

УДК 574.58:574.52:57.084.5

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ДЕФОРМАЦИИ КОМАРОВ-ЗВОНЦОВ DIPTERA, CHIRONOMIDAE В СВЯЗИ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ ВОДОЕМОВ

© 2002 г. Л. Б. Назарова

Казанский государственный университет

Рассмотрены морфологические деформации личинок хирономид как сублетальная реакция биоты на присутствие в водных экосистемах поллютантов – тяжелых металлов, пестицидов и СПАВ. Приведены дополнительные доказательства антропогенного происхождения деформаций у личинок хирономид, полученные сопоставлением палеонтологического и современного материала с многолетними данными по химическому загрязнению грунтов. Исследовано действие ряда абиотических и биотических факторов на появление морфологических деформаций. Проведен обзор ряда экспериментальных работ по индукции деформаций, влиянию концентрации поллютантов на проявление и типы деформаций, рассмотрены методические проблемы изучения морфологических деформаций личинок хирономид и перспективные направления исследований.

### ВВЕДЕНИЕ

С начала 70-х годов много внимания уделяется изучению влияния химического загрязнения водных экосистем на фенотипическую изменчивость популяций гидробионтов (в частности, хирономид) и появление особей с явно выраженными морфологическими нарушениями и деформациями различных структур тела. Несмотря на то, что изучение морфологических деформаций – одно из наиболее активно развивающихся за рубежом направлений гидробиологии и токсикологии, обращает на себя внимание то, что влияние целого ряда биотических и абиотических факторов на морфологические структуры личинок хирономид не изучено. В России подобные специальные исследования до сих пор единичны (табл. 1, 2). В настоящей работе проведено обобщение и дан анализ накопленного опыта, представлен обзор литературных и собственных данных по воздействию химических соединений на морфологию личинок хирономид в природных популяциях и экспериментальных условиях, а также обсуждены перспективные направления дальнейших исследований в этой области.

### ПРИЧИНЫ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Общепринято в настоящее время данное Варвиком [49] определение морфологических деформаций, как любых морфологических черт, отличающихся от нормальной конфигурации, за исключением аномалий строения, вызванных механическим воздействием грунта. Рядом авторов было показано, что появление деформаций в остатках головных капсул хирономид совпадает с началом “химического века”, а частота деформа-

ций ротового аппарата современных хирономид выше, чем в ископаемых сообществах. Так, по данным Варвика, в современных популяциях хирономид оз. Онтарио по сравнению с ископаемыми наблюдается двадцатикратное увеличение частоты деформаций [45]. В других исследованиях приводятся сходные величины [26, 56].

Анализ палеонтологического материала позволил установить уровень природного фона количества деформаций в ориктоценозах в пределах 0–0.8% [46, 56]. В слабозагрязненных областях, используемых в качестве фона при полевых исследованиях, количество деформаций по данным разных авторов варьирует в пределах 0–8% [7, 11, 12, 31, 39, 48, 56]. К настоящему времени появление таких нарушений (деформаций) в количествах, превышающих естественный природный фон, однозначно связывается с поллютантами, присутствующими в местах сбора личинок хирономид [18, 35, 51].

В качестве причин возникновения деформаций исследователями рассматриваются в основном тяжелые металлы, пестициды и СПАВы. Связи между появлением деформаций и органической нагрузкой на водоемы авторами не обнаружено [18, 19, 29, 34]. В табл. 1 представлены данные о ксенобиотиках, присутствующих в местах, где наблюдалось повышенное количество деформаций у личинок родов *Chironomus* и *Procladius*. Сопоставление палеонтологического и современного материала с многолетними данными по химическому загрязнению грунтов служит дополнительным доказательством антропогенного происхождения деформаций у личинок хирономид.

