

УДК 615.9:(595.7+595.4)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОСТРОЙ ФЕНОЛЬНОЙ ИНТОКСИКАЦИИ
НЕКОТОРЫХ ВИДОВ ВОДНЫХ НАСЕКОМЫХ
И ПАУКООБРАЗНЫХ**

В. А. АЛЕКСЕЕВ

(Институт биологии внутренних вод АН СССР, Борок)

Сравнительное экспериментальное изучение острой фенольной интоксикации водных насекомых и паукообразных позволило выделить в симптомокомплексе их отравления пять основных фаз. При высоких температуре и концентрации фенола интоксикация наступает раньше и протекает более интенсивно. Сделана попытка объяснить устойчивость водных насекомых и клещей к фенолу их морфо-физиологическими особенностями.

Энтомологией накоплен значительный материал по устойчивости насекомых и клещей — вредителей сельского хозяйства и переносчиков заразных заболеваний — к инсектицидам [3, 5, 6, 13, 14, 19—21, 23, 24, 26, 32—34, 36, 37]. В то же время литературные данные о действии токсикантов на водных насекомых малочисленны; для паукообразных они совершенно отсутствуют. Работы, относящиеся непосредственно к водным насекомым — их появилось довольно много за последнее время, — носят прикладной характер: описываются действие инсектицидов и гербицидов на гидрофауну водоемов, опыляемых или опрыскиваемых с целью уничтожения сельскохозяйственных вредителей [26—31, 35], влияние ихтиоцидов на водных насекомых при очистке водоемов от сорной рыбы [2] или побочный эффект на насекомых альготоксических веществ [18]. Некоторые сведения о действии компонентов промышленных сточных вод на водных насекомых содержатся в санитарно-гидробиологических работах по отмиранию и восстановлению планктона и бентоса в сточных водах [4, 7, 11, 15, 16]. Из специальных исследований можно отметить работы по проницаемости кутикулы некоторых водных насекомых [22], о поглощении инсектицидов личинками комаров в зависимости от температуры и других физических факторов [25]. Краткие сведения о действии фенолов на водных беспозвоночных приведены Г. К. Чистяковым [17], установившим границы выживаемости при воздействии фенолом для дафний и циклопов, и Е. А. Веселовым [1] — для некоторых простейших, ракообразных, моллюсков, пяти видов насекомых (*Hydroporus palustris*, *Cloeon dipterum*, *Coretra pumicornis*, *Tendipes plumosus*, *Lestes sp.*) и одного вида клещей (*Limnochares aquatica*). Совершенно не изучено влияние токсикантов на представителей группы водных беспозвоночных — водяных клещей (*Hydrachnella*), несомненно, играющих большую роль в формировании водных биоценозов.

Одним из первых этапов изучения действия токсических веществ промышленных сточных вод на гидробионтов является определение летальных (CL_{100} , CL_{50}), максимально переносимых (МПК) и сублетальных концентраций токсикантов, а также определение симптомов отрав-

ления. Весьма существенно выяснение связи между токсичностью яда и морфо-физиологическими особенностями изучаемых объектов.

Цель данного исследования — определение упомянутых токсикологических характеристик зимой при температуре $+2^{\circ}$, $+3^{\circ}$ (оптимальная зимняя температура для наших водоемов) и $+19^{\circ}$, $+20^{\circ}$ (оптимальная летняя температура). Работу проводили по плану токсикологической группы Института биологии внутренних вод АН СССР под общим руководством проф. М. М. Камшилова.

Материал и методика исследования. Опыты проводили на шести массовых в зимнее время видах водных насекомых: жуках — *Coelambus novemlineatus* (имаго), клопах — *Sigara striata* (имаго), поденках — *Cloeon dipterum* и *Ordella maxima* (личинки), хирономидах — *Chironomus plumosus* и *Psectrocladius ex gr. psilopterus* (личинки) и на одном виде массового водяного клеша — *Limnochares aquatica* (имаго).

Насекомых и клещей вылавливали подо льдом в пруду (парк Борка) и только *Ch. plumosus* намывали также подо льдом в Новом канале. Материал подбирали по возможности однородный: *C. novemlineatus* — 3 мм, *S. striata* — 7,8 мм, *O. maxima* — 4,7 мм, *C. dipterum* — 8,1 мм, *Ch. plumosus* — 20 мм, *P. ex gr. psilopterus* — 5,7 мм, *L. aquatica* — 4,1 мм.

