

УДК 574.632+597.442-11

Т.Б. Лапирова

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
(пос. Борок, Ярославская обл.)*

РЕАКЦИЯ ИММУНОФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЛОДИ СИБИРСКОГО ОСЕТРА (*Acipenser baerii* Brandt) НА ДЕЙСТВИЕ ПЕРМЕТРИНА

Изучено влияние пестицида перметрина на некоторые морфофизиологические и иммунологические показатели молоди сибирского осетра в хроническом эксперименте. Показано, что даже низкие сублетальные концентрации пестицида (0,1 мкг/л) вызывают значительные колебания всех исследованных параметров. Выявленные изменения свидетельствуют о сдвигах в функционировании печени, нарушении белкового обмена, угнетении защитных функций организма.

Ключевые слова: перметрин; молодь осетра; *Acipenser baerii* Brandt; иммунофизиологические показатели; хронический эксперимент.

Введение

Перметрин (пиперонилбутоксид) входит в класс пиретроидов – высокоэффективных инсектицидов с широким спектром действия, уничтожающих как взрослых насекомых, так и их яйца и личинки. Используют перметрин против вредителей сельскохозяйственных и декоративных культур, для борьбы с термитами.

Помимо этого, в последние годы перметрин вытесняет традиционно применяемые для уничтожения комаров фосфорорганические соединения. Это обусловлено, с одной стороны, его высокой эффективностью против организмов-мишеней, с другой – низкой токсичностью для млекопитающих и птиц и относительно коротким периодом полураспада. К серьезным недостаткам этого вещества можно отнести высокую токсичность для эстуарных рыб [1]. Значения 48-час. LC_{50} для рыб весьма низки и для разных видов составляют от 0,05 до 97,0 мкг/л. Такая высокая чувствительность рыб к препарату может быть обусловлена недостаточностью ферментной системы, гидролизующей пиретроиды, а также высокой скоростью поглощения жабрами за счет высокой липофильности этих соединений [2]. В настоящее время из-за широкого распространения пиретроидных препаратов их присутствие выявлено в почвенных и поверхностных водах, что делает актуальным исследование влияния этих соединений на водные организмы, в том числе рыб. Вследствие большой важности этой проблемы она интенсивно изучается в последнее десятилетие, однако сведения носят разрозненный

характер и в основном посвящены реакции на пиретроиды отдельных показателей, механизмы же действия этой группы токсикантов до сих пор не выяснены. Отсутствует информация о действии этих веществ на систему неспецифической защиты организма, являющейся у рыб приоритетной. Известно, что наиболее чувствительны к токсическим воздействиям рыбы на ранних этапах онтогенеза, поэтому действие ксенобиотиков предпочтительнее изучать на молоди. Поскольку литературные данные по влиянию пиретроидов на осетровых к настоящему времени отсутствуют, нами была проведена работа по исследованию действия перметрина на молодь осетра.

Цель настоящей работы – определение реакции наиболее общих иммунофизиологических параметров молоди осетра на присутствие в воде перметрина. В задачу исследования входил анализ следующих показателей: коэффициент упитанности; уровень общего белка и протективные свойства сыворотки крови; индексы иммунокомпетентных органов (селезенки, сердца и печени) и содержание лизоцима в их тканях.

Материалы и методики исследования

Молодь сибирского осетра (*Acipenser baerii* Brandt) была получена с Волгореченского завода (Костромская область) по искусственному рыборазведению, акклимирована, к моменту начала эксперимента достигла возраста 2 мес. и имела среднюю массу $11,4 \pm 3,7$ г и длину 61 ± 11 мм. Содержали рыб по 35 особей в проточных пластиковых лотках объемом 250 л с речной водой. Токсикант подавали в воду в форме промышленного препарата перметрина до концентрации 0,1 мкг/л действующего вещества, что составило 0,1 от установленной 96-час. LC_{50} . Для поддержания постоянства концентрации токсиканта у подопытных рыб применяли дилютерную установку оригинальной конструкции [3]. Полный обмен воды в лотках как контрольной, так и подопытной групп рыб осуществлялся в течение суток. Рыб кормили ежедневно, отбор проб проводили через 1, 2, 4 и 8 недель после помещения рыб в раствор токсиканта. Материал получали от 5 контрольных и 5–8 подопытных рыб на точку в двух повторностях. Температура воды в период эксперимента составляла в среднем 17°C.