**Таблица 1.** Поллютанты, вызывающие появление морфологических нарушений

Поллютанты	Морфологические нарушения*	Районы исследований	Автор
1	2	3	4
Промышленное загрязнение	Р, УГ	оз. Оканаган и оз. Скаха (Канада)	[36]
Промышленно-сельскохозяйственное загрязнение	Р, ГП, УГ	оз. Эри (Канада); оз. Оканаган и Скаха (Канада)	[18]
Промышленное загрязнение	Р	Парри Саунд, (Канада)	[19]
Промышленное загрязнение (тяжелые металлы)	Р	Тетловканал (Берлин, Германия)	[27]
Промышленно-сельскохозяйственное загрязнение	Р	Бухта Квинт, оз. Онтарио (Канада)	[45, 46]
Pb, Hg, As, Co, цианиды, пестициды, альдрин	Р	оз. Паскуа (Канада)	[47]
Тяжелые металлы	Р	12 озер (Швеция)	[56]
Тяжелые металлы и органические микрополлютанты	Р	Бассейн р. Рейн (Нидерланды)	[40]
Промышленно-сельскохозяйственное загрязнение	А	оз. Тобин (Канада)	[48]
Тяжелые металлы, радионуклиды (U, Th) и повышенная температура воды	Р	Порт Хоуп Харбор (Канада)	[54]
Промышленно-сельскохозяйственное загрязнение	Р, А	оз. Тобин (Канада)	[55]
Pb, Cu, Zn, Hg, As, пестициды	Р	р. Мюррей и Дарлинг (Австралия)	[35]
Cu, Cd, Zn	Р	р. Доммел (Нидерланды)	[39]
Тяжелые металлы, радионуклиды, сельскохозяйственные, бытовые стоки	Р, А	Западная и восточная Канада	[50]
Промышленно-сельскохозяйственное и бытовое загрязнение	Р	Бассейн р. Ниагара (Канада)	[12]
Нефтехимическое загрязнение: Pb, Hg. Бензин и его производные. Пестициды	Р, А	р. Сент-Клэр (Канада)	[11]
Cu, Cd, Hg, As, пестициды и бытовые сточные воды	Р, А	Бассейн р. Святого Лаврентия (Канада)	[51, 53]
Cd, Pb, Cu, Hg, Zn, Ni, As, Cr, Co, пестициды и радионуклиды	(U, Th)	р. Святого Лаврентия, Порт Хоуп Харбор, оз. Сент Индиан, оз. Тобин и Ласт Маунтин (Канада)	[52]
Пестициды	Р	Бассейн р. Ниагара и оз. Гурон (Канада)	[13]
Тяжелые металлы (Cu, Pb), пестициды	Р	р. Диле (Бельгия)	[23]
Cd, Pb, Cu, Hg	Р	оз. Воссимер (Нидерланды)	[41]
Тяжелые металлы и гидрокарбонаты	Р	р. Буффало (США)	[14]
Отходы текстильной и легкой промышленности, сельскохозяйственное загрязнение и бытовые сточные воды	Р, А	р. Ямаска (Канада)	[7]
Промышленно-сельскохозяйственное загрязнение	Р, А	р. Найроби (Кения)	[24]
Бытовые стоки	Р	р. Сестра (Московская область, Россия)	[38]
Ацидификация	Р, ДЗ	Озера Дарвинского заповедника (Вологодская область, Россия)	[5]
Тяжелые металлы	Р, ГП	Заинское водохранилище, (Татарстан, Россия)	[31]
Промышленные и бытовые стоки	Р	р. Чапаевка (Самарская область, Россия)	[1]
Тяжелые металлы, флотореагенты	А, Р	Губа Чупа (Карелия, Россия)	[58]

Таблица 1. Окончание

1	2	3	4
Тяжелые металлы (Cd, Pb, Cu, Zn, Hg), сельскохозяйственное загрязнение и бытовые сточные воды	P	3 реки (Дания)	[43]
Тяжелые металлы, комплексное загрязнение	P, ГП	оз. Кабан (Казань, Россия)	[3]
Тяжелые металлы, сельскохозяйственное загрязнение и бытовые сточные воды	P, ГП	Чебоксарское водохранилище (Россия)	[4]
Тяжелые металлы, сельскохозяйственное загрязнение и бытовые сточные воды	P, ГП	Куйбышевское водохранилище (Россия)	[33]

\* Условные обозначения сокращений типов морфологических нарушений:

A – деформации антенн; P – деформации ротового аппарата; ГП – гипер/гипопигментация головной капсулы; ДЗ – деформации структур задней части тела (задние подталкиватели, отростки, коготки); УГ – утолщения головной капсулы и/или стенок тела.

