальные для этих водоемов зимняя и летняя температуры). Описаны симптомы отравления, сделана попытка объяснить устойчивость к фенолу их морфо-физиологическими особенностями [1].

Цель настоящего исследования — определение тех же токсикологических характеристик водных насекомых и паукообразных в летний период при температуре +20° и +2°, выявление сезонных различий как токсикологических показателей, так и симптомокомплекса отравления.

участков тела была более интенсивной, чем зимой при той же температуре. В одном из опытов с концентрацией фенола 40 мг/л у субимаго поденки, вышедшей из нимфы и лежащей на поверхности раствора, брюшко было необычно ярко-розовым, а крылья зелеными. В контроле погибшие личинки, хотя и приобретали яркую окраску (через четверо суток), но она была значительно слабее. По-видимому, окрашивание организмов в момент гибели связано как с естественным разложением пигментов, так и с непосредственным воздействием на них токсикантов.

В симтомокомплексе отравления насекомых и клещей сохраняются (по сравнению с зимним периодом) пять основных фаз развития патоло-

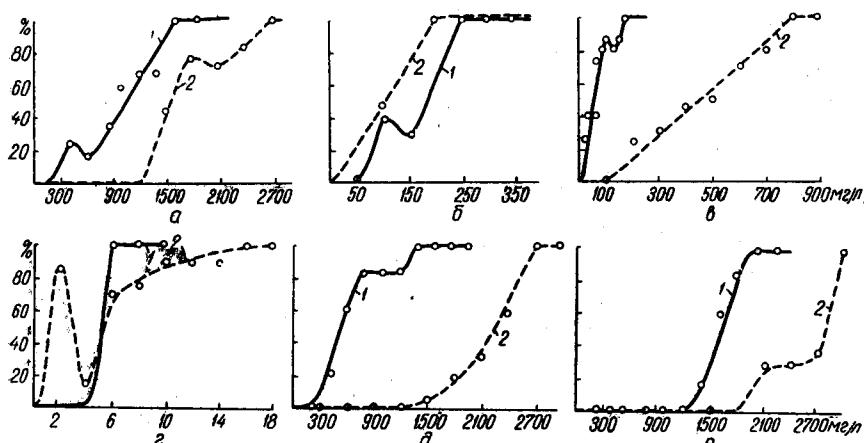


Рис. 1. Кривые индивидуальной устойчивости некоторых видов водных насекомых и паукосбранных к различным концентрациям фенола (мг/л) при 20° (1) и 2° (2):

а — *Coelambus novemlineatus*, б — *Siga striata*, в — *Ordella maxima*, г — *Cloeon dipterum*, д — *Chironomus plumosus*, е — *Limnochares aquatica*.
Ось ординат — число погибших за 48 час животных, % к исходному количеству.

тического процесса: повышение общей двигательной активности; нарушение координации движений; паралич органов и участков тела, выполняющих локомоторную функцию; полная потеря двигательной активности; смерть. Последовательность развития фаз интоксикации при +20° и +2° также не нарушается. В связи с повышением уровня обмена веществ в летнее время (увеличивается активность животных) процесс интоксикации при 20° и 2° наступает раньше и протекает быстрее, чем зимой.

Если кривые индивидуальной устойчивости водных насекомых и клещей в различных концентрациях фенола зимой имели преимущественно S-образную форму (исключая таковые для *C. dipterum* при 20°), то в летнее время (рис. 1) для большинства видов они двухгорбые: — два максимума гибели: чаще при 20° (*C. novemlineatus*, *S. striata*, *O. maxima*, *Ch. plumosus*), реже при 2° (*C. novemlineatus*, *C. dipterum*). При +2° кривые (исключая б) смещаются вправо по оси абсцисс, что свидетельствует о большей устойчивости животных при низкой температуре в летний период. Смещение ее влево для *S. striata* (б), видимо, свидетельствует о влиянии низкой температуры как дополнительного по-враждающего фактора к токсическому действию яда при повышенной активности животных и нестабильности их метаболизма (что уже отмечалось нами [1]). Тот факт, что малые концентрации яда в определенный момент становятся для животных более токсичными, чем высокие (см. [1] — *C. dipterum* при +20°), установлен и летом для разных

насекомых при той и другой температурах, что также можно связать с повышенным метаболизмом в летний период. Как мы уже упоминали, подобный феномен был получен в экспериментах с карасями [3]. Это явление можно объяснить следующим образом. До определенных концентраций токсиканта в среде процент смертности возрастает постепенно, так как животные не проявляют защитной реакции (в этих концентрациях яд токсичен не для всех особей); затем включаются системы защиты — механические (закрывание дыхалец [5, 6], биохимические (обмен липоидов [9, 10], ферментативная детоксикация [2, 8]) и поведенческие [4, 7] отчего процент смертности животных падает. В дальнейшем смертность снова возрастает — средства защиты исчерпаны и организм уже не может бороться с токсикантом.