Время отлова и постановка опытов — начало января — середина апреля. Температура воды в пруду в момент отлова $+2^{\circ}$, $+3^{\circ}$, в канале $+1,5^{\circ}$, $+2^{\circ}$. Насекомые и клещи, используемые в опытах с $+19^{\circ}$ и $+20^{\circ}$, адаптировались в комнатных условиях в течение суток, используемых в опытах с $+2^{\circ}$ и $+3^{\circ}$ помещали в холодильную камеру с температурой $+2^{\circ}$. В обоих случаях до постановки опытов животных содержали в отстоянной природной воде не более суток (исключалось голодаание).

Для каждого вида проведены две серии опытов: при температуре $+20^{\circ}$ в ультратермостате Хепплера и при $+2^{\circ}$ в холодильной камере. Животных рассаживали по 5 или 10 экз. в зависимости от массовости сбров в 11 стеклянных стаканчиков емкостью 75 см³. 10 стаканчиков наполняли растворами фенола в возрастающих концентрациях, один стаканчик — чистой водой (контроль). Для приготовления растворов и контроля в первой серии использовали отстоянную водопроводную воду при температуре $+20^{\circ}$ (содержание кислорода 8,72 мг/л; жесткость общая — 3,64 мг-экв/л; pH — 7,6), во второй серии — ту же воду, охлажденную до $+2^{\circ}$. Опыты ставили в двух-трех повторностях в зависимости от степени однородности полученных результатов. Длительность опытов — постоянная: 48 час, со сменой раствора через 24 час. Всего в обеих сериях использовали *C. novemlineatus* — 550 экз., *S. striata* — 550 экз., *C. dipterum* — 220 экз., *O. maxima* — 330 экз., *Ch. plumosus* — 330 экз., *P. ex gr. psilopterus* — 275 экз., *L. aquatica* — 440 экз. Кроме того, было взято примерно такое же число животных для получения ориентировочных результатов.

Токсический эффект оценивали по общему поведению животных и смертности (%).

Результаты и их обсуждение

Ниже дано описание последовательного изменения внешних симптомов отравления насекомых и клещей в смертельных растворах фенола в зимний период, приведены кривые индивидуальной устойчивости и токсикологические показатели — CL₁₀₀, CL₅₀ и МПК.

Coelambus novemlineatus (имаго) плавают с обычной скоростью и равномерно распределены в толще раствора → двигательная активность возрастает, подъемы к поверхности для захвата воздуха учащаются → держатся преимущественно у поверхностной пленки, выставив конец брюшка наружу → часть жуков падает на дно и передвигается скачками, нарушается координация движений задних плавательных ног → лежат на дне, судорожно вытягивая головку и вращая ее, усиленно двигают жвалами, усиками, щупиками, сильное подергивание ног → тело неподвижно, судорожно двигаются лишь задние ноги → → ритмично подергиваются лишь лапки задних ног → полная неподвижность, смерть.

У погибших жуков задние ноги судорожно вытянуты и скрещены. По этому признаку легко отличить уже мертвых особей от живых, но

неподвижных. Скрячивание задних ног в момент гибели вообще характерно для плавунцов и неоднократно наблюдалось в природе.

Sigara striata (имаго) плавают спокойно и равномерно распределены в толще раствора → двигательная активность усиливается, клопы чаще всплывают к поверхности и захватывают воздух → висят у поверхностной пленки и изредка ныряют → нарушается координация плавательных движений задних, гребущих ног (вращение на одном месте, опрокидывание, плавание на спине) → лежат на поверхности раствора на боку или спине, судорожно двигая головой и всеми ногами → подергиваются лишь задние ноги → вздрагивают лишь лапки задних ног → полная неподвижность, смерть.

Подобно жукам, у мертвых клопов задние ноги скрещены.

Жуки и клопы, помещенные в растворы, через некоторое время покидают стаканчики (первые, с присосками на ногах, свободно передвигаются по стеклу, вторые прекрасно летают). Чем выше концентрация токсиканта, тем быстрее и большее количество насекомых покидает среду. При этом жуки проявляют исключительную способность находить мелкие щели в неплотно закрытых сосудах: протискиваются сквозь них и выбираются наружу. Чтобы предотвратить это, стаканчики были затянуты полиэтиленовой пленкой и завязаны. Прослойки воздуха между полиэтиленовой пленкой и раствором (как показал контроль) вполне хватало для дыхания, и никаких изменений в поведении животных через 48 час не наблюдалось. В опытах насекомые вынуждены были дышать парами фенола, скапливающимися под пленкой.