Кровь получали из хвостовой вены после каудэктомии, сыворотку для серологических исследований отбирали пастеровской пипеткой после ректракции сгустка. После измерения и взвешивания рыб отбирали органы, взвешивали их, помещали в забуференный физраствор и замораживали до проведения анализа.

Коэффициент упитанности по Кларк рассчитывали как отношение массы порки к кубу длины рыбы, умноженное на 100. Индексы внутренних органов определяли в процентах от массы порки [4]. Одним из важнейших иммунокомпетентных органов у рыб являются почки, но поскольку на начальных этапах эксперимента масса их была очень мала, для исследования

отбирали сердце, селезенку и печень, размер которых позволил провести корректный анализ данных. Содержание общего белка сыворотки крови определяли рефрактометрически.

Экстракты тканей органов получали по общепринятым методикам [5, 6]. Навеску исследуемого органа (не более 1 г) растирали в стеклянном гомогенизаторе, разводили 0,45%-ным физиологическим раствором с pH 6,2 в объемно-весовом отношении 1:1. После часового выдерживания при комнатной температуре гомогенаты подвергали трехкратному замораживанию и оттаиванию для более полного экстрагирования фермента. Центрифугировали пробы при охлаждении (+4°C) в течение 30 мин при 10 тыс. об./мин.

В надосадочной жидкости определяли содержание лизоцима высокочувствительным нефелометрическим методом [7], основанным на способности фермента растворять оболочку бактерий *Micrococcus lysodeicticus*. Для работы использовали суспензию лиофилизированных бактерий, в качестве стандарта для построения калибровочной кривой – лизоцим яичного белка. Концентрацию фермента рассчитывали в мкг/мг массы ткани.

Принцип метода учета бактериостатической активности сыворотки крови (БАСК) основан на ее способности угнетать рост микроорганизмов. Мы проводили определение этого показателя нефелометрическим методом, разработанным О.В. Смирновой и Т.А. Кузьминой (1966 г.), с использованием живой суточной культуры *Aeromonas hydrophila* [8]. Результаты приведены в процентах угнетения роста тест-культуры в среде, содержащей сыворотку крови по сравнению с контролем, где в среду вместо сыворотки добавлен физраствор.

Статистическая обработка результатов проведена в программе Microsoft Office Excel, статистическую значимость различий определяли по критерию Стьюдента при $p \leq 0,05$. Данные представлены в виде средних значений $\pm$ стандартное отклонение.

Результаты исследования и обсуждение

Из всех исследованных параметров только на коэффициент упитанности перметрин не оказал выраженного влияния. Значения показателя в течение эксперимента незначительно колебались: от $0,28 \pm 0,02$ до $0,33 \pm 0,01$ и от $0,31 \pm 0,04$ до $0,33 \pm 0,02$ у контрольных и подопытных рыб соответственно, но значимых различий между этими группами не выявлено.

Все исследованные иммунофизиологические показатели претерпели значительные изменения. Иммунная система чрезвычайно чувствительна к любым как экзо-, так и эндогенным воздействиям и реагирует на них одной из первых [9]. Поэтому логично ожидать сдвигов в функционировании важнейших иммунокомпетентных органов, в том числе и изменений их относительных масс, при токсическом воздействии. Структура и функции иммунной системы рыб имеют некоторые особенности по сравнению с высшими позвоночными. Так, кроветворные и иммунные функции у рыб (т.е. развитие

клеток, участвующих в иммунном ответе, и реализация ими своих функций) осуществляются в одних и тех же органах. Таким образом, гематопозитические органы рыб одновременно служат и органами иммунной системы [10].

Помимо почек у рыб к наиболее важным органам гемо- и иммунопоэза относят селезенку. Ткань ее содержит большое количество клеток лимфоидного ряда [11, 12], что обуславливает ее активное участие в реакции на неблагоприятные воздействия. Хрящевые ганоиды, к которым относятся осетровые, принадлежат к числу наиболее древних рыб, что объясняет некоторые отличия в организации иммунной системы этих рыб. Так, к характерным особенностям гемопоэза осетровых можно отнести наличие так называемого перикардального органа, расположенного на вентральной стороне сердца. В строме ткани сердца экстравазкулярно идут процессы эритропоэза, гранулоцитопоэза, лимфопоэза [13–15], что позволяет отнести сердце к иммунокомпетентным органам. Печень у рыб, помимо детоксикационной, осуществляет также ряд защитных функций [16]. В обеспечении выполнения печенью иммунных реакций важная роль принадлежит имеющимся в ее ткани макрофагам – купферовым клеткам [15].