Таблица 2. Результаты некоторых токсикологических экспериментов по изучению морфологических деформаций личинок хирономид

Вещество	Концентрации поллютантов	Тест-вид	Деформации*	Мах., %	Дозозависимость
Cu [28]	21, 878, 1808, 2636 мг/кг	Ch. decorus	Эпифарингеальная пластинка	62	П
Cu [22]	0, 10, 100 мг/л	Ch. riparius	Ментум, мандибулы, эпифарингеальная пластинка и антенны	28	П
Cu [2]	0.02, 0.1, 1, 5 мг/л	Ch. riparius	Пролом ментума (Koehn gap) Ментум, мандибулы эпифарингеальная пластинка и антенны, нарушения пигментации	6.5 10–40	П П
Cd [22]	0, 3, 9, 27 мг/л	Ch. riparius	Ментум (небольшая щель в медиальном зубце)	11	П
			Ментум (большая щель в медиальном зубце)	13	П
			Мандибулы (отсутствие зубцов)	3.5	(П)
			Премандибулы	3.5	Н
Zn [22]	0, 10, 100 мг/л	Ch. riparius	Ментум (щель в медиальном зубце)	30	Н
			Ментум (добавочный зубец)	3	(П)
			Эп. пластинка	11	(П)
			Премандибулы	7	П
			Антенны	8	(П)
ДДЭ [18]	1, 10 мг/л	Ch. tentans	“Тяжело деформированные”	<10	
ДДЭ [48]	1, 5, 10, 15, 20 мг/л	Ch. tentans	Антенны	25	Н
ДДТ [31]	0, 1, 5 10 мг/л	Chironomus sp.	Ментум	60	П
Dacthal [31]	0, 0, 2, 2, 10, 100 мг/л	Chironomus sp.	Ментум	17	О
			Антенны	18	Н
Минеральн.масл [10]	0, 15, 75, 375 мг/м <sup>3</sup>	Ch. decorus	Ментум (медиальная деформация)	1.9	П
Ксилен [22]	0, 10, 100 мл/л	Ch. riparius	Ментум	33.3	П
Ингибиторы холинэстеразы [32]	0.01–0.5 мг/л	Ch. riparius	Ментум, мандибулы, нарушения пигментации	100	П

Примечание. \* Номенклатура по Сэтеру [37], Варвику и Тисдале [56].

Мах. % – максимальный процент деформированных личинок.

Дозозависимость: П – позитивная, Н – негативная, О – отсутствие; скобки используются, чтобы показать слабую зависимость.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ ПО ИНДУКЦИИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

Обзор некоторых экспериментальных работ, концентрации исследованных в опытах поллютантов, наличие и типы деформаций представлены в табл. 2.

Искусственно вызванные деформации чаще всего слабее и количество их меньше, чем в природных популяциях из загрязненных мест [22]. Тем не менее, высокий уровень смертности в большинстве экспериментов показывает, что это нельзя объяснить снижением биодоступности поллютантов [16]. Важную роль в индукции деформаций может играть комбинация физических, химических и биологических параметров среды [12, 24, 42].

### ПОЛЛЮТАНТ-СПЕЦИФИЧНОСТЬ ДЕФОРМАЦИЙ

Поскольку возможные вариации деформаций хирономид крайне разнообразны [51, 55], было предположено [18], что отдельные типы деформаций могут быть вызваны определенными поллютантами. Исследования более 20 бельгийских равнинных рек [20, 21, 23] показали, что некоторые типы деформаций имели значительную корреляцию с концентрацией поллютантов, хотя большинство деформаций были поллютант-аспецифичны. Появление различных типов деформаций зависело от типов загрязнения. Проломы ментума (так называемые Koehn gaps) обнаруживались везде, где были стоки, содержащие тяжелые металлы, и редко отмечались в местах бытовых и сельскохозяйственных стоков. Это позволило предположить, что проломы ментума являются специфической морфологической реакцией на присутствие в грунтах тяжелых металлов, что согласуется с данными других исследователей [22, 27].