Для определения влияния паров фенола на выживание жуков и клопов были поставлены два дополнительных эксперимента. В первом жуков и клопов (отдельно) по 20 экз. помещали в стаканчики на сетку из крупноячеистого газа; сетку закрепляли между полиэтиленовой пленкой, наглоухо закрывающей стаканчики, и раствором фенола в концентрации 2000 мг./л (вдвое выше летальной концентрации для жуков и в 10 раз — для клопов). Сосуды выдерживали при температуре +20° в течение 48 час со сменой раствора через 24 час. Опыт проведен в трехкратной повторности. По окончании его выжили все жуки и клопы; пересаженные в чистую воду, они начали оживленно плавать.

Во втором эксперименте жуков и клопов (отдельно) по 20 экз. помещали в сосуды с проточной водой. Чтобы насекомых не унесло током воды, в местах входа и выхода ее были поставлены сетки из газа. Помещая пробирку с кристаллами фенола в пространство между наглоухо закрывающей сосуд полиэтиленовой пленкой и водой, получали насыщенные пары фенола. Сосуды выдерживали при +20° в течение 48 час. Опыт повторялся дважды. И в этом случае по истечении 48 час выжили все жуки и клопы.

Полученные результаты показывают, что пары фенола в наших опытах не могут быть причиной смертности насекомых; гибель их обусловлена действием растворенного в воде токсиканта.

Cloeon dipterum (личинки) ползают по дну или плавают у дна, отталкиваясь хвостовыми нитями; двигательная активность такая же, как и в контроле → передвигаются более интенсивно, чаще взмахивают хвостовыми нитями → ползают по дну, пытаясь отталкиваться хвостовыми нитями, жаберные лепестки работают с перебоями → тело и жаберные лепестки неподвижны, отвечают на механические раздражения слабыми изгибами тела и вздрагиванием конечностей, ноги судорожно сжаты → личинки абсолютно неподвижны, ноги расслаблены, тело дугообразно изогнуто брюшком наружу, в редких случаях внутрь, смерть.

Изгиб тела круче при температуре +2° и в более высоких концентрациях фенола. Погибшие личинки изменяют окраску. Первоначально зеленые или бурые, они окрашиваются в водянистые голубые, розовые, фиолетовые тона. Особенно ярко окрашены жабры. В отдельных случаях (даже в больших концентрациях) личинки выживают, поднимаясь по стенкам стаканчиков к поверхности и поглощая кислород верхнего слоя раствора.

Ordella maxima (личинки) ползают по дну и всплывают вертикально, отталкиваясь хвостовыми нитями не чаще, чем в контроле → ползают оживленнее, чаще поднимаются к поверхности → лишь ползают по дну, толчки хвостовыми нитями слабеют или совсем прекращаются → → тело неподвижно, движения жаберных лепестков нерегулярные, прерывистые → личинки неподвижны и отвечают лишь на длительные механические раздражения подрагиванием усиков, ног и хвостовых нитей → → абсолютно неподвижны, на раздражения не реагируют, тело изогнуто брюшком наружу, хвостовые нити загнуты на спину, видоизмененные жабры («крышки») подняты, смерть.

Такое положение тела — характерный признак погибших животных. Наружные покровы мертвых личинок обесцвечиваются. Отдельные экземпляры способны всплывать и удерживаться на поверхностной пленке. В этом случае личинки выживают дольше.

Chironomus plumosus (личинки) ползают по дну, изгибаются, подвижность умеренная, как и в контроле → сильно возбуждены, резко изгибаются → лежат неподвижно, изгибаются лишь при механическом раздражении → при раздражении всем телом не изгибаются, реагирует только раздражаемый членик (резко сокращается) → на раздражение реагируют три задних членика и один следующий за головой, голова при этом втягивается → на раздражение реагирует только последний членик, сокращаются задние ложножожки и втягиваются крючки на них, голова при этом втягивается → при раздражении втягиваются лишь голова и передние ложножожки → все тело не реагирует на раздражение, смерть.

У мертвой личинки тело вытянуто, слабо изогнуто. С повышением концентрации ярко-красная окраска бледнеет, у отдельных особей приобретает пятнистый характер.

Psectrocladius ex gr. psilopterus (личинки) прикреплены передним и задним концами тела ко дну, неподвижны, при раздражении открепляются и плавают во всей толще раствора, совершая характерные петлеобразные движения → прикреплены одним концом тела, другой свободен и совершает колебательные движения → не прикреплены, ускоренно плавают, петляя у дна → лежат на дне, при механическом раздражении втягивают голову, передние и задние ложножожки → при раздражении втягивают только голову, неподвижны, дугообразно изогнуты брюшной стороной внутрь, голова при этом не втягивается, смерть.

С возрастанием концентраций светло-зеленые личинки обесцвечиваются, становятся прозрачными.