Как показали результаты нашего исследования, наибольшие колебания относительной массы под действием перметрина выявлены в селезенке; причем как подъем, так и снижение индексов органа были статистически значимы (рис. 1). К концу наблюдений значения показателя практически сравнялись с контролем. Индексы сердца, как и селезенки, достоверно снизились в первый срок отбора, далее разница между значениями контрольных и подопытных особей была статистически незначима.

Анализ полученных результатов показывает рост относительной массы печени в контрольной группе рыб на протяжении всего срока наблюдений. Это объяснимо для активно питающейся молодежи в период интенсивного роста. При этом происходят значимое возрастание показателя у подопытных рыб относительно контроля к концу 2-й недели и резкое снижение к концу опыта.

Результаты проведенного эксперимента подтверждают активное участие всех исследованных органов в реакции на воздействие перметрина. Динамика изменения относительных масс сердца и селезенки в целом очень сходна (достоверное снижение показателя на первом этапе воздействия), имеются некоторые отличия лишь в размахе колебаний. Уменьшение индексов селезенки было описано при действии токсикантов различных классов на разные виды рыб. Так, показано, что при помещении тилапии в раствор фосфорорганического пестицида индексы селезенки через 30 сут и до конца опыта (60 сут) были сильно снижены, что авторы объясняют интенсивным выбросом клеток из депо в кровеносное русло [17]. Аналогичная реакция выявлена и при хроническом действии поллютантов: у большинства исследованных черноморских видов рыб значения индексов селезенки у особей, обитающих в более загрязненной части акватории, были ниже, чем из менее загрязненной [18].

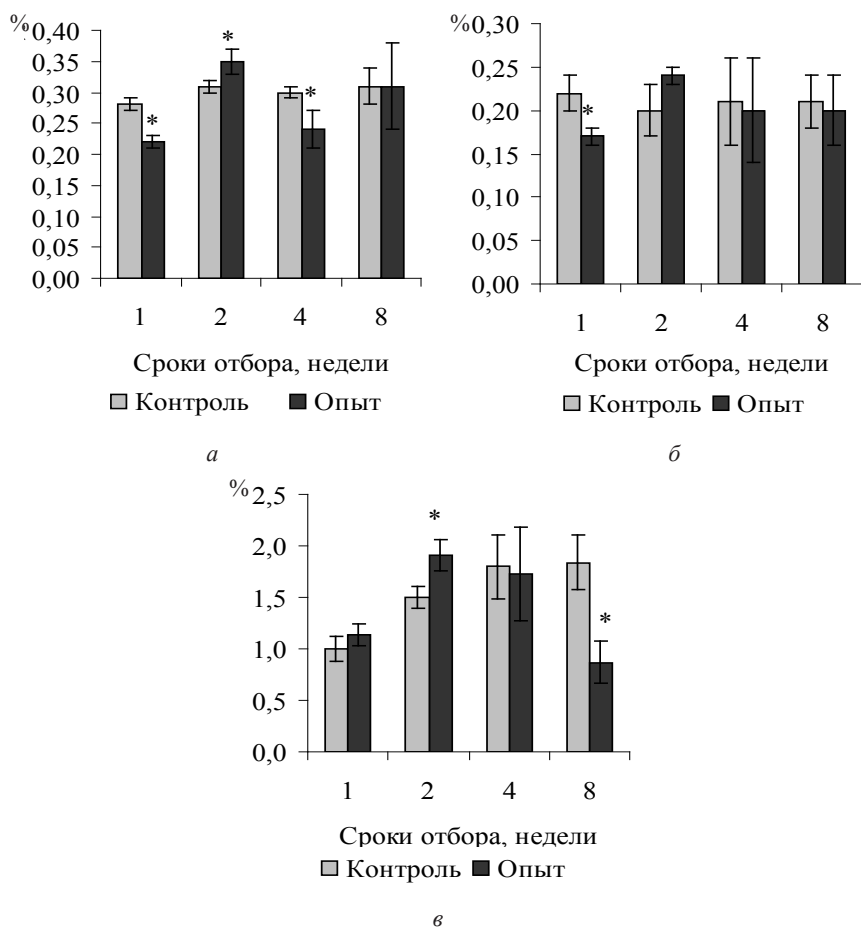


Рис. 1. Индексы внутренних органов: а – сердце; б – селезенка; в – печень.