У имаго *C. novemlineatus*, например (рис. 1), при 20° в концентрациях фенола 400 мг/л процент смертности составляет 24,9% — первый максимум гибели (рис. 1, а). Концентрации выше 400 мг/л вызывают защитную реакцию насекомых и при 600 мг/л смертность падает до 16,6%. При содержании фенола выше 600 мг/л последний не может детоксцироваться организмом, и процент смертности достигает 100% (второй максимум гибели).

При 2° устойчивость жуков возрастает и концентрации, не вызывающие защитной реакции, достигают 1800 мг/л — 77,7% погибших особей. Защитная реакция проявляется до 2100 мг/л — смертность падает до 72,1%, после чего возрастает до 100%. При сравнении летних данных наблюдается сдвиг защитной реакции животных для +20° и +2° вправо: в первом случае она проявляется при концентрации фенола 400—600 мг/л, во втором — 1800—2100 мг/л, что и объясняется разным уровнем метаболизма жуков в условиях зимних и летних температур. Понижение метаболизма животных при низкой температуре приводит к более позднему проявлению защитной реакции. Последняя проявляется также у *S. striata*, *O. maxima* и в меньшей степени у *Ch. plumbosus* при 20° (см. рис. 1, б, в, д). При 2° особенно ярко она выражена у *C. dipterum* и в незначительной степени проявляется у *L. aquatica* (г, е). Сравнение кривых индивидуальной устойчивости для лета и зимы при температуре 2° показывает, что во втором случае в связи с пониженным метаболизмом защитные системы не включаются, процент смертности возрастает постепенно, а кривые имеют лишь один максимум гибели (исключением является *C. dipterum*).

Особый интерес представляет сравнение кривых индивидуальной устойчивости для *C. dipterum* при зимних и летних температурах +2° и +20° (см. рис. 1, г). Зимой при 2° она имеет S-образную форму, при 20° — двугорбая; и, наоборот, летом при температуре 20° она S-образная, при температуре 2° — двугорбая. Однако зимняя температура 2° и летняя 20° — естественная температура водоемов, в которых обитают исследуемые животные, а зимняя 20° и летняя 2° заданы искусственно, что нарушает установленный уровень метаболизма. Очевидно, защитная реакция проявляется у личинок *C. dipterum* в отличие от других насекомых и при высокой зимней и при низкой летней температуре. Точнее, искусственное нарушение метаболизма — основная причина проявления защитной реакции у данного вида, что объясняется одновременно и высоким уровнем метаболизма и его нестабильностью, полной зависимостью от воздействия внешних факторов (в данном случае — температуры). Отсутствие защитной реакции при летней температуре 20° (что характерно для большинства исследованных видов) — можно объяснить чрезвычайно повышенным метаболизмом у данных животных и тем, что в этот период не успевают проявиться ни различия в индивидуальной устойчивости, ни защитная реакция.

Основные токсикологические характеристики (МПК, CL₅₀, CL₁₀₀) исследованных животных, полученные летом и зимой (см. таблицу — CL₅₀ находили методом интерполяции), свидетельствуют об их

Сезонная токсикологическая характеристика некоторых видов водных насекомых и паукообразных

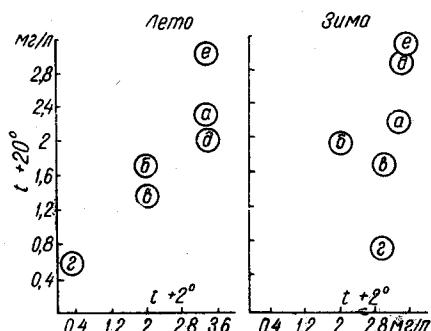
Вид	CL ₁₀₀ , мг/л				CL ₅₀ , мг/л				МПК, мг/л			
	20°		2°		20°		2°		20°		2°	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
<i>Limnochares aquatica</i>	2000	1800	3000	2500	1560	1500	2730	2200	1200	1200	1800	1750
<i>Coelambus novemlineatus</i>	1600	1000	2700	3000	1000	580	1560	2200	200	200	1200	1200
<i>Chironomus plumosus</i>	1400	1500	2700	2700	530	1320	2250	2150	200	1050	1200	1500
<i>Sigara striata</i>	200	200	200	540	165	110	110	300	50	100	<100	<120
<i>Ordella maxima</i>	180	350	800	2400	60	225	475	2000	<20	<50	100	1440
<i>Cloeon dipterum</i>	6	36	16	2000	5	30	5,5	1700	4	6	<2	1200

Примечание. 1 — лето, 2 — зима.

большей устойчивости к фенолу при низкой температуре (+2°). Исключение составляют показатели CL₅₀ для *S. striata* (при 20° 165 мг/л, при +2° 110 мг/л) и МПК для *C. dipterum* (при +2° 2 мг/л), что объясняется, как уже указывалось, повышенным метаболизмом у этих животных летом и дополнительным повреждающим действием искусственно созданных отрицательных температур.

Рис. 2. Корреляция между устойчивостью к фенолу (МПК) при температуре 20 и 2° зимой и летом.

Ось абсцисс и ординат — lg концентраций фенола, мг/л. (а—е — см. объяснения к рис. 1).