Limnochares aquatica (имаго) очень медленно ползают по дну (как и в контроле) → возбуждены, передвигаются быстрее → передвигаются неуверенно, нарушается координация движений ног (шагают, поднимаются на задние ноги, опрокидываются) → неподвижны, ноги поджаты под брюшко; при механическом раздражении двигают ногами и педипальпами или совсем неподвижны («ложная смерть») → неподвижны, ноги симметрично расставлены в стороны, смерть.

Помещенные в чистую воду после 48 час пребывания в растворах различной концентрации, все клещи с поджатыми ножками «оживают»,

с расправленными — уже не ожидают. У мертвых особей бледнеет окраска, наблюдается сильное набухание.

Анализируя симптомы отравления исследованных животных, можно отметить, что последовательность отдельных стадий при +2° и +20° не нарушается. При высоких температуре и концентрации процесс интоксикации наступает раньше и протекает более интенсивно. Из многочисленных симптомов отравления у насекомых и клещей можно выделить следующие основные фазы развития патологического процесса.

1. Повышение общей двигательной активности. У жуков и клопов наблюдается четко выраженная реакция избегания огравленной среды.

2. Судорожные движения, сопровождающиеся частичным нарушением координации движений.

3. Уменьшение подвижности в связи с параличом органов или участков тела, выполняющих локомоторную функцию.

4. Полная потеря двигательной активности, глубокий паралич, сопровождающийся трепетом мышц органов чувств (усиков, щупиков), плавательных конечностей или мышц туловища. Реагируют на раздражения судорожным подергиванием мускулов или отдельных органов.

5. Абсолютная неподвижность, организм не реагирует на внешние раздражения, смерть.

Наиболее характерные черты отравления насекомых и клещей совпадают с таковыми у рыб [1, 8, 12, 17]. Характеризуя симптомы отравления рыб и водных беспозвоночных, Е. А. Веселов [1] признает наличие в симптомокомплексе рыб первой фазы отравления «периода возбуждения» и отрицает выраженность этой фазы у беспозвоночных (простейших, ракообразных и насекомых). Автор считает первым симптомом отравления у насекомых «уменьшение подвижности». Между тем, полученный нами фактический материал свидетельствует в пользу наличия четко выраженной фазы повышенной общей двигательной возбудимости. Наличие этой фазы у ракообразных (дафний) подтверждают данные (неопубликованные) Л. А. Луферовой и Б. А. Флерова.

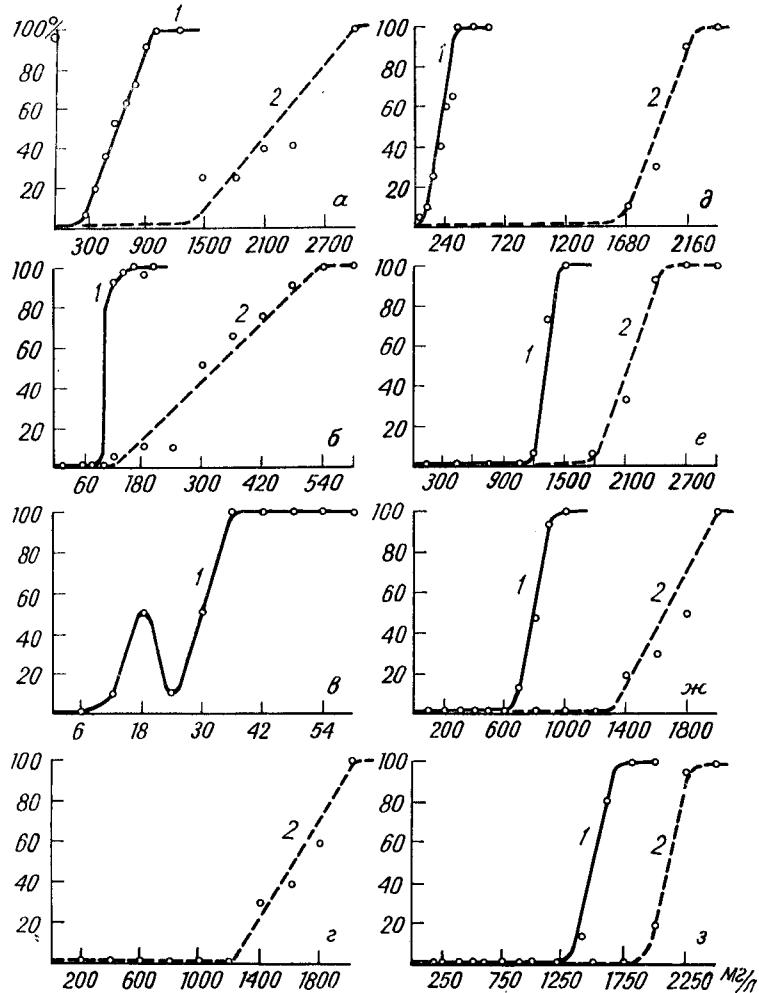
Приведенные данные относительно индивидуальной устойчивости насекомых и клещей в различных концентрациях фенола в зимний период (см. рисунок) показывают, что во всех случаях (за исключением в) кривые имеют S-образную форму, причем в условиях низких температур они смещаются вправо по оси абсцисс, что свидетельствует о большей устойчивости рассматриваемых животных в этих условиях.