Здесь и далее в рисунках и таблице звездочкой отмечены статистически значимые отличия от контроля ($p \leq 0,05$)

Сопоставление наших и литературных данных позволяет говорить о неспецифической реакции данного параметра на токсическое воздействие, обусловленной дополнительным выходом в кровь клеточных элементов для минимизации негативного влияния внешних факторов. Отмеченный нами позже (2 недели) подъем показателя вызван, видимо, усиленным кровотоком в работающем в форсированном режиме органе. Возрастание массы селезенки некоторые другие авторы [19] также связывают с более интенсивным кровообразованием, а следовательно, проявлением адаптации к меняющимся условиям среды. К концу наблюдений происходит возврат показателя и по сердцу, и по селезенке на контрольный уровень.

Кривая изменений гепатосоматического индекса отличалась от описанных для сердца и селезенки. Значительных сдвигов показателя к 1-й неделе

экспозиции не выявлено, но ко 2-й он достоверно превысил контрольный уровень. Увеличение массы органа является характерным проявлением адаптивной реакции в ответ на токсический стресс [20], косвенно может указывать на развитие воспалительных процессов в органе на начальных этапах воздействия. Резкое снижение индекса печени к концу эксперимента свидетельствует о том, что фаза адаптации не наступила, ресурсы органа истощаются. Нестабильность относительных масс печени, выявленная в течение эксперимента, вызвана гепатотоксическим действием перметрина, вследствие чего возникают сбои в функционировании органа.

Нарушения в работе печени наглядно подтверждают также данные по уровню сывороточного белка, так как синтез основных плазматических белков у рыб осуществляется именно в этом органе [12]. Снижение концентрации сывороточного белка в нашем опыте отмечалось уже с первого срока отбора (рис. 2). Помимо нарушения процессов биосинтеза белка печенью снижение данного показателя может быть связано с усилением катаболических процессов, перераспределением белка между тканями и кровью, нарушением водно-солевого обмена.

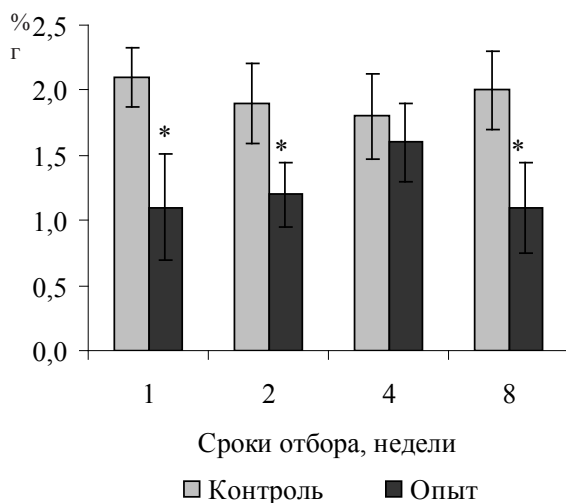


Рис. 2. Концентрация общего белка сыворотки крови

Патологические изменения в структуре иммунокомпетентных органов (почек, печени и селезенки), являющиеся выражением неспецифической реакции тканей органов в ответ на действие разных групп пестицидов, подтверждаются гистологическими исследованиями [21].

Лизоцим является важнейшим фактором гуморального иммунитета. Он не только непосредственно нейтрализует кокковую флору, растворяя муреиновый слой клеточной стенки, но и принимает активное участие в общей

регуляции иммунного ответа. Так, только в присутствии лизоцима иммунные комплексы способны активировать систему комплемента и подключать ее к антимикробной защите [22]. Предполагается, что лизоцим играет роль в поддержании гомеостаза в период адаптации к резким изменениям среды и, таким образом, может служить ранним биомаркером, свидетельствующим о нарушении защитных механизмов [23].

Сведений о реакции показателя в тканях органов очень мало, в основном приводятся данные по содержанию лизоцима в сыворотке крови. Большинство авторов сообщает о снижении активности сывороточного лизоцима при хроническом действии стрессоров самой различной природы, при этом на начальных этапах воздействия выявляются достаточно резкие колебания показателя. Возрастание концентрации лизоцима сыворотки на 14-е сут эксперимента обнаружено при изучении влияния стресса, вызванного высокой плотностью посадки [24]. Аналогичные изменения, причем одинаковые для лизоцима как плазмы, так и почек, обнаружены и при действии химических стрессоров: уровень фермента возрастал на протяжении 2 недель при помещении рыб (*Paralichthys olivaceus*) в раствор фенантрена [25]. Имеются сообщения об угнетении лизоцимной активности сыворотки крови при действии разных пиретроидных пестицидов. Бета-циперметрин и цигалотрин снижали уровень показателя, причем влияние последнего не зависело от дозы и продолжительности воздействия [26]. Приводятся данные о снижении уровня белков плазмы и активности лизоцима после 8 недель действия другого пиретроида – циперметрина [27].

