

РЫБОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТОКСИКОЛОГИЯ

УДК: 628.394.6:597 (262.54)

**НАКОПЛЕНИЕ ПЕСТИЦИДОВ В ПЕЧЕНИ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ
ПРОМЫСЛОВЫХ РЫБ АЗОВСКОГО МОРЯ В СОВРЕМЕННЫЙ ПЕРИОД**

© 2015 г. Л.А. Бугаев¹, О.А. Зинчук¹, А.В. Войкина^{1,2}, В.А. Валиуллин¹,
Ю.Э. Карпушина¹, Т.М. Смыр¹

¹Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства, Ростов-на-Дону, 344002

²Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, 344006

E-mail: l-bugayov@yandex.ru

Поступила в редакцию 01.08.2014 г.

Проведено исследование оценки уровня накопления ряда современных пестицидов в печени промысловых рыб Азовского моря (бычок-кругляк, пиленгас, судак, тарань) в период 2008–2012 гг. Выявлено, что исследуемые пестициды накапливаются в организме рыб, при этом в весенний сезон уровень накопления поллютантов был выше, чем в осенний. На основе оценки гематологических показателей рыб показано отсутствие выраженных физиологических эффектов на фоне попадания пестицидов внутрь организма в выявленных концентрациях.

Ключевые слова: пестициды, предельно допустимая концентрация, высокоэффективная жидкостная хроматография, действующие вещества, пестицидное загрязнение, Азовское море, бычок-кругляк, пиленгас, тарань, судак, гематология.

ВВЕДЕНИЕ

Основной водосбор Азовского моря приходится на Ростовскую область и Краснодарский край — регионы, традиционно считающиеся сельскохозяйственными. Широкое применение современными аграрными хозяйствами различных ядохимикатов (гербицидов, инсектицидов, акарицидов и др.) создает угрозу попадания этих веществ через поверхностные и грунтовые воды в экосистему Азовского моря. Являясь токсичными, пестициды при попадании в водную среду могут оказывать негативное воздействие на гидробионтов всех уровней организации, в том числе рыб (Лукьяненко, 1987; Врочинский, Мухопад, 1988). Пестициды обладают высокой биологической активностью и сродством с биологическими субстратами, что обеспечивает их циркуляцию и накопление в разных звеньях экосистемы (Ракитский, 1997; Ракитский, Синицкая, 2004; Короткова и др., 2010). Пестициды могут

воздействовать не только на биообъекты-мишени, но и на другие организмы, вызывая различные патологические изменения как у отдельных гидробионтов, так и у целых сообществ.

При рациональном применении химикатов в сельском хозяйстве в водоемы попадает минимальное количество препаратов (Санитарная охрана ..., 1974). Несмотря на сравнительно низкие концентрации в воде и донных отложениях, пестициды могут довольно интенсивно накапливаться в жизненно важных органах и тканях практически всех гидробионтов моря, особенно у рыб как высшего трофического звена в водных экосистемах. В организм рыб пестициды поступают в основном осмотически через жабры и частично кожу, распределяются по всем органам и тканям, концентрируясь в наибольших количествах во внутренних органах (печени, почках, стенке кишечника, селезенке).

Цель исследования — оценка содержания пестицидов в печени производителей

бычка-кругляка *Neogobius melanostomus*, тарани *Rutilus rutilus heckeli*, судака *Sander lucioperca* и пиленгаса *Liza haematocheilus*. Все исследуемые объекты занимают различные экологические ниши в экосистеме Азовского моря, а степень накопления поллютантов, в том числе и пестицидов, в организмах исследуемых видов рыб зависит от ряда факторов: ареала, миграционной активности, спектров питания и других.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследования проводили в 2008–2012 гг. в весенний и осенний сезоны в Азовском море (пиленгас, судак, тарань) и Таганрогском заливе (бычок-кругляк, пиленгас, тарань). В полевых условиях производили первичное обследование рыб, которое заключалось в регистрировании основных изменений внешних покровов и жаберного аппарата. При осмотре внутренних органов особое внимание уделяли исследованию печени: устанавливали ее форму и величину, цвет, консистенцию, гиперемии или анемию, кровоизлияния. Сбор морфофизиологических данных включал в себя определение длины тела рыб, массы тушки (тела рыбы с удаленными внутренними органами), массы печени и расчета индекса печени.