Большинство других видов деформаций являлись поллютант-аспецифичными и обнаруживались во всех точках исследований. Это подтверждают и лабораторные данные: некоторые аспецифичные деформации (например, щель в медиальном зубце ментума) были экспериментально получены как в опытах с хлорорганическими пестицидами [31], так и с тяжелыми металлами [22]. Специфичность деформаций по отношению к поллютантам их вызывающим может оказаться важной при идентификации определенных веществ в донных отложениях при аналитических исследованиях. Для полного подтверждения данной гипотезы необходимо дальнейшее проведение экспериментальных работ по индукции деформаций.

### ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОЯВЛЕНИЕ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ

*Абиотические факторы.* В качестве причин возникновения деформаций личинок хирономид в настоящее время рассматриваются в первую очередь тяжелые металлы и некоторые органические вещества (пестициды, СПАВы). Температура воды также может являться фактором, способствующим возникновению морфологических деформаций. В ставшей уже классической работе Кёна и Франка [27] по исследованию уровня тератогенеза в популяциях хирономид Тетловканала отмечается, в частности, что наивысшая частота деформаций (32.2 и 37.6%) была зафиксирована в местах с максимальными летними температурами (+27°C), т.е. в районах сбросов охлаждающих вод. Прямой корреляции между температурой воды и частотой деформаций не было обнаружено, а некоторая связь, если и существовала, усложнялась наличием стоков, загрязняющих канал тяжелыми металлами.

Подобные наблюдения приводятся часто [9, 49], но, по-видимому, температурные условия сами по себе не являются фактором, вызывающим морфологические аномалии. Скорее всего, экстремальные температурные условия выступают дополнительным стрессирующим фактором, усиливающим или ослабляющим действие химического загрязнения. Наши наблюдения на водоемоохладителе Заинской ГРЭС показали, что частота деформаций несколько выше в зоне сброса охлаждающих вод, однако, отличия математически недостоверны.

Варвик [49] отмечает, что кроме химического загрязнения и температурного фактора в мелководных водоемах в возникновении деформаций определенную роль возможно играют ультрафиолетовая радиация и соленость. А при определенных обстоятельствах такие факторы как дефицит кислорода, изменение глубины воды, эрозия, осаждение минеральных соединений могут, вероятно, также индуцировать появление деформаций.

Трофический статус водоема также может усугубить действие загрязнения на хирономидное сообщество. В высокоэвтрофных водоемах с пониженным содержанием растворенного кислорода присутствие даже небольшого количества токсических веществ может оказать непропорционально тяжелое влияние. Подобная картина может наблюдаться и в высокоширотных озерах с продолжительным периодом ледостава.

*Биологические факторы.* Большое количество абиотических факторов способно теоретически вызвать в хирономидном сообществе стресс достаточно серьезный, чтобы индуцировать появление морфологических деформаций. Однако на уровень тератогенеза могут воздействовать и биологические факторы (возраст личинок, ста-

дии жизненного цикла, инвазии и другие), ослабляя или усиливая действие абиотических факторов. О появлении деформаций на разных стадиях жизненного цикла имеется крайне мало информации, но большинство их отмечается в IV возрасте. Возможно, это – только следствие существующей техники отбора проб, которая направлена главным образом на сбор личинок III и IV возрастов. Недавними экспериментальными исследованиями по индивидуальному выведению личинок *Chironomus riparius* IV возраста из личинок III возраста [44] показано, что количество деформаций после линьки в целом остается на том же уровне. Зависимости между количеством деформаций и абразивных нарушений при смене возрастов обнаружено не было.

Время отбора проб также может влиять на общую картину частоты обнаружения деформаций. Если пробы отбирали вскоре после лета хирономид, количественная оценка популяции может быть значительно занижена. Оставшиеся же особи могут представлять физиологически ослабленных членов популяции с замедленным метаморфозом, или тех, которые вовсе не способны его завершить [40].