Установлено, что основная масса фермента синтезируется тканевыми макрофагами и молодыми нейтрофилами [28], поэтому содержание лизоцима в ткани органа определяется количеством в нем клеток миелоидного ряда. Как уже упоминалось, сердце и селезенка у осетровых являются важными очагами кроветворения, содержание иммуноцитов в них намного выше, чем в печени, а следовательно, выше оказалась и концентрация лизоцима.

Самый высокий уровень содержания фермента у контрольных рыб выявлен в селезенке. Изменения показателя во всех органах в течение эксперимента в этой группе рыб были незначительны, в то время как у подопытных они были весьма выраженными (рис. 3). Максимальное превышение показателя по сравнению с контролем наблюдалось в экстрактах тканей сердца и селезенки в первый срок отбора – около 8 и 7 раз соответственно.

Под действием перметрина происходят колебания показателя на протяжении всего эксперимента, что свидетельствует о серьезных сдвигах в работе иммунной системы. Такие резкие подъемы концентрации лизоцима могут привести впоследствии к истощению ресурсов гуморальной защиты. Прогнозировать дальнейшее падение уровня фермента в тканях позволяют также данные о нарушении процессов гемоиммунопоза, вызванных действием перметрина [29].

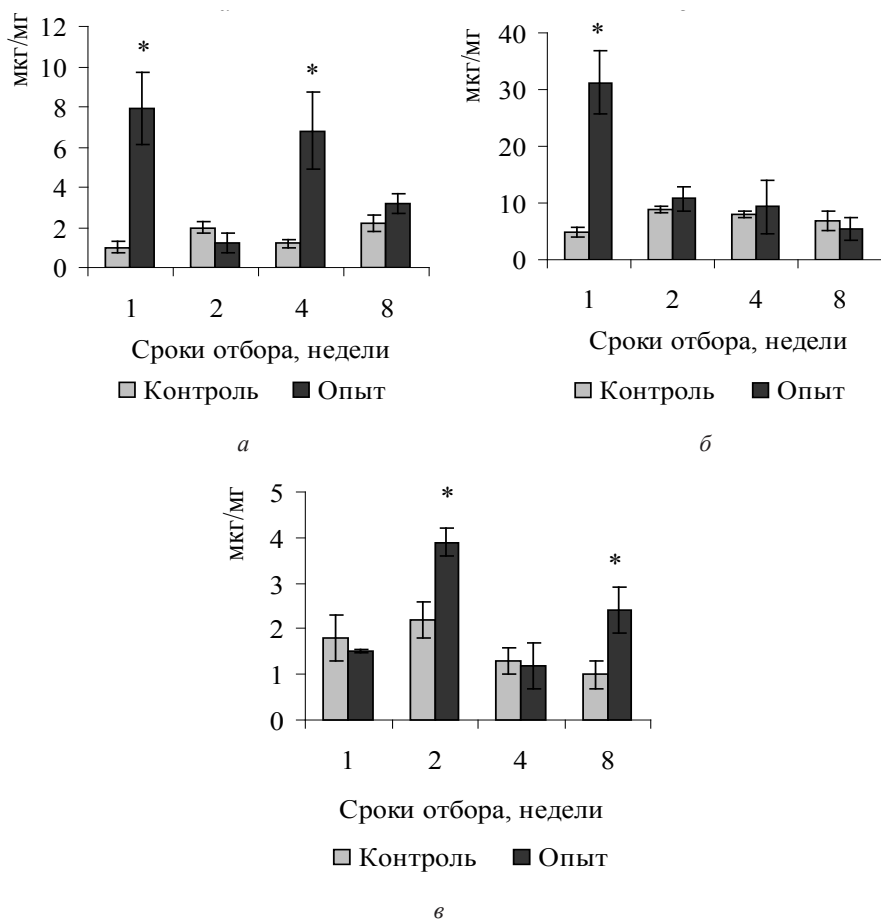


Рис. 3. Содержание лизоцима в экстрактах тканей органов, мкг/мг массы ткани: а – сердце; б – селезенка; в – печень