Для химико-токсикологических исследований производили анализ содержания пестицидов в печени рыб методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Акцентирование на этом органе связано с тем, что печень играет большую роль в детоксикации вредных веществ, а высокое содержание жира обеспечивает условие для накопления в органе липофильных веществ, к которым относятся и пестициды нового поколения. У выловленных производителей перечисленных выше видов рыб отбирали пробы тканей печени. Печень замораживали и хранили при температуре -18°C для последующего лабораторного анализа.

Экстрагирование веществ из образцов биоматериала проводили согласно принятым методикам (Другов, Родин, 2002а, б). Экс-

тракцию пестицидов из печени рыб осуществляли ацетонитрилом. Очистку экстрактов производили перераспределением в системе несмешивающихся растворителей и с использованием патронов для твердофазной экстракции. Для удаления липидов экстракты печени подвергали ультразвуковой очистке.

Полученные экстракты хроматографировали на жидкостном хроматографе фирмы «Applied Biosystems» (США) с ультрафиолетовым детектором, снабженным дегазатором и термостатом колонки. Условия хроматографирования были следующие: колонка 4,6×150 мм Reprosil-PUR ODS-3,5 мкм (Элсико, Россия); рабочая длина волны — 230 нм; термостатирование при $+40^{\circ}\text{C}$; подвижная фаза: ацетонитрил — 0,005 М ортофосфорная кислота в соотношении 3:2 (по объему) в изократическом режиме; скорость потока 0,6 мл/мин; объем вводимого в хроматограф экстракта пробы — 10 мкл.

Оценивали содержание в печени следующих действующих веществ пестицидов: дифлуфеникана, имазадила, имазетапира, имидаклоприда, ипродиона, метрибузина, пенцикурона, тиаметоксама, фамоксадона, флумиоксазина, хизалофоп-*P*-этила, ципросульфамида, этофумезата.

При проведении гематологических анализов кровь брали из хвостовой артерии рыб сразу же после отлова для предупреждения изменений общей картины показателей. Для фиксирования препарата использовали смесь Никифорова. Окрашивание препаратов крови проводили по методу Романовского с последующим окрашиванием и фиксацией раствором Май-Грюнвальда (Глаголева, 1981). Анализ крови включал фиксирование возможных цитологических деформаций (Иванова, 1983; Житенева и др., 1989, 1997).

Полученные данные подвергали статистической обработке (Лакин, 1990). Вторичную обработку данных осуществляли методами корреляционного анализа и сравнения выборочных характеристик по *U*-критерию Манна—Уитни. Различия между двумя выборками считали достоверными при $p \leq 0,05$.

Для статистической обработки данных применяли специализированные программы MS Excel и StatSoft Statistica.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе токсикологических и гематологических исследований было обследовано по 50–120 половозрелых особей бычка-кругляка, пиленгаса, судака и тарани в каждый из сезонов наблюдения.

Сравнительный анализ морфологических параметров рыб, принадлежащих к разным видам, в период 2008–2012 гг. приведен в табл. 1. Такие показатели, как длина и масса, отражали не сезонные особенности популяций рыб, а признаки фактически вы-

ловленной для анализа рыбы. Среди морфологических показателей важное внимание уделяется индексу печени, который, как считается, отражает общее состояние особи в аспектах жиронакопления и токсического поражения и в общем безотносителен к размерным и массовым (масса тушки) характеристикам особи. Из полученных данных видно, что у бычка-кругляка и пиленгаса в осенний сезон средние значения индекса печени были достоверно выше, чем в весенний. Это можно объяснить подготовкой к наиболее напряженным и сложным условиям существования в зимний период (Lemly, 1993). При этом дисперсии показателей между выборками из разных сезонов не различались. У судака и тарани, напротив, осенние среднегруп-

