

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ

УДК 574.64:632.95: 597.423

**ТОКСИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ ИНСЕКТИЦИДОВ-НЕОНИКОТИНОИДОВ
НА ОСЕТРОВЫХ РЫБ В ПЕРИОД РАННЕГО ОНТОГЕНЕЗА**

© 2017 г. Н.И. Щербакова, Е.А. Федорова, Е.С. Строева

Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону, 344002

E-mail: elena_viva@mail.ru

Поступила в редакцию 03.02.2017 г.

Исследовано воздействие четырех инсектицидов класса неоникотиноидов (актара, танрек, апачи, газель) на эмбрионы и предличинки осетра *Acipenser gueldenstaedtii* и бестера *Huso huso* × *Acipenser ruthenus*. Выявлено, что изученные инсектициды относятся к средне- (апачи, газель, танрек) и малотоксичным (актара) для предличинок осетровых рыб. Изучено также действие неоникотиноидов на физиологические показатели предличинок осетровых рыб: отмечено снижение их весового и линейного роста, замедление скорости рассасывания желточного мешка. Определены характерные тератогенные эффекты при действии инсектицидов на осетровых рыб в период раннего онтогенеза (икра и предличинки): в растворах апачи, газели и актара у эмбрионов наблюдали укороченные туловище и хвостовой стебель, в некоторых случаях недоразвитие головного отдела и водянку перикардиальной полости. При действии танрека, апачи, актара и газели в единичных случаях у предличинок фиксировали недоразвитие головного отдела (укороченный роstrum, недоразвитие глаз), укороченные туловище и хвостовой стебель, водянку перикардиальной полости, отсутствие переднего мозга, обонятельных ямок и глазных яблок. Количество патоморфологических признаков и степень их выраженности носили дозозависимый характер. Каких-либо специфических нарушений, вызванных действием неоникотиноидов, выявлено не было. По результатам экспериментальных данных определяли пороговую и эффективную концентрации пестицидов. Сделан вывод о том, что неоникотиноиды способны оказывать токсическое действие на процессы раннего онтогенеза промысловых рыб. Это обуславливает необходимость проведения систематических мониторинговых наблюдений за содержанием этих пестицидов в воде рыбохозяйственных водоемов.

Ключевые слова: инсектициды, неоникотиноиды, эмбрионы, предличинки, токсичность, выживаемость, эмбриогенез, тератогенность.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из постоянно действующих антропогенных факторов химического загрязнения биосферы, и в том числе водных экосистем, продолжают оставаться пестициды. В начальный период развития живых организмов они поступают из окружающей среды и, как правило, не вызывают специфических изменений, а проявляются в нарушении стабильности функционирования определенных жизненных функций особей.

Период раннего онтогенеза — критический в жизни рыб, способность к детокси-

кации в это время у них значительно меньше, пределы толерантности для эмбрионов и личинок гораздо уже, чем у взрослых особей (Сидоров, 1983). Эмбрионы и личинки рыб из-за недостаточной сформированности систем защиты и невозможности ухода из зон загрязнения наиболее подвержены интоксикации (Сидоров, 1983; Лепилина, 1991).

Анализ литературных данных свидетельствует о том, что токсиколого-эмбриологические исследования на рыбах проведены лишь при изучении действия пестицидов, применяемых в сельском хозяйстве несколь-

ко десятилетий (хлор- и фосфорорганические соединения, карбаматы, пиретроиды). Доказана высокая эмбриотоксичность этих классов пестицидов, описаны тератогенные эффекты их воздействия (Гусева, Данильченко, 1983). В настоящее время создаются пестициды новых поколений. К ним относят и неоникотиноиды, или хлорникотинилы. Это новый класс инсектицидов, отличающийся высокой избирательной токсичностью. Все неоникотиноиды являются системными инсектицидами контактно-кишечного действия против сосущих, грызущих и почвенных насекомых. Механизм их действия основан на блокаде импульсов нервной системы членистоногих за счет воздействия на никотиново-ацетилхолиновый рецептор. Неоникотиноиды, являясь аналогами нейромедиатора ацетилхолина, взаимодействуют с его рецептором, однако в отличие от ацетилхолина медленно или вообще не разрушаются ацетилхолинэстеразой, что приводит к расстройству нервной системы насекомых и их гибели. В существующей литературе сведения о влиянии инсектицидов этого класса на ранний онтогенез рыб практически отсутствуют. Цель работы — изучение токсического действия инсектицидов класса неоникотиноидов на эмбрионы и предличинки осетровых рыб.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Для проведения эмбриотоксикологических экспериментов были использованы инсектициды, характеристика которых дана в табл. 1.