БАСК достаточно полно характеризует состояние врожденного иммунитета, поскольку включает в себя информацию об активности целого комплекса гуморальных защитных факторов. Обеспечивается она ингибирующими рост микроорганизмов веществами, лизинами, бактерицидными белками и т.п. Однако поскольку эти факторы в основном вырабатываются лейкоцитами, протективные свойства сыворотки крови косвенно позволяют оценить состояние и клеточного звена иммунитета. При исследовании защитных свойств сыворотки крови и экстрактов тканей разных видов рыб была выявлена неспецифическая реакция показателя на токсиканты разных классов, выражающаяся в резком возрастании показателя на начальных этапах воздействия. В зависимости от силы стрессора далее может происходить возврат БАСК к исходному уровню либо его снижение вплоть до полной инактивации факторов [30, 31].

В первые сроки эксперимента мы не смогли осуществить определение показателя вследствие малого количества получаемой крови, проведение анализа стало возможным только с 4-й недели. Следует сказать, что у осетровых рыб БАСК в целом намного ниже, чем, например, у карповых. Тем не менее у рыб, находящихся в растворе пестицида, были выявлены значимые различия по сравнению с контрольными особями (таблица).

Бактериостатическая активность сыворотки крови осетра, %

Вариант эксперимента	Сроки отбора проб	
	4 недели	8 недель
Опыт	15±5	0*
Контроль	7±3	9±4

Можно предполагать, что в первые недели экспозиции возрастание БАСК было более значительным и статистически значимым, так как и через 4 недели сохранилось двукратное превышение показателя по сравнению с контролем. Угнетение кроветворения, снижение выработки защитных агентов привело к концу эксперимента к полному подавлению антимикробных свойств сыворотки крови. Супрессия гуморальной защиты усугубляется в значительной степени также снижением протеосинтеза, поскольку основная масса защитных агентов имеет белковую природу.

Как показывают результаты нашего эксперимента, не все из изученных показателей к концу опыта вернулись к норме, что нередко выявляется в хронических экспериментах, когда происходит адаптация к воздействию фактору. Это свидетельствует о глубоких нарушениях гомеостатических механизмов. Доказательством этого положения являются результаты Х. Лутницкой [32], полученные при исследовании влияния на карпов нескольких типов пиретроидных пестицидов.

Автор сообщает, что полного восстановления функций (деградация гистологической структуры лейкоцитов и гепатоцитов, подавление фагоцитарной активности нейтрофилов, снижение концентрации сывороточного лизоцима и т.д.), нарушение которых выявлено после 2-недельной экспозиции в токсикантах, не наступало по прошествии 4 недель после перенесения рыб в чистую воду.

Заключение

Резюмируя вышеизложенное, следует подчеркнуть, что полученные результаты однозначно свидетельствуют о высокой токсичности перметрина для молоди осетра даже в низких сублетальных концентрациях. Анализ полученных в эксперименте данных свидетельствует о том, что пестицид вызывает ряд неспецифических изменений, приводящих к нарушению гомеостаза. Обладая гепатотоксическим действием, перметрин инициирует развитие патологических процессов в печени, что снижает эффективность

антитоксической деятельности органа; следствием сбоев в функционировании печени является снижение протеосинтеза.

Действуя на иммунокомпетентные органы, пестицид вызывает стойкое нарушение процессов кроветворения. Угнетение лейкопоэза является причиной резких колебаний и, в конечном счете, снижения выработки факторов неспецифической гуморальной защиты как в сыворотке крови, так и в тканях иммунокомпетентных органов. Статистически значимые различия с контролем к концу срока наблюдений по ряду показателей свидетельствуют о серьезных сдвигах в функционировании системы неспецифической защиты рыб под влиянием перметрина.

Автор выражает благодарность сотрудникам лаборатории экспериментальной экологии Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН (п. Борок, Ярославская обл.), на базе которой проводился эксперимент.