Таблица 1. Морфофизиологические показатели производителей исследуемых видов рыб

| Сезон | Длина, см | Масса, г | | Индекс печени, % |
|---------------|----------------------------------|--|----------------------------------|--------------------------------|
| | | тушки | печени | |
| Бычок-кругляк | | | | |
| Весна | $\frac{15,7 \pm 0,4}{13,0-20,4}$ | $\frac{80,0 \pm 4,0}{47,3-146,9}$ | $\frac{3,2 \pm 0,3}{1,2-10,7}$ | $\frac{3,8 \pm 0,2}{2,0-7,3}$ |
| Осень | $\frac{15,0 \pm 0,2}{11,0-19,5}$ | $\frac{67,0 \pm 2,5}{27,5-143,6}$ | $\frac{4,0 \pm 0,3}{0,7-13,3}$ | $\frac{5,4 \pm 0,2}{1,6-12,0}$ |
| Пиленгас | | | | |
| Весна | $\frac{46,6 \pm 0,5}{30,0-58,0}$ | $\frac{1281,0 \pm 39,0}{310,0-2470,0}$ | $\frac{29,1 \pm 1,4}{3,8-67,1}$ | $\frac{2,2 \pm 0,1}{0,3-4,4}$ |
| Осень | $\frac{42,0 \pm 1,2}{22,5-58,0}$ | $\frac{1087,0 \pm 85,7}{280,0-2900,0}$ | $\frac{28,7 \pm 3,3}{4,5-146,0}$ | $\frac{2,6 \pm 0,2}{0,9-5,6}$ |
| Судак | | | | |
| Весна | $\frac{40,2 \pm 1,5}{23,3-65,0}$ | $\frac{812,0 \pm 99,2}{163,0-3345,0}$ | $\frac{17,6 \pm 2,3}{3,5-72,5}$ | $\frac{2,1 \pm 0,1}{1,3-3,4}$ |
| Осень | $\frac{39,0 \pm 1,4}{25,0-55,0}$ | $\frac{743,0 \pm 59,4}{203,0-1300,0}$ | $\frac{11,4 \pm 0,9}{2,7-21,5}$ | $\frac{1,6 \pm 0,1}{0,9-2,8}$ |
| Тарань | | | | |
| Весна | $\frac{17,5 \pm 0,1}{14,5-22,0}$ | $\frac{93,0 \pm 2,1}{58,5-209,1}$ | $\frac{1,5 \pm 0,1}{0,4-3,4}$ | $\frac{1,6 \pm 0,1}{0,5-3,5}$ |
| Осень | $\frac{18,8 \pm 0,2}{15,0-22,5}$ | $\frac{125,0 \pm 4,1}{49,0-208,0}$ | $\frac{1,9 \pm 0,1}{0,8-3,5}$ | $\frac{1,5 \pm 0,1}{0,7-4,0}$ |

Примечание. Над чертой – среднее значение и ошибка средней, под чертой – диапазон показателей min – max.

НАКОПЛЕНИЕ ПЕСТИЦИДОВ В ПЕЧЕНИ

повые значения индексов были достоверно ниже весенних.

Корреляционный анализ, направленный на выявление зависимости значений индекса печени от длины тела и массы тушки, показал отсутствие линейной связи между показателями. При этом масса печени положительно коррелировала с массой тушки у всех видов рыб ($r = 0,81$), что можно расценить как один из признаков нормального состояния печени.

Степень накопления пестицидов в тканях печени рыб зависит от ряда факторов — концентрации их в воде и способности кумулироваться в жиросодержащих тканях, от скорости обменных процессов в организме рыб, особенностей гидрологического и гидрохимического режима водоема, сезона года и т.д.

В период с 2008 по 2012 гг. в печени у производителей бычка-кругляка в весенний сезон были обнаружены пестициды 11 наименований; в осенний — столько же (рис. 1, а).