Влияние исследуемых веществ на ранний онтогенез осетровых изучали на зародышах и предличинках осетра *Acipenser gueldenstaedtii* и бестера *Huso huso* × *Acipenser ruthenus*. Анализ развития икры и предличинки проводили по общепринятым методикам (Методические указания ..., 2011).

Эксперименты проводили в трехкратной (зародыши, $n = 60$ экз.) и двукратной (предличинки, $n = 20$ экз.) повторностях.

Степень токсичности различных концентраций изучаемых веществ на развивающуюся икру осетровых рыб оценивали по следующим показателям: выживаемость, скорость прохождения стадий, длительность инкубационного периода.

Влияние инсектицидов на раннее постэмбриональное развитие осетровых изучали на предличинках, полученных в производственных условиях, от выклева до их перехода на активное питание. В конце опыта определяли морфометрические показатели: линейный и весовой рост предличинки. О влиянии инсектицидов на скорость рассасывания желточного мешка судили по количеству общих липидов на 6-е сут. эксперимента. Пробы липидов экстрагировали по методу Фолча в смеси неполярного растворителя с полярным (Folch et al., 1957): 100 мг ткани заливали 2 мл смеси хлороформа с метанолом в пропорции 2:1. Через 1 сут. в пробы добавляли 0,1%-ный CaCl_2 и отстаивали до четкого разделения фракций. Верхнюю фракцию удаляли, а нижнюю, содержащую общий липидный экстракт, выпаривали и взвешивали на аналитических весах.

Тератологический анализ эмбрионов осетровых проводили в течение 4,5 сут. до полного выхода организмов из зародышевых оболочек, предличинки — в течение 6 сут. (период от выклева до полного рассасывания желточного мешка). Наблюдали ключевые этапы эмбриогенеза, когда нарушения развития проявляются наиболее четко, — стадию ранней нейрулы (19), стадию ритмичной пульсации сердца (30), стадию 35 на выклеве. В ходе эксперимента ежедневно определяли стадии развития, проводили учет погибших зародышей и аномалий развития оплодотворенной икры, фиксировали патоморфологические признаки выклюнувшихся зародышей. Тератогенные эффекты на предличинки оценивали на стадии 45 — переход на активное питание. В течение 6 сут. фиксировали патологии развития предличинки, рассчитывали процент уродливых особей (Гинзбург, Детлаф, 1969).

Таблица 1. Структурная формула и диапазон исследованных концентраций пестицидов, использованных в экспериментах

Торговое название (содержание действующего вещества, %)	Структурная формула	Диапазон исследованных концентраций, мг/л
Актара (тиаметоксам, 25)		Зародыши — 0,5–250,0; Предличинки: острый опыт — 25,0–100,0; хронический опыт — 5,0–100,0
Апачи (клотианидин, 20)		Зародыши — 1,0–100,0; Предличинки: острый опыт — 5,0–50,0; хронический опыт — 1,0–20,0
Газель (ацетамиприд, 20)		Зародыши — 5,0–100,0; Предличинки: острый опыт — 5,0–50,0; хронический опыт — 1,0–25,0
Танрек (имидаклоприд, 20)		Зародыши — 50,0–250,0; Предличинки: острый опыт — 10,0–100,0; хронический опыт — 1,0–25,0

На основании результатов эксперимента по показателю выживаемости организмов рассчитывали токсикометрические параметры (летальные концентрации LK_0 , LK_{16} , LK_{50} , LK_{84} , LK_{100}) методом пробит-анализа (Прозоровский, 1962).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследования показали, что действие изучаемых неоникотиноидов на зародыши осетровых рыб в максимальных концентрациях приводило к нарушениям дробления и торможению гастрюляционных перемещений, а именно к задержке обрастания вегетативных blastomerov. На стадиях

нейруляции наблюдалась закладка искривленных укороченных нервных пластинок и нарушение процесса их смыкания. Атипично развивавшиеся зародыши погибали в течение всего эмбрионального периода, но на стадиях гастрюляции и в конце нейруляции их гибель была наибольшей.