Литература

1. *Rebach S.* Acute Toxicity of Permethrin/Piperonyl Butoxide on Hybrid Striped Bass // *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 1999. Vol. 62. P. 448–454.
2. *Başer S., Erkoç F., Selvi M., Koçak O.* Investigation of acute toxicity of permethrin on guppies *Poecilia reticulata* // *Chemosphere.* 2003. Vol. 51. P. 469–474.
3. *Виноградов Г.А., Тагунов В.Б.* Установка для изучения влияния различных веществ на рыб и беспозвоночных в проточных условиях // *Гидробиологический журнал.* 1989. Т. 25, № 3. С. 74–77.
4. *Методика морфофизиологических и биохимических исследований рыб.* М. : ВНИРО, 1972. 132 с.
5. *Каграманова Л.К., Ермольева З.В.* Сравнительная характеристика методов определения активности лизоцима // *Антибиотики.* 1966. Т. 11, № 10. С. 917–919.
6. *Вихман А.А., Генералова Л.П.* Методические указания по количественному анализу гуморальных факторов резистентности в органах и тканях рыб. М. : ВНИИПРХ, 1991. 68 с.
7. *Практикум по иммунологии : учеб. пособие / под ред. И.А. Кондратьевой, В.Д. Самуилова.* М. : МГУ, 2002. 224 с.
8. *Методические указания по определению уровня естественной резистентности и оценке иммунного статуса рыб.* М. : Минсельхозпрод, 1999. 24 с.
9. *Кондратьева И.А., Киташиова А.А.* Функционирование и регуляция иммунной системы рыб // *Иммунология.* 2002. № 2. С. 97–101.
10. *Кондратьева И.А., Киташиова А.А., Ланге М.А.* Современные представления об иммунной системе рыб. Ч. 1. Организация иммунной системы рыб // *Вестник МГУ. Сер. 16. Биология.* 2001. № 4. С. 11–20.
11. *Флоренсов В.А., Пестова И.М.* Очерки эволюционной иммуноморфологии. Иркутск : Изд-во Иркут. ун-та, 1990. 248 с.
12. *Житенева Л.Д., Макаров Э.В., Рудницкая О.А.* Эволюция крови. Ростов н/Д : Деловой мир, 2001. 114 с.
13. *Fänge R.* Lymphoid organs in sturgeons (*Acipenseridae*) // *Vet. Immunol. And Immunopathol.* 1986. Vol. 12, № 4. P. 153–161.

14. Tavassoli M. Bone marrow in boneless fish: lessons of evolution // Med. Hypotheses. 1986. Vol. 20, № 1. P. 9–15.
15. Иванова Н.Т. Система крови. Материалы к сравнительной морфологии системы крови человека и животных. Ростов н/Д : Изд-во РГПИ, 1995. 155 с.
16. Арцимович Н.Г., Настоящая Н.Н., Казанский Д.Б., Ломакин Н.С. Печень как орган иммунобиологической системы гомеостаза // Успехи современной биологии. 1992. Т. 112, № 1. С. 88–99.
17. Балабанова Л.В., Степанова В.М. Хроническое действие нафталина и дихлофоса на иммунокомпетентные клетки мозамбикской тиляпии (*Oreochromis mossambicus Peters*) // Биология внутренних вод. 2000. № 4. С. 146–155.
18. Кузьмина Н.С. Видовые, сезонные, половые отличия индекса селезенки некоторых видов черноморских рыб и его подверженность антропогенному фактору // Вестник зоологии. 2008. Т. 42, № 2. С. 135–142.
19. Кузьмина Н.С., Салехова Л.П. Индексы печени и селезенки как биоиндикаторы состояния черноморских рыб // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов : сб. материалов конф. Петрозаводск, 2007. С. 81–82.
20. Goede R.W., Barton B.A. Organismic Indices and Autopsy-Based Assessment as Indicators of Health and Condition of Fish // Amer. Fish. Soc. Symp. 1990. Vol. 8. P. 93–108.
21. Заботкина Е.А., Лапирова Т.Б. Влияние пестицидов на иммунофизиологический статус рыб (обзор) // Успехи современной биологии. 2004. № 4. С. 361–368.
22. Маянский Д.Н. Проблема иммунитета в общей патологии // Методологические аспекты современной иммунологии : сб. науч. трудов. Новосибирск : Наука, 1991. С. 74–84.
23. Weeks B.A., Anderson D.P., DuFour A.P. Immunological Biomarkers to Assess Environmental Stress // Biomarkers. Biochemical, Physiological and Hystological Markers of Anthropogenic Stress. Keystoun, 1989. 384 p.
24. Wang Wen-bo, Li Ai-hua, Wang Jian-guo, Cai Tao-zhen, Wu Yu-shen. Влияние стресса от чрезмерной плотности посадки на неспецифические иммунные функции у *Ctenopharyngodon idellus* // J. Fish. China. 2004. Vol. 28, № 2. P. 139–144.
25. Jee Jung-Hoon, Kim Seong-Gil, Kang Ju-Chan. Effects of phenanthrene on growth and basic physiological functions of the olive flounder, *Paralichthys olivaceus* // J. Exp. Mar. Biol. and Ecol. 2004. Vol. 304, № 1. P. 123–136.
26. Jin Xiao-min, Wu Yin, Lu Gang, Gui Yuan-ming, Liu Yan-fang. Влияние двух пиретроидных пестицидов на лизоцим и глутамат-пируват-трансаминазу сыворотки у *Cyprinus carpio* // Fish. Sci. 2006. Vol. 25, № 8. P. 383–386.
27. Jee J., Masroor F., Kang J. Responses of cypermethrin-induced stress in haematological parameters of Korean rockfish, *Sebastes schlegeli* (Hilgendorf) // Aquacult. Res. 2005. Vol. 36, № 9. P. 898–905.
28. Бухарин О.В., Васильев Н.В. Лизоцим и его роль в биологии и медицине. Томск : Изд-во Том. ун-та, 1974. 207 с.
29. Лапирова Т.Б. Влияние перметрина на лейкоцитарную формулу молоди осетра // Токсикологический вестник. 2009. № 6. С. 21–25.
30. Лапирова Т.Б., Микряков В.Р. Влияние некоторых стресс-факторов на функциональное состояние гуморального звена неспецифического иммунитета молоди карпа // Вопросы рыболовства. 2005. Т. 6, № 4 (24). С. 771–780.
31. Лапирова Т.Б., Изюмов Ю.Г., Микряков В.Р. Влияние ионов кадмия на антибактериальные свойства тканей личинок плотвы (*Rutilus rutilus* L.) // Проблемы охраны здоровья рыб в аквакультуре : сб. материалов науч.-практ. конф. М. : Россельхозакадемия, 2000. С. 80–81.
32. Lutnicka H. The influence of type I and type II pyrethroids on fish organism // Toxicol. Lett. 2002. Vol. 135, suppl. 1. P. 159.