Выявить какие-то однонаправленные изменения, привязанные к сезонам, в данном случае нельзя. По ряду веществ (дифлуфеникан, пенцикурон, фамоксадон, флумиоксазин) сезонное превышение отмечено весной, по другим (имазалил, ципросульфамид) — осенью. Анализ частоты обнаружения тех или иных пестицидов в печени бычка-кругляка показал, что весной только метрибузин и фамоксадон встречались у половины обследованных рыб (табл. 2). Остальные вещества встречались реже или единично. Осенью частота обнаружения пестицидов в обследованной выборке была ниже весенней. Наиболее часто выявляемое вещество имазалил было определено у 44% особей. Из всех обнаруженных веществ наибольшей токсичностью для рыб обладает пестицид имазалил. Таким образом, учитывая количественные показатели, можно заключить, что весной уровень пестицидного накопления в печени рыб был выше, чем осенью.

Таблица 2. Доля рыб, в печени которых обнаружены исследуемые пестициды в весенний и осенний сезоны 2008–2012 гг., %

| Сезон наблюдения | Дифлуфеникан | Имазалил | Имазетапир | Имидаклоприд | Ипроднон | Метрибузин | Пенцикурон | Тиаметоксам | Фамоксадон | Флумиоксазин | Хизалофоп-П-этил | Ципросульфамид | Этофумезат |
|----------------------|--------------|----------|------------|--------------|----------|------------|------------|-------------|------------|--------------|------------------|----------------|------------|
| Бычок-кругляк | | | | | | | | | | | | | |
| Весна | 13 | 6 | 9 | 28 | 34 | 53 | 34 | 3 | 50 | 38 | 0 | 6 | 9 |
| Осень | 0 | 44 | 14 | 30 | 19 | 31 | 8 | 5 | 22 | 22 | 9 | 30 | 15 |
| Пиленгас | | | | | | | | | | | | | |
| Весна | 6 | 9 | 24 | 13 | 23 | 48 | 17 | 2 | 12 | 31 | 12 | 30 | 30 |
| Осень | 0 | 44 | 18 | 31 | 13 | 33 | 8 | 0 | 15 | 28 | 13 | 56 | 28 |
| Судак | | | | | | | | | | | | | |
| Весна | 8 | 27 | 43 | 8 | 30 | 46 | 14 | 5 | 27 | 30 | 8 | 27 | 22 |
| Осень | 4 | 8 | 32 | 20 | 4 | 28 | 4 | 0 | 28 | 32 | 16 | 60 | 20 |
| Тарань | | | | | | | | | | | | | |
| Весна | 14 | 24 | 23 | 35 | 33 | 49 | 43 | 1 | 42 | 47 | 12 | 34 | 24 |
| Осень | 2 | 8 | 3 | 32 | 12 | 58 | 17 | 3 | 33 | 29 | 15 | 44 | 39 |