В растворах актары (1,0–100,0 мг/л), апачи (10,0–50,0 мг/л), газели (25,0 и 50,0 мг/л) на стадиях органогенеза отмечена задержка обособления головного и хвостового отделов, их недоразвитие. Начиная со стадии 29 — образования изгиба сердечной трубки — у некоторых зародышей в растворах апачи и газели развивалась водянка перикардиальной полости. В раство-

Таблица 2. Токсикометрические параметры инсектицидов-неоникотиноидов для зародышей и предличинок осетровых рыб

Инсектицид (содержание действующего вещества)	Токсикометрические параметры, мг/л		
	Зародыши	Предличинки	
		острый опыт (48 ч.)	хронический опыт (6 сут.)
Актара (20%-ный тиаметоксам)	ЛК ₀ = 1,00 ЛК ₁₆ = 6,40 ЛК ₅₀ = 55,42 ЛК ₈₄ = 156,86 ЛК ₁₀₀ = 222,98	ЛК ₀ = 50,00 ЛК ₁₆ = 78,80 ЛК ₅₀ = 90,58 ЛК ₈₄ = 97,44 ЛК ₁₀₀ = 100,00	ЛК ₀ = 25,00 ЛК ₁₆ = 61,05 ЛК ₅₀ = 84,34 ЛК ₈₄ = 99,46 ЛК ₁₀₀ = 105,37
Апачи (50%-ный клотианидин)	ЛК ₀ = 5,13 ЛК ₁₆ = 8,11 ЛК ₅₀ = 21,50 ЛК ₈₄ = 56,98 ЛК ₁₀₀ = 90,14	ЛК ₀ = 5,0 ЛК ₁₆ = 9,88 ЛК ₅₀ = 26,18 ЛК ₈₄ = 46,34 ЛК ₁₀₀ = 56,75	ЛК ₀ = 1,00 ЛК ₁₆ = 5,10 ЛК ₅₀ = 11,43 ЛК ₈₄ = 16,96 ЛК ₁₀₀ = 19,41
Газель (20%-ный ацетамиприд)	ЛК ₀ = 10,00 ЛК ₁₆ = 17,94 ЛК ₅₀ = 46,04 ЛК ₈₄ = 81,77 ЛК ₁₀₀ = 100,47	ЛК ₀ = 10,00 ЛК ₁₆ = 12,99 ЛК ₅₀ = 25,00 ЛК ₈₄ = 41,25 ЛК ₁₀₀ = 50,00	ЛК ₀ = 5,78 ЛК ₁₆ = 7,02 ЛК ₅₀ = 12,71 ЛК ₈₄ = 23,02 ЛК ₁₀₀ = 27,92
Танрек (20%-ный имидаклоприд)	ЛК ₀ = 100,00 ЛК ₁₆ = 107,03 ЛК ₅₀ = 147,76 ЛК ₈₄ = 214,28 ЛК ₁₀₀ = 253,21	ЛК ₀ = 10,00 ЛК ₁₆ = 10,75 ЛК ₅₀ = 23,99 ЛК ₈₄ = 62,89 ЛК ₁₀₀ = 92,71	ЛК ₀ = 10,00 ЛК ₁₆ = 10,83 ЛК ₅₀ = 14,83 ЛК ₈₄ = 20,79 ЛК ₁₀₀ = 24,13

Примечание. ЛК₀ — минимальная недеятельная концентрация, ЛК₁₆ — минимальная летальная концентрация, ЛК₅₀ — среднелетальная концентрация; ЛК₈₄ — концентрация токсического вещества, вызывающая гибель 84% тест-объектов; ЛК₁₀₀ — концентрация токсического вещества, вызывающая гибель 100% тест-объектов.

рах танрека в диапазоне 50,0—200,0 мг/л аномалий развития в период органогенеза выявлено не было.

В растворах актары в концентрации 1,0 мг/л, апачи в 10,0 мг/л, газели в 25,0 мг/л, танрека в 150,0 мг/л у зародышей наблюдалось отставание в развитии по сравнению с контрольной группой. Инкубационный период был более длительным, выклев наступал с задержкой и был растянут во времени по сравнению с контролем.

Изученные инсектициды апачи и газель в растворах с концентрациями от 10,0 мг/л и выше оказывали нервно-пара-

литическое действие, вызывая судороги и нарушение двигательной активности выклюнувшихся зародышей. В растворах актары и танрека наблюдалось лишь некоторое снижение двигательной активности выклюнувшихся зародышей.