Средняя смертность личинок поденки — *C. dipterum* при температуре +20° (см. рисунок, в) при действии фенола в концентрации 12 мг/л составляла 10%, при действии раствора фенола в концентрации 18 мг/л она поднялась до 50%, а при 24 мг/л снова упала до 10% и лишь потом стала возрастать. Иными словами, в некотором интервале более низкие концентрации яда для организмов токсичнее, чем более высокие. Эта особенность обнаруживается в опытах с малыми концентрациями фенола и небольшими интервалами между ними. С подобным феноменом приходилось встречаться и другим исследователям при изучении фенольного отравления карасей [8].

Обращает на себя внимание кривая гибели *S. striata*. В растворе с концентрациями фенола до 100 мг/л клопы ведут себя так же, как и в контроле: действия токсиканта не наблюдается. В концентрации 120 мг/л (интервал всего лишь 20 мг/л) все насекомые погибают практически одновременно. Это явление, по-видимому, можно объяснить чрезвычайной подвижностью вида, обусловленной повышенным метabolизмом. При помещении животных в летальные концентрации фенола, метаболизм протекает настолько быстро, что не успевают проявиться различия в их индивидуальной устойчивости. При пониженном метаболизме

болизме (температура +2°) различия в резистентности отдельных особей проявляются отчетливо.

Более или менее полные сведения о действии фенола на гидробионтов приведены лишь в литературе по рыбам и ракообразным. МПК



Кривые индивидуальной устойчивости водных насекомых и паукообразных к фенолу при температуре +20° (1) и +2° (2):
ось абсцисс — концентрация фенола, мг/л; ось ординат — число погибших животных, % исходного количества;
α — *Coelambus nevemlineatus*; δ — *Sigara striata*; β, ε — *Cloeon dipterum*;
δ — *Ordella mixima*; ε — *Chironomus plumosus*; ж — *Psectrocladius ex gr. psilopterus*; з — *Limnochares aquatica*.

для рыб находятся в пределах 5—25 мг/л [1, 8, 12, 17], для ракообразных — 10—60 мг/л (1, 17, неопубликованные данные Л. А. Луферовой и Б. А. Флерова).

Ниже (см. таблицу) приведены основные токсикологические характеристики (МПК, CL₁₀₀, CL₅₀) изученных видов водных насекомых и клещей при 48-часовой экспозиции. МПК для большинства исследованных водных насекомых находятся в пределах 100—1050 мг/л, и лишь у поденок их граница значительно ниже (6—50 мг/л). Водяные клещи — *L. aquatica* оказались устойчивее насекомых: МПК 1200 мг/л. Е. А. Ве-

селов [1] также отмечает значительную «стойкость» насекомых. Летальные концентрации для пяти видов насекомых и одного вида водяных клещей, упомянутых выше, определены им при разной продолжительности действия токсиканта (температура 17—21°). Разные сроки действия растворов, а главное — различие в сезоне проведения опытов позволяют лишь приблизительно сравнить данные, полученные нами и этим исследователем. Во всяком случае, между теми и другими противоречий нет. Устойчивость насекомых и клещей, как и других гидробионтов, в частности рыб [9], зимой должна быть выше, чем летом, что связано с сезонными особенностями метаболизма — пониженным уровнем обмена веществ в этот период. Но даже учитывая указанное обстоятельство, из наших данных уже сейчас вытекает, что устойчивость некоторых насекомых (личинок хирономид, жуков) и тем более клещей намного превосходит таковую рыб и ракообразных.