Некоторые роды хирономид, по-видимому, более чем другие предрасположены к появлению деформаций. Из таких родов отмечаются *Chironomus* [49, 56] и *Procladius* [40, 50]. Деформации часты и у многих других видов, но достаточных оснований выделить морфологически чувствительные виды таксономически или по способу питания до сих пор нет. Харе и Картер [19] утверждали, что виды, которые не проявляют какого-либо физического отклика на загрязнение, могут отвечать другим образом: возможно имеют место отклики физиологической или поведенческой природы.

Неизвестно влияние инвазий на морфологию личинок хирономид. У взрослых комаров заражение мерметидами может вызывать морфологические и анатомические аномалии [6, 37, 57]. Процент зараженности может быть достаточно высок и на личиночной стадии, а влияние инвазии настолько серьезно, что ведет к смерти личинки-хозяина. Это безусловно подтверждает необходимость проведения исследований влияния мерметид как на общую резистентность хирономид, так и на состояние морфологических структур их личинок [15].

#### МЕТОДИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ЛИЧИНОК ХИРОНОМИД

Существенный фактор, влияющий на общую оценку воздействия факторов среды на морфоло-

гию личинок хирономид, – точность интерпретации исследователями полученных результатов. Большинству ранних работ в этой области мешали несоответствия или неточности в технике изготовления препаратов, отсутствие единого подхода, в рамках которого широкий ряд деформаций мог быть обнаружен и оценен, а также отсутствие точного определения самого понятия деформации.

По данным Варвика [49], Гамильтон и Сэтер [18] не смогли точно оценить значение своих экспериментальных работ, поскольку техника изготовления препаратов не позволяла рассматривать тонкие морфологические детали. Препараты личинок хирономид изготавливались традиционным методом с сохранением формы тела и головы. Кроме того, препараты были слишком толстыми для исследования под большим увеличением, и интерпретация состояния тонких морфологических структур сильно затруднялась недостаточной глубиной и четкостью изображения.

Экспериментальные работы Кушмана [10] по воздействию синтетических масел на популяции *Ch. decorus*, вероятно, страдали от тех же самых проблем. Его слова о том, что ментум использовался в исследованиях, поскольку “он был хорошо видим практически у всех отпрепарированных личинок”, свидетельствуют, что техника изготовления препаратов была не достаточно точной для детального анализа материала. То же самое, видимо, можно сказать и о многих других работах. К сожалению, методики часто описывались недостаточно точно, чтобы можно было сравнивать их напрямую.

Морфологические деформации личинок хирономид упоминаются в литературе, как факт, указывающий на загрязнение. Необходимо дальнейшее проведение полевых исследований природных водоемов с разным уровнем антропогенной нагрузки для проверки выдвигаемых гипотез и расширения базы данных по возможным вариациям деформаций разных морфологических структур. В идеале эти исследования должны сопровождаться измерениями уровня стрессового воздействия на сообщество. Уровень тератогенеза также должен определяться и в незагрязненных местах для уточнения фонового значения количества деформаций в популяциях, не подвергавшихся антропогенному воздействию. Такие исследования должны охватывать места с разным уровнем продуктивности для оценки влияния трофического статуса водоема.

Важны также исследования по выяснению роли таких факторов жизненного цикла, как условия лета, дифференциация поколений, возрастная восприимчивость, физиологический статус, меж- и внутривидовые различия. Все полевые исследования должны включать как можно больше

традиционных измерений – численности, биомассы, видового разнообразия сопутствующего бентического сообщества. В дальнейшем возможно использование этой информации в комплексных показателях, которые значительно повысят точность биологического мониторинга.

Кроме того, должны изучаться механизмы, или процессы, посредством которых химические соединения оказывают тот или иной эффект, а также влияние химических соединений на хромосомные и гистохимические структуры [8, 32].