Tatiana B. Lapirova

I.D. Papanin Institute of Biology of Inland Water of Russian Academy of Sciences (IBIW RAS),
Borok, Nekouz region, Yaroslavl district, Russia

REACTION OF SIBERIAN STURGE FINGERLING (*Acipenser baerii* Brandt) IMMUNOPHYSIOLOGICAL INDICATORS TO THE PERMETHRIN ACTION

The paper studies the influence of the pesticide permethrin (concentration 0,1 µg/L, which accounted for 0.1 of the established 96-hour: LC_{50}) on some morphophysiological and immunological parameters of Siberian sturgeon fingerling in a chronic experiment. The results of the experiment revealed active participation of all investigated immunocompetent organs (heart, spleen, liver) in response to the toxic effects. Fluctuations in the relative masses found for all organs, the most obvious changes were observed in the values of hepatosomatic index, which were significantly lower than the controls at the end of the observation period (8 weeks).

A hepatotoxic effect of the pesticide is also confirmed by the decrease in the level of total serum protein, detected in the experimental fish. Proteinsynthesis oppression, in turn, is one of the reasons for humoral protection suppression. Another important reason for reducing the production of innate immunity humoral factors may be a malfunction of leukopoiesis processes, caused by the toxic effect of pesticide on immunocompetent organs. The combination of these effects could lead to a decrease in protective properties of serum. This statement is confirmed by our data on the complete suppression of blood serum bacteriostatic properties at the end of the observation period.

Besides the shifts in relative mass of immunocompetent organs, in their tissues there were noticed fluctuations in the concentration of lysozyme. Maximum excess against control values was revealed during the first sampling period in the extracts from tissues of heart and spleen, which had the largest concentrations of lymphomyeloid tissue – about 8 and 7 times respectively. Such a sharp rise in the concentration of lysozyme can lead subsequently to the depletion of resources of the humoral protection and persistent reduction in the level of enzyme in tissues.

Generally, the observed changes are characteristic of nonspecific stress response case. It is noteworthy that by the end of the experiment not all of the tested parameters had recovered to control values (as this happens during the adaptation phase), which is indicative of intense violation of homeostatic mechanisms. The obtained data supports the conclusion of high toxicity of permethrin for the fingerling sturgeon, even when exposed to low sublethal concentrations.

Key words: permethrin; siberian sturgeon fingerling; *Acipenser baerii* Brandt; immunological indicators; chronic experiment.

Received May 05, 2011