По устойчивости к фенолу в летнее время насекомых и клещей можно расположить в следующий ряд: *L. aquatica* > *C. novemlineatus* > *Ch. plumosus* > *S. striata* > *O. maxima* > *C. dipterum*. Он несколько отличается от полученного зимой: *L. aquatica* > *Ch. plumosus* > *P. ex gr. psilopterus* > *C. novemlineatus* > *O. maxima* > *S. striata* > *C. dipterum*. *C. novemlineatus* и *O. maxima* летом проявили несколько большую устойчивость (в 1,5 раза), чем зимой.

Обнаружена явная положительная корреляция между устойчивостью к фенолу (на примере МПК) у разных видов насекомых и клещей при +20° и +2° летом и отсутствие таковой зимой (рис. 2).

Сравнение летних и зимних токсикологических показателей по видам, показывает, что межсезонных изменений токсикорезистентности у клещей *L. aquatica* не наблюдается — она в одинаковой мере характеризуется с количественной стороны всеми тремя показателями. Для жуков *C. novemlineatus* МПК в зимнее и летнее время одинаковы, но

CL₁₀₀ и CL₅₀ при летней температуре +20° в 1,5 раза выше, чем зимой. Резистентность *C. novemlineatus* в летнее время возрастает. У личинок хирономид *Ch. plumosus* CL₅₀ при +20° летом в 2,5, а МПК в пять раз ниже зимних показателей при той же температуре. Резистентность *Ch. plumosus* в летнее время падает. У клопов *S. striata* МПК летом при +20° в два раза ниже зимней, а CL₅₀ в 1,5 раза выше (как и у *C. novemlineatus*). Резистентность *S. striata* в летнее время возрастает.

У малоустойчивых личинок поденок наблюдается еще более значительное изменение токсикологических показателей. Если CL₅₀ при +20° летом у *O. maxima* и *C. dipterum* уменьшилось соответственно в 3,7 и 6 раз, а МПК в 2,5 и 1,5 раза по сравнению с зимой, то при +2° они снизились соответственно для *O. maxima* в 4 и 14 раз, для *C. dipterum* в 308 и 600 раз (результат воздействия искусственных низких температур). Резистентность у обоих видов в летнее время падает.

В заключение можно сказать, что устойчивость водяных клещей в любое время года практически не изменяется, у жуков и клопов возрастает в летнее время, а у личинок хирономид и поденок падает.

Выводы

1. Сравнительное сезонное изучение острой фенольной интоксикации некоторых видов насекомых и клещей — *Coelambus novemlineatus*, *Sigara striata*, *Chironomus plumosus*, *Ordella maxima*, *Cloeon dipterum*, *Limnochares aquatica* — показало, что в симитотокомплексе отравления животных в летнее время, как и зимой, сохраняется пять основных фаз. Последовательность развития их при 20 и 2° летом, как и зимой, нарушается. Летом процесс интоксикации наступает раньше и протекает быстрее.

2. Кривые индивидуальной устойчивости животных летом имеют преимущественно два максимума гибели при 20°, в отличие от зимних — S-образной формы и с одним максимумом гибели.

3. Устойчивость животных к фенолу, как правило, и летом и зимой выше при 2°.

4. По резистентности в летний период исследованные виды можно расположить в следующий ряд: *L. aquatica* > *C. novemlineatus* > *Ch. plumosus* > *S. striata* > *O. maxima* > *C. dipterum*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексеев В. А. 1970. Исследование острой фенольной интоксикации некоторых видов водных насекомых и паукообразных. Сообщ. I, «Гидробиол. ж.» 6, 5.
2. Гилмур Д. 1968. Метаболизм насекомых. Изд-во «Мир», М.
3. Лукьяненко В. И., Флеров Б. А. 1963. Зависимость динамики токсического процесса от концентрации яда при фенольном отравлении карасей. В сб.: «Мат-лы по биол. и гидрол. волжск. водохр.». Изд-во АН СССР, М.
4. Лучникова Е. М. 1967. Двигательная активность насекомых как фактор поведенческой устойчивости к инсектицидам. В. сб.: «Исслед. по генет.», ЛГУ, 2.
5. Шванович Б. Н. 1949. Курс общей энтомологии. Изд-во «Сов. наука».
6. Pesson R. 1960. Quelques problemes posés au biologiste par les insectes résistants aux insecticides. «Meded. Landbouwhogeschool en opzoekingsstat. staat. Gent.», 25, 3—4.
7. Quarterman K. D., Schoof H. F. 1958. The Status of Insecticide Resistance in Arthropods of Public Health Importance in 1956. «Am. J. Trop. Med. Hyg.», 7, 1.
8. Wiesmann R. 1957 a. Das Problem der Insektizidresistenz. «Anz. Schadlingskunde», 30 (1).
9. Wiesmann R. 1957 b. Vergleichend Histologische Untersuchungen an normalsensiblen und gegen DDT — Substanzen resistenten stammen von *Musca domestica* L. «J. Ins. Physiol.», 1 (2).
10. Wiesmann R., Reiff M. 1956. Untersuchungen über die Bedeutung der Lipide bei Insektizidresistenz von *Musca domestica* L. «Verh. Naturf. Des. Basel.», 67 (2).