Экспериментальные работы, также нуждаются в расширении, поскольку в настоящее время данные по индукции деформаций хирономид в лабораторных условиях недостаточны, а иногда и противоречивы. Исследования с медью хорошо демонстрируют это (табл. 2): лишь в двух из трех приведенных случаев наблюдалась дозозависимость между концентрацией меди и количеством деформированных особей, а максимальный процент деформаций варьировал от 6,5 до 62%. Несогласованность результатов объясняется разными условиями эксперимента: температурой, физическими характеристиками воды (жесткость, pH и др.), источниками поллютантов (субстрат, вода), разными тест-видами, состоянии лабораторных культур, возрастными стадиями, с которыми проводились эксперименты (яйца или личинки). Кроме того, схема построения экспериментов зачастую ограничивается малым количеством исследуемых концентраций и повторов “опыт–контроль”.

Все это ставит на передний план задачу максимально возможной при работе с биологическими объектами унификации исходных экспериментальных параметров, среди которых наиболее важны, на наш взгляд, используемый тест-вид, возрастная стадия в момент начала эксперимента, длительность экспозиции, обилие корма и достаточность аэрации. При этом выбор условий, конечно, должен быть обусловлен исследуемой тест-функцией и конечными целями эксперимента.

Простые двухфакторные эксперименты необходимы для уточнения влияния отдельных химических веществ или соединений на морфологию личинок в качестве базы для последующих более тонких многофакторных экспериментов по изучению биоаккумуляционного эффекта, значения времени экспозиции в тестировании, наследования деформаций и влияния поллютантов на генетический аппарат гидробионтов.

При дальнейшем планировании исследований по изучению причин возникновения морфологических аномалий необходимо особое внимание уделять температурным условиям среды, поскольку только в экспериментальных условиях возможно искусственное выделение температурного фактора среди всего многообразия экологи-

ческих факторов, влияющих на исследуемые организмы. Открытым на сегодняшний день остается и вопрос влияния кислородного режима, типа пищи и ее доступности, а также типа субстрата на тератогенный эффект поллютантов.

Выявленная поллютант-специфичность морфологических откликов может быть важна для идентификации химических веществ или классов соединений в загрязненной среде. Но, принимая во внимание сложность химического состава природных вод, загрязняемых одновременно большим количеством поллютантов разной природы, мы можем предположить, что причина повышенного уровня деформаций – скорее не влияние отдельных веществ, а их комплексное действие. Этим может объясняться и разница результатов полевых и лабораторных исследований [12, 18, 24], в которых делались попытки выявления однофакторных зависимостей между количеством деформаций и концентрацией определенного вещества в воде или донных отложениях.