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°
<i>Coelambus novemlineatus</i>	1000	3000	580	2200	200	1200
<i>Sigara striata</i>	200	540	110	300	100	Менее 120
<i>Cloeon dipterum</i>	36	2000	30	1700	6	1200
<i>Ordella maxima</i>	350	2400	225	2000	Менее 50	1440
<i>Chironomus plumosus</i>	1500	2700	1320	2150	1050	1500
<i>Psectrocladius ex gr. psiloterus</i>	1000	2000	830	1800	600	1200
<i>Limnochares aquatica</i>	1800	2500	1500	2200	1200	1750

Полученные результаты обнаружили значительное различие в устойчивости исследованных животных к фенолу при разной температуре. При +20° величина CL₅₀ для насекомых колеблется от 30 до 1320 мг/л, для клещей составляет уже 1500 мг/л. Менее устойчивыми оказались личинки поденок (CL₅₀ 30 мг/л) и имаго клопов (CL₅₀ 110 мг/л). Большую устойчивость проявили личинки хирономид и имаго жуков (CL₅₀ 830, 1320, 580 мг/л). При температуре +2° резистентность насекомых и клещей возрастает в полтора—три раза, в отдельных случаях, например, у поденок, — в семь (*O. maxima*) и в 55 (*C. dipterum*) раз. Наибольшую устойчивость при +20° в наших опытах проявил клещ *L. aquatica*, при +2° — клещи и жуки (CL₅₀ 2200 мг/л).

Установлено различие в максимально переносимых концентрациях для отдельных насекомых, а также клещей зимой при температуре +2° и +20°. Если у личинок хирономид и клещей при +2° МПК в полтора-два раза превышают таковые при +20°, то у жуков они выше в шесть, а у личинок поденок в 28 и даже в 600 раз. МПК у имаго клопов равнозначны при той и другой температуре (CL₅₀ около 100 мг/л).

Различия в устойчивости исследованных видов при температуре +20° и +2° в наших опытах в одинаковой мере характеризуются с количественной стороны — как CL₅₀, так и CL₁₀₀ — и объясняются прежде всего повышенным метаболизмом при высокой температуре. Определенную роль в устойчивости насекомых играют свойства кутикулы (при повышенной температуре она становится более проницаемой [22, 25]), а также изменение двигательной активности. Чем ниже двигательная

активность насекомых, тем меньше яда они поглощают при контакте с субстратом (в данном случае с раствором) [10] и тем ниже процент гибели их.

Из исследованных нами насекомых наибольшая толщина кутикулы у жуков и клопов. Общий у них и тип дыхания (дышат атмосферным воздухом, поднимаясь для этого к поверхности воды). Однако CL₅₀ и CL₁₀₀ у клопов примерно в пять раз ниже, чем у жуков. Это можно объяснить разными двигательной активностью (первые значительно активнее вторых) и толщиной кутикулы (у клопов она меньше, чем у жуков). Из литературы известно, что толщина кутикулы у водных насекомых имеет решающее значение для проникновения растворенных в воде токсических веществ. Бимент [22] относит к насекомым с наиболее водонепроницаемой кутикулой жуков, нимф и имаго клопов, к насекомым с наиболее водопроницаемой кутикулой — нимф поденок и личинок жуков. Различаясь по толщине кутикулы, жуки и клопы в разной мере подвергаются воздействию фенола.

У личинок поденок тонкая, хорошо проницаемая кутикула и жаберный дыхательный аппарат. Из опытов Бимента [22] видно, что кутикула жабр водных насекомых более проницаема, чем кутикула других участков тела. При этом у одних насекомых проницаемость жабр изменяется с повышением или понижением температуры, у других — остается постоянной. Так, у *Sialis* кутикула жабр независимо от температуры более проницаема, чем кутикула тела; у нимф *Zygoptera* кутикула жабр более проницаема по сравнению с остальной кутикулой только лишь при низкой температуре. Куткомп [25] также обнаружил неоднородность проницаемости кутикулы различных участков тела у личинок комаров. Поместив личинок комаров *Aedes aegypti* в раствор меченого ДДТ, он установил, что при 10° количество поглощенного яда в голове, груди и брюшке составляло соответственно 12, 30 и 58%, а при 30° — 19, 50 и 31% общего поглощенного всей личинкой количества. Принимая это во внимание, можно объяснить и меньшую устойчивость личинок поденок из исследованных нами животных, и большую устойчивость *O. maxima* по сравнению с *C. dipterum*, так как у первых при прочих равных условиях четыре пары действующих жабр, у вторых — семь. Кроме того, личинки *C. dipterum* подвижнее *O. maxima*, что также способствует снижению резистентности.

Личинки хирономид, обладая сравнительно тонкой кутикулой, поглощают кислород, растворенный в воде, преимущественно поверхностью тела и дыхальцами. Есть у них и жабры, но очень маломощные, и в дыхательном процессе играющие незначительную роль. Такой тип дыхания говорит о примитивной организации их по сравнению с жуками, клопами, поденками и роднит их больше с водяными клещами, усваивающими кислород также всей кожей и стигмами. Простая организация личинок хирономид (в частности дыхательной системы), по-видимому, и явилась причиной их высокой резистентности. Из двух исследованных видов большая устойчивость обнаружена у *Ch. plumosus*. Присутствие в крови гемоглобина и общая приспособленность к загрязненной, малокислородной среде (обитают в иле) делает вид более резистентным к фенолу, чем *P. ex gr. psilopterus* (обитают на открытых группах, растениях, в хорошо аэрированных слоях воды).