По результатам выживаемости эмбрионов рассчитаны токсикометрические параметры, представленные в табл. 2.

Клиническая картина острого отравления предличинок неоникотиноидами в растворах с концентрациями актары свыше 50,0 мг/л, апачи 5,0—50,0 мг/л, газели 10,0—50,0 мг/л, танрека 50,0—100,0 мг/л

характеризовалась признаками нервно-паралитического характера. С первых часов интоксикации инсектицидами у предличинки наблюдалась первоначальная резкая двигательная возбудимость, которая вскоре сменялась стадией угнетения: предличинки залегали на дно экспериментального сосуда, периодически совершая судорожные движения, наблюдалось снижение реакции на механическое раздражение (укол иглой), вплоть до отсутствия таковой. С 4-х сут. эксперимента в растворах с концентрациями апачи 5,0 и 10,0 мг/л, газели 10,0 мг/л наблюдалось ослабление описанных выше симптомов интоксикации, к концу опыта выжившие предличинки активно плавали.

При изучении выживаемости предличинок осетровых рыб в токсических средах неоникотиноидов определены токсикометрические параметры в острых и хронических экспериментах, представленные в табл. 2. Рассчитанные среднелетальные концентрации острых опытов позволили определить, что изученные инсектициды относятся к средне- (апачи, газель, танрек) и малотоксичным (актара) пестицидам согласно классификации Лесникова и Врочинского (Методические указания ..., 1979).

В постэмбриональный период ведущими процессами развития рыб являются рост и морфогенез, а изменения, происходящие в этот период в организме, существенно сказываются на последующих этапах развития. На предличиночной стадии развития происходит интенсивное расходование желточной массы. Известно, что под влиянием пестицидов изменяется утилизация желтка, что является показателем его конвертирования в биомассу личинок (Катаскова, 1999). Результаты наблюдений за темпом линейного и весового роста, скоростью рассасывания желточного мешка у предличинок под влиянием инсектицидов представлены в табл. 3. Анализ морфометрических показателей опытных предличинок показал, что все инсектициды в повышенной концентрации вызывали снижение темпа линейного и весового роста организмов. При этом содержание об-

щих липидов у предличинок было выше контрольных величин, что свидетельствовало о замедлении скорости рассасывания желточного мешка и нарушении липидного обмена.

Известно, что наибольшую опасность представляют пестициды, оказывающие тератогенные эффекты (Багодский, Санин, 1991). Аномалии, проявляющиеся на эмбриональной стадии, приводят к выклеву предличинок с уже имеющимися патологиями. Они касаются изменений формы тела, серьезных нарушений структуры внутренних органов и тканей (Гусева, Данильченко 1983; Villalobos, Hamm, 2001). При изучении влияния пестицидов различных химических классов на ранние стадии развития осетровых рыб отмечено, что в большинстве случаев (для 21 вещества из 31) наблюдалось токсическое воздействие их на развивающиеся эмбрионы, которое приводит к определенным нарушениям органогенеза (Gvozdenko et al., 1997). Важно, что особенности тератогенного действия пестицидов зависят как от этапа индивидуального развития гидробионтов, так и от химического строения самих токсикантов (Гусева, Данильченко, 1983; Таликина и др., 2001; Haendel et al., 2004).

Тератологический анализ, проведенный на 35-й стадии эмбриогенеза сразу после выклева, показал, что патологии, индуцированные исследованными инсектицидами, были неспецифичными, однако направленность патологического процесса была одинаковой. Так, в растворах апачи, газели и актары у зародышей наблюдали укороченные туловище и хвостовой стебель, в некоторых случаях недоразвитие головного отдела и водянку перикардальной полости. Судороги, вызванные нервно-паралитическим действием инсектицидов, приводили к устойчивым искривлениям туловища и хвоста у части зародышей.