Количество деформаций довольно просто подсчитать, но сложно оценить общий отклик сообщества, поскольку тяжесть и множественность деформаций отдельных личинок иногда более важна, чем частота этих случаев. На сегодняшний день существует несколько систем оценки качества вод, основанных на учете “тяжести” морфологических деформаций [11, 22, 29, 48, 52], но, по всей видимости, наиболее информативным и объективным [17] критерием остается простой количественный учет особей с морфологическими отклонениями. Тем не менее, работы по созданию новых систем оценки состояния водных объектов по качественным составляющим морфологических реакций гидробионтов требуют своего продолжения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Широкий спектр существующих на сегодняшний день проблем в области изучения морфологических деформаций личинок хирономид еще раз подчеркивает необходимость расширения исследований на водоемах с различными степенью и типом антропогенной нагрузки, дальнейшего проведения экспериментов по определению воздействия поллютантов на морфологию личинок хирономид, а также работ, направленных на унификацию существующих методов полевых и лабораторных исследований и интерпретацию полученных результатов, с тем, чтобы деформации могли более активно использоваться в экологических исследованиях. В связи с этим автором с благодарностью будет принята любая информация, касающаяся находок деформированных хирономид в природных водоемах, и предложения о сотрудничестве в области экспериментальной токсикологии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зинченко Т.Д., Головатюк Л.В., Марченко Н.А. // Экологическая безопасность и устойчивое развитие Самарской области. Вып. 3. Тольятти. 1997. С. 124.
2. Назарова Л.Б., Латыпова В.Э., Тухватуллина Л.Г. // Токсикологический вестник. 1999. № 3. С. 30.
3. Назарова Л.Б., Латыпова В.Э. // Материалы IV республиканской конференции "Актуальные экологические проблемы РТ". Казань: Новое знание, 2000. С. 67.
4. Назарова Л.Б., Семенов В.Ф., Сабиров Р.М., Ефимов И.Ю. // Материалы научно-практической конференции "День воды". Йошкар-Ола, 2001. С. 84.
5. Скальская И.А. // Структура и функционирование экосистем кислотных озер. Труды ИБВВ. М.: Наука. 1994. Вып. 70(73). С. 170.
6. Aagard K. // Nord. Entomol. Tidsskr. 1974. № 21. P. 11.
7. Bird G.A. // Environmental Monitoring and Assessment. 1994. V. 30. P. 163.
8. Ciborowski J.J.H., Hudson L.A., Whyte J.J. // Department of Fisheries and Oceans. Ottawa: ON Canada. 1995. № 1942. P. 369.
9. Cook W. and Veal D. // Environ. Pollut. Ser. A33. 1984. P. 163.
10. Cushman R.M. // Freshwater Biology. 1984. V. 41. P. 179.
11. Dermott R.M. // Hydrobiologia. 1991. V. 219. P. 171.
12. Dickman M., Brindle I. & Benson M. // J. Great Lakes Res. 1992. V. 18(3). P. 467.
13. Dickman M., Lan Q. and Matthews B. // Wat. Pol. Res. J. Can. 1990. V. 24. P. 47.
14. Diggins T.P. and Stewart K.M. // J. Great Lakes Res. 1993. V. 19(4). P. 648.
15. Golini V.I. and Corliss J.O. // Trans. Am. Microsc. Soc. 1980. V. 100(1). P. 89.
16. Grootelaar E.M.M., van de Guchte C., Kerkum F.C.M. and van Urk G. // Chironomiden-studiedag, 23 December, University of Amsterdam, Amsterdam, The Netherlands. 1988. P. 77.
17. Hamalainen H. // Ann. Zool. Fennici. 1999. V. 36. P. 179.
18. Hamilton A.L. and Saether O.A. // Can. Entomologist. 1971. V. 103. P. 363.
19. Hare L. & Carter J.C.H. // Can. J. Zool. 1976. V. 54. P. 2129.
20. Janssens de Bisthoven L. // Symp. Invertebrates of Belgium, 25–26 November. Brussels, 1988. P. 56.
21. Janssens de Bisthoven L. // Belg. J. Zool. 1990. V. 120. P. 191.
22. Janssens de Bisthoven L. PhD thesis. Kuleuven, 1995. 188 p.
23. Janssens de Bisthoven L., Huysmans C., and Ollevier F. // Chironomidae: from Genes to Ecosystems / Cranston P.S. (ed.) Canberra: CSIRO-publication, 1995. P. 63.
24. Janssens de Bisthoven L., Timmermans K.R. and Ollevier F. // Hydrobiologia. 1992. V. 239. P. 141.
25. Janssens de Bisthoven L. and Van Speybroeck D. // Verh. Internat. Verein. Limnol. 1994. V. 25. P. 2485.
26. Klink A. // Meded. Hydrobiol. Adviesburo K. Wagenin-gen Rapp. 1984. № 12. P. 1.
27. Kohn T. & Frank C. // Chironomidae. Ecology, Systematics, Cytology and Physiology / ed. D. A. Murray. Oxford: Pergamon Press, 1980. P. 187.
28. Kosalwat P. and Knight A.W. // Arh. Environ. Contam. Toxicol. 1987. V. 16. P. 283.
29. Lenat D.R. // J. of the North American Benthological Society. 1993. V. 12. P. 265.
30. Madden C.P., Austin A.D. and Suter P.J. // Chironomids: from Genes to Ecosystems / Cranston P.S. (ed.). Canberra: CSIRO publication, 1995. P. 89.
31. Madden C.P., Suter P.J., Nicholson, B.C. and Austin A.D. // Neth. J. Aquat. Ecol. 1992. V. 26. P. 551.
32. Nazarova L. // 13th International Symposium on Chironomidae. Freiburg, 1997. P. 87.
33. Nazarova L. // Chironomus. Newsletter of Chironomid research. ISSN 0172-1941. № 13. September, 2000. P. 7.
34. Nazarova L.B., Govorkova L.K., Sabirov R.M., Lатыпова В.Э. // Applied Ecology and Radiology. 2001. V. 7. № 2. P. 22.
35. Nguyen Thi Hong L. M.Sc. Thesis. University of Ghent, Belgium. 1992. 160 p.
36. Pettigrove V. // Hydrobiologia. 1989. V. 179. P. 11.
37. Saether O.E. // Can. Fish. Mar. Serv. Techn. Rep. 1970. V. 196. P. 1.
38. Saether O.A. and Galloway T.D. // Acta Univer. Carol. Biol. 1980. P. 193.
39. Sokolova N.U., Paliy A.V., Izvekova B.I. // 11-th International Symposium on Chironomidae. 12–14 August 1991, Amsterdam. The Netherlands. P. 509.
40. Van de Guthe C. & van Urk G. // Heavy Metals in the Environment, 7<sup>th</sup> Int. Conf. 12–18 September 1989. Geneve, 1989. P. 56.
41. Van Urk C., Kerkum F.C.M. and Smit H. // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1992. 49. P. 2291.
42. Van Urk C., Kerkum F.C.M. and Wiersma S.M. // Water. 1985. V. 18. P. 509.
43. Vermeulen A.C. // Ann. Zool. Fennici. 1995. V. 32. P. 265.
44. Vermeulen A.C., Dall P.C., Lindegaard C., Ollevier F., Goddeeris B. // Archiv fuer Hydrobiologie. 1998. V. 144(1). P. 103.
45. Vermeulen A.C., Liberloo G., Ollevier F., Goddeeris B. // Archiv fuer Hydrobiologie. 2000. V. 147(3). P. 401.
46. Warwick W.F. // Canadian Entomologist. 1980. V. 112. P. 1193.
47. Warwick W.F. // Canadian Bulletin of Fisheries and Aquatic Science. 1980. V. 206. P. 117.
48. Warwick W.F. // Chironomidae. Ecology, Systematics, Cytology and Physiology / ed. D. A. Murray. Oxford, N. Y.: Pergamon Press, 1980. P. 255.
49. Warwick W.F. // Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science. 1985. V. 42. P. 1881.
50. Warwick W.F. Toxic Contaminants and Ecosystem Health. A Great Lakes Focus. John Wiley & Sons, 1988. P. 281.