Водяные клещи в филогенетическом отношении стоят на более низкой ступени развития, чем насекомые. Примитивен и процесс их дыхания, осуществляющийся всей поверхностью тела и стигмами. Примитивная организация этих животных вообще и чрезвычайно малая двигательная активность *L. aquatica* в частности обеспечили наибольшую резистентность их в наших опытах.

Все исследованные виды по устойчивости к фенолу можно расположить в следующий ряд: *L. aquatica* > *Ch. plumosus* > *P. ex gr. psilopterus* > *C. novemlineatus* > *S. striata* > *O. maxima* > *C. dipterum*.

Пользуюсь случаем выразить благодарность старшему научному сотруднику Б. А. Флерову за большую помощь в проведении настоящего исследования.

Выводы

1. Сравнительное изучение острой фенольной интоксикации некоторых видов водных насекомых и клещей (*Coelambus novemlineatus*, *Sigara striata*, *Cloeon dipterum*, *Ordella maxima*, *Chironomus plumosus*, *Psectrocladius ex gr. psilopterus*, *Limnochares aquatica*) позволило выделить в симптомокомплексе отравления их пять основных фаз: повышение общей двигательной активности; нарушение координации движений; паралич органов и участков тела, выполняющих локомоторную функцию; полная потеря двигательной активности; смерть.

2. Последовательность развития фаз интоксикации при температуре +2° и +20° не нарушается. При высоких температуре и концентрации процесс наступает раньше и протекает более интенсивно.

3. Кривые индивидуальной устойчивости исследованных животных (за исключением *C. dipterum* при температуре +20°) имеют S-образную форму.

4. Полученные МПК, CL₅₀, CL₁₀₀ для насекомых и клещей в зимний период при температуре +2° и +20° показывают, что устойчивость всех обследованных видов к фенолу при +2° значительно выше, чем при +20°.

5. По резистентности изученные виды насекомых и клещей можно расположить в следующий ряд: *L. aquatica* > *Ch. plumosus* > *P. ex gr. psilopterus* > *C. novemlineatus* > *S. striata* > *O. maxima* > *C. dipterum*.

6. Устойчивость водных насекомых и клещей к фенолу зависит от их морфо-физиологических особенностей и экологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Веселов Е. А. 1956. Токсическое действие фенолов на рыб и водных беспозвоночных. «Уч. зап. Петрозавод. ун-та», 7, 3.
2. Гагарин В. Г. 1957. Отмирание и восстановление раккового планктона и бентоса в озерах при химической обработке. В сб.: «Озерн. и пруд. хоз. в Сибири и на Урале», Тюмень.
3. Гилмур Д. 1968. Метаболизм насекомых. Изд-во «Мир», М.
4. Гусев А. Г., Драгулин М. Г., Мозевич М. В., Подоба Э. П. 1952. Влияние сточных вод гидролизной промышленности на водоемы, водные организмы и мониторинг ихброса. «Изв. ВНИОРХ», 31, 1.
5. Дербенева-Ухова В. П., Шрейбер М. И., Линева В. А., Никифорова А. В. 1957. Опыт организации санитарной очистки и борьбы с мухами в г. Орехово-Зуево, М.
6. Левлиев П. Я. 1957. Опыт применения ДДТ и ГХЦГ в Таджикистане и приобретение устойчивости к этим инсектицидам у *Musca domestica vicina*. Автореф. дисс., Ташкент.
7. Литвинцев А. Н. 1967. Влияние сточных вод гидролизного завода на бентос р. Оки (приток Ангары). «Гидробиол. ж.», 3, 4.
8. 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.—Л.
9. Их же. 1964. Влияние сезонного фактора на токсикорезистентность рыб. «Вопр. ихтиол.», 4, 1 (30).