Тератологический анализ, проведенный по окончании рассасывания желточного мешка, выявил массовые нарушения развития предличинок, обусловленные нейротоксическим действием препаратов. Различные искривления туловищного и хвостового отделов предличинок были вызваны длительными

Таблица 3. Физиологические показатели предличинок осетровых рыб при выдерживании в растворах инсектицидов-неоникотиноидов на 6-е сут. эксперимента

Физиологический показатель	Актара, мг/л			
	Контроль	10,0	25,0	50,0
Длина, мм	17,46±0,23	17,11±0,28	16,85±0,18	16,85±0,13*
Масса, мг	40,30±0,98	38,99±1,56	37,17±1,05*	36,61±1,05*
Общий вес липидов, мг	2,63±0,22	2,88±0,49	3,39±0,51	3,86±0,33*
	Апачи, мг/л			
	Контроль	1,0	5,0	10,0
Длина, мм	19,72±0,13	19,81±0,13	18,07±0,39*	15,46±0,35*
Масса, мг	27,25±0,27	27,96±0,23	25,36±0,43*	20,50±0,82*
Общий вес липидов, мг	5,57±0,26	5,73±0,30	6,27±0,36	7,14±0,58*
	Газель, мг/л			
	Контроль	1,0	5,0	10,0
Длина, мм	17,59±0,12	17,56±0,23	17,26±0,15	17,82±0,18*
Масса, мг	31,10±0,74	30,40±1,42	28,33±0,93*	27,64±0,70*
	Танрек, мг/л			
	Контроль	1,0	5,0	10,0
Длина, мм	19,71 ± 0,19	19,68 ± 0,42	19,64 ± 0,35	19,24 ± 0,22
Масса, мг	41,58 ± 1,25	39,15 ± 1,69	38,76 ± 1,35	36,93 ± 0,96*
Общий вес липидов, мг	3,55 ± 0,15	3,59 ± 0,24	3,72 ± 0,24	3,87 ± 0,09

Примечание. *Отклонения достоверны по *t*-критерию Стьюдента, $p < 0,05$.

Таблица 4. Параметры токсичности и тератогенности инсектицидов-неоникотиноидов для эмбрионов и предличинок осетровых рыб

Инсектицид	Зародыши		Предличинки	
	LOEC (ЭК ₁₆), мг/л	уродливые особи, %	LOEC (ЭК ₁₆), мг/л	уродливые особи, %
Актара	5,0 (2,58)	24,6	25,0	10,0
Апачи	5,0	8,9	5,0 (1,87)	52,9
Газель	10,0	14,8	10,0	12,5
Танрек	>200,0	—	10,0	10,0

Примечание. Концентрация: LOEC — пороговая, ЭК₁₆ — эффективная.

ми судорогами. В единичных случаях у предличинок наблюдали недоразвитие головного отдела (укороченный рострум, недоразвитие глаз), укороченное туловище и хвостовой стебель, водянку перикардальной полости. Следует отметить, что количество патоморфологических признаков и степень их выраженности носили дозозависимый характер.

Каких-либо специфических нарушений, вызванных действием неоникотиноидов, выявлено не было.

По результатам экспериментальных данных определяли пороговую концентрацию (LOEC). В случаях, когда обнаруженный тератогенный эффект превышал 16%-ный порог воздействия, рассчитывали эффективную концентрацию ЭК₁₆. Результаты тератологического анализа представлены в табл. 4.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенные исследования позволили установить, что изученные инсектициды нового поколения проявляют свою токсичность в диапазоне концентраций 1,0–200,0 мг/л, вызывают нарушения и задержку развития зародышей, оказывают нервно-паралитическое действие на организм, тормозят процессы линейного и весового роста предличинок, обладают тератогенным эффектом.

Способность неоникотиноидов оказывать токсическое действие на процессы раннего онтогенеза промысловых рыб обуславливает необходимость проведения систематических мониторинговых наблюдений за их содержанием в воде рыбохозяйственных водоемов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Багодский С.В., Санин М.В. Особенности действия пестицидного загрязнения на разных уровнях биологической организации // Тез. докл. II Всесоюз. конф. по рыбохозяйственной токсикологии, посвященной 100-летию проблемы качества воды в России. СПб., 1991. С. 37–39.

Гинзбург А.С., Детлаф Т.А. Развитие осетровых рыб. Созревание икры, оплодотворение и эмбриогенез. М.: Наука, 1969. 130 с.

Гусева С.С., Данильченко О.П. Реагирование эмбрионов и личинок карпа на фосфорорганические соединения // Реакция

гидробионтов на загрязнение. М.: Наука, 1983. С. 158–167.