51. Warwick W.F. // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1989. V. 46. P. 1255.
52. Warwick W.F. // J. Great Lakes Res. 1990. V. 16. P. 185.
53. Warwick W.F. // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1991. V. 48. P. 1151.
54. Warwick W.F. // Neth. J. Aquat. Ecol. 1992. V. 26. P. 563.
55. Warwick W.F., Fitchko J., Mckee P.M., Hart D.R. and Burt A.J. // J. Great Lakes Res. 1987. V. 13(1). P. 88.
56. Warwick W.F. and Tisdale N.A. // Can. J. Fish. Aquat. Sci. 1988. V. 45. P. 1123.
57. Wiederholm T. // Hydrobiologia. 1984. V. 109. P. 243.
58. Wuelker W. // Intersexuality in Animal Kingdom / R. Reinboth (Ed.), B.: Springer-Verlag, 1975. P. 121.
59. Yakovlev V. // Environmental Pollution of the Arctic. Norway: Tromso University, 1997. P. 264.

## **Morphological Deformities of Chironomids (Diptera, Chironomidae) Related to Pollution of Water Pools**

**L. B. Nazarova**

*Kazan State University, Kazan, Russia*

Morphological deformities of chironomid larvae as a biota sublethal response to the presence of pollutants (heavy metals, pesticides, and surface active substances) in water bodies are considered. Supplemented evidence for anthropogenic origin of deformities in chironomid larvae is given based on the paleontological and recent materials on chemical pollution of grounds. Effects of some abiotic and biotic factors on the origin of morphological deformities were studied. A review of experimental works on induction of deformities, effects of pollutant concentrations on manifestation and types of deformities is given. Some methodical questions of studying morphological deformities in chironomid larvae and prospective problems of studies are discussed.