10. Лучникова Е. М. 1964. Двигательная активность насекомых как фактор поведенческой устойчивости к инсектицидам. В сб.: «Иссл. по генет.», 2, ЛГУ.
11. Никишина Е. Ф., Ракитянский В. И. 1967. Влияние сточных вод на формирование биоценозов малых рек. «Уч. зап. Смоленск. гос. пед. ин-та», 17.
12. Пажитков А. Т. 1937. К вопросу о влиянии «фенольных» сточных вод на рыб. Уч. зап. МГУ, 3, серия биол.
13. Приобретение насекомыми и клещами устойчивости к ядам. 1959. (Сб. ст. под ред. Б. И. Рукавишникова), ИЛ, М.
14. Рукавишников Б. И. 1958. Приобретение насекомыми и клещами устойчивости к ядохимикатам. В сб.: «Хим. средства защиты раст.», 6.
15. Строганов Н. С., Пажитков А. Т. 1941. Действие сточных промышленных вод на водные организмы. Уч. зап. МГУ, 60, кн. 4.
16. Таусон А. О. 1947. Ядовитое действие отдельных компонентов сточных вод на рыб и некоторых водных беспозвоночных. «Уч. зап. Молотовск. гос. ун-та им. А. М. Горького», 6, 1.
17. Чистяков Г. К. 1941. Фенол. В сб.: «Допуст. концентр. ядовитых веществ в водоемах», Госстройиздат.
18. Щербани Э. П. 1968. Влияние альготоксических концентраций атразина на личинок водных насекомых. В сб.: «Сан. гидробиол. и водн. токсиол.», 2, «Зиннатнех», Рига.
19. Andres L. A., Reynold H. T. 1958. Laboratory Determination of Organophosphorus Insecticide Resistance in Three Species of *Tetranychus* on Cotton. «J. Econ. Ent.», 51 (3), (285—287).
20. Ascher K. P. S. 1955. Insect-resistance to Dieldrin. A Survey of the Literature. «Riv. parassitol.», 16 (1), (31—40).
21. Ascher K. P. S. 1957. Enhanced Susceptibility of a DDT-resistant Strain of House-flies Towards Alkyl and Aryl, Bromacetates. «Riv. parassitol.», 18 (3). (185—197).
22. Beaumont I. W. L. 1961. The waterproofing mechanism of arthropods. 2. The permeability of cuticle of some aquatic insects. «J. Exptl. Biol.», 38, 2 (277—290).
23. Brown A. W. A. 1957. Insecticide-resistance and Darwinism. «Scient. Insect. Control.», 22 (277—282).
24. Crow J. F. 1957. Genetics of Insect Resistance to Chemicals. «Ann. Rev. Ent.», 2 (227—246).
25. Cutkomp L. K. 1968. Uptake of isotopically labelled insecticides in relation to temperature and other physical factors. «Isotopes and Radiat Entomol.», Vienna (179—184).
26. Grant C. D. 1967. Effect on aquatic insects of forest spraying with phosphamidon in New Brunswick. «J. Fish. Res. Board, Canada», 24, 4 (823—832).
27. Grant C. D., Brown A. W. A. 1967. Development of DDT-resistance in certain mayflies in New Brunswick. «Canad. Entomologist», 99, 10 (1040—1050).
28. Hastings E., Kittams W. H., Pepper J. H. 1961. Repopulation by aquatic insects in streams sprayed with DDT. «Ann. Entomol. Soc. America», 54, 3 (436—437).
29. Hopkins C. L., Brewerton H. V., Mc Grath H. I. W. 1966. The effect on a stream fauna of an aerial application of DDT prills to pasture land. N. Z. J. Sci., 9, 1 (236—248).
30. Ide F. P. 1967. Effect of forest spraying with DDT on aquatic insects of salmon streams in New Brunswick. «J. Fish. Res. Board Canada», 24, 4 (769—805).
31. Lüdemann D., Kaiser H. 1966. Beiträge zur Toxizität von Herbiziden auf die Lebensgemeinschaft der Gewässer. Teil. 2. «Fischnährtiere Gas- und Wasserfach.», 107, 10 (256—260).
32. Quarterman K. D. a. Schoof H. F. 1958. The Status of Insecticide Resistance in Arthropods of Public Health Importance in 1956. «Am. J. Trop. Med. Hyg.», 7 (1), (74—83).
33. Reiff M. 1956. Einige Befunde über die Selektionsprozesse bei der Entwicklung der Insektizidresistenz. «Rev. Suisse Zool.», 63.
34. Reiff M. 1958. Über unspezifische Abwehrreaktionen bei polyvalent resistanten Fliegenstämmen. «Rev. Suisse Zool.», 65 (2), (411—418).
35. Walker C. R. 1965. Diuron, fenuron, monuron, neburon, and TCA mixtures as aquatic herbicides in fish habitats. «Weeds», 13, 4 (297—301).
36. Wiesmann R., Reiff M. 1956. Untersuchungen über die Bedeutung der Lipide bei der Insektizidresistenz von *Musca domestica* L. «Verhandl. Naturf. Ges. Basel.», 67 (2), (311—340).
37. Wiesmann R. 1957. Das Problem der Insektizidresistenz. «Anz. Schadlingskunde», 30 (1), (2—7).

Поступала 7. VII 1969 г.