Катаскова С.И. Критериальная значимость изменений липидного статуса раннего онтогенеза рыб при эколого-гигиеническом нормировании пестицидов в воде водоемов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М.: Ин-т гигиены им. Ф.Ф. Эрисмана, 1999. 29 с.

Лепилина И.Н. Нарушения в раннем онтогенезе осетровых // Тез. докл. V Всесоюз. конф. по раннему онтогенезу рыб. Астрахань, 1991. С. 161–162.

Методические указания по разработке предельно-допустимых концентраций пестицидов в воде рыбохозяйственных водоемов. Ростов-на-Дону: АзНИИРХ, 1979. С. 7–9.

Методические указания по разработке нормативов качества воды водных объектов рыбохозяйственного значения, в том числе нормативов предельно допустимых концентраций вредных веществ в водах водных объектов рыбохозяйственного значения. М.: Изд-во ВНИРО, 2011. 201 с.

Прозоровский В.Б. Использование метода наименьших квадратов для пробит-анализа кривых летальности // Фармакология и токсикология. 1962. № 1. С. 68–72.

Сидоров В.С. Экологическая биохимия рыб. Липиды. Л.: Наука, 1983. 240 с.

Таликина М.Г., Изюмов Ю.Г., Чеботарева Ю.В. Аберрантные митозы и гистопатология гонад у сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* после токсических воздействий в эмбриональный и личиночный периоды развития // Вопр. ихтиологии. 2001. 41. №2. С. 232–238.

Folch J., Zees M., Sloand-Stanley C.A. Simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues // J. Biochem. 1957. № 226. P. 492–509.

Gvozdenko S.I., Kataskova S.I., Molchanova N.V., Zinchuk O.A. A study of the mutagenic and teratogenic effect of pesticides on embryonic development of sturgeons // Abstr. 3rd Int. Symp. Sturgeon. Piacenza, Italy, 1997. P. 185–186.

- Haendel M., Tilton F., Bailey G., Villalobos S., Hamm J., Swee J., Hinton D. Developmental toxicity of the dithiocarbamate pesticide sodium metam in zebrafish // *Toxicol. Sci.* 2004. № 2. P. 390–400.
- ton D. Thiobencarb-induced embryotoxicity in medaka (*Orixias latipes*): Stage-specific toxicity and protective role of chloridon // *Aquat. Toxicol.* 2001. № 3. P. 293–303.

TOXIC ACTION OF NEONICOTINOID INSECTICIDES ON STURGEON FISHES IN THEIR EARLY ONTOGENESIS

© 2017 y. N.I. Shcherbakova, E.A. Fedorova, E.S. Stroevea

Azov Fisheries Research Institute, Rostov-on-Don, Russia, 344002

We studied the action of four insecticides of the neonicotinoid family (actara, tanrek, apache and gazelle) on sturgeon species at stages of their early development, in particular, on embryos and pre-larvae of the sturgeon *Acipenser gueldenstaedtii* . and the bester *Huso huso*. x *Acipenser ruthenus*. For sturgeon pre-larvae the insecticides are found to be of middle (apache, gazelle, tanrek) and low toxicity (actara). The neonicotinoids affected the physiological parameters of sturgeon pre-larvae. The weight and linear growth decreased, and the rate of yolk sac resorption got slower. The characteristic teratogenic effects were also defined during the action of insecticides on sturgeons in their early ontogeny (eggs and pre-larvae). The embryos in solutions of apache, gazelle and actara obtained shortened trunks and caudal peduncles, sometimes malformations of head and hydrocephalus of pericardial cavity. In rare cases with pre-larvae, the action of tanrek, apache, actara and gazelle produced hypoplasia of the cerebral department (short rostrum, eye hypoplasia), a shortened trunk and caudal peduncle, dropsy of pericardial cavity, and the absence of forebrain, olfactory pits and eyeballs. The number of pathological symptoms and the degree of their severity were dose-dependent. Any specific abnormalities caused by the action of neonicotinoids were not found. The results of our experimental data allowed us to calculate the threshold (LOEC) and the effective (EC₁₆) concentrations. It was concluded that neonicotinoids can have toxic effects on the early ontogenesis processes of commercial fish species. This makes necessary to conduct systematic monitoring observations on the concentrations of insecticides in fishery ponds.

Keywords: insecticides, neonicotinoids, embryos, pre-larvae, toxicity, survival, embryogenesis, teratogenicity.