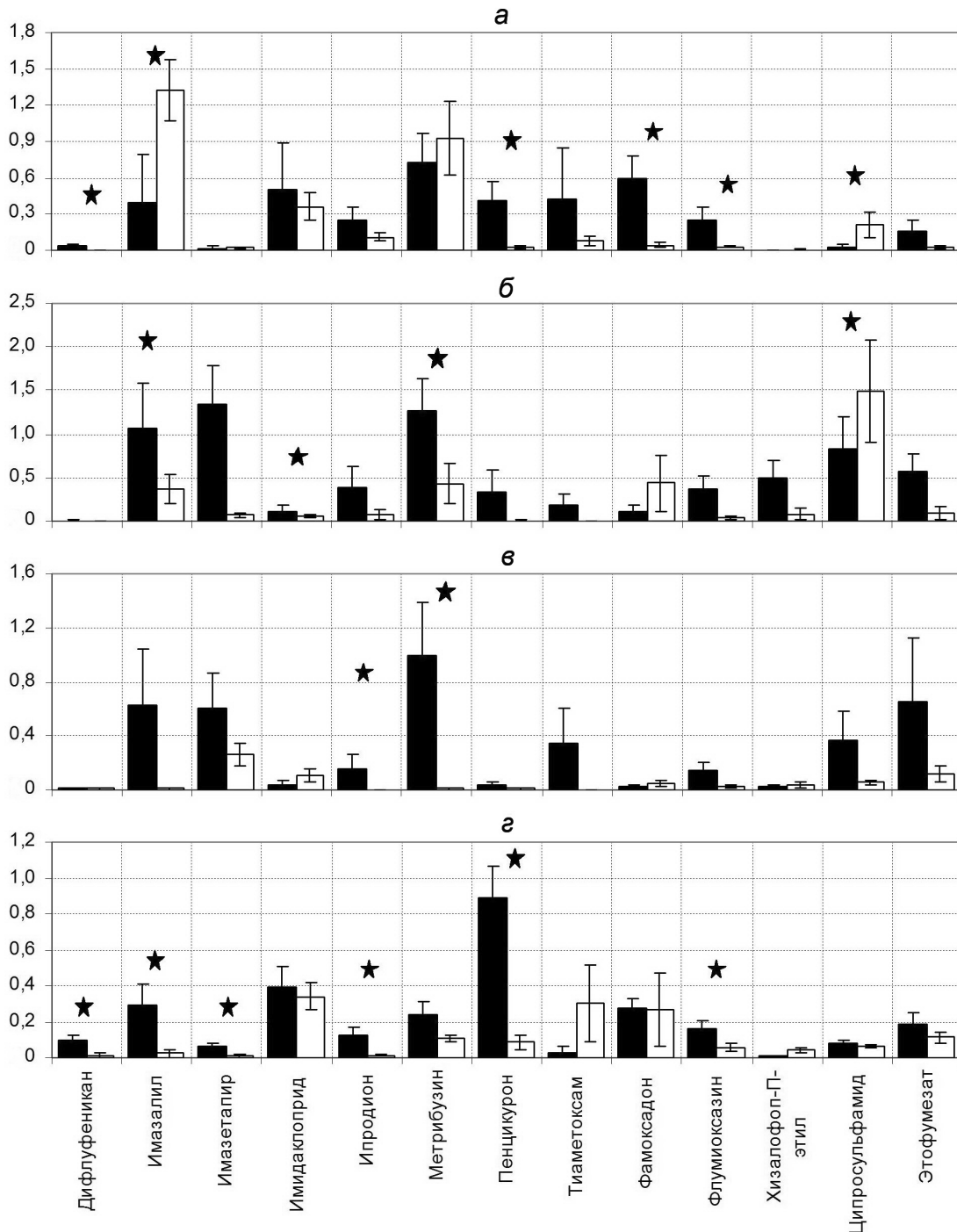


Рис. 1. Средние значения накопления различных пестицидов в печени бычка-крутяка (а), пиленгаса (б), судака (в), тарани (г) весной (■) и осенью (□), мкг/г сырой массы; (★) — различия между сезонами достоверны при $p \leq 0,05$.

У производителей пиленгаса в весенний сезон в тканях печени были обнаружены все изучаемые пестициды (рис. 1, б), в осенний — 10 веществ.

У рыб в количественном выражении в весенний сезон был выше, чем в осенний, по 11 наименованиям (исключение составляли фамоксадон и ципросульфамид).

При этом средние значения обнаруженных концентраций весной были статистически достоверно выше по трем веществам. Из числа исследуемых пестицидов в весенний сезон наиболее часто обнаруживался метрибузин (табл. 2), остальные вещества встречались реже. Осенью имазалил и ципросульфамид были обнаружены у половины обследованных рыб. В целом в весенний сезон по абсолютным показателям среднегруппового уровня накопления веществ и частоте обнаружения интоксикация организма рыб пестицидами была выше, чем в осенний.

В печени производителей судака в весенний сезон также были обнаружены все исследуемые пестициды. Имазетапир, ипродион, метрибузин и флумиоксазин обнаруживались в выборке более чем в 30% случаев (табл. 2). Осенью шесть из 13 анализируемых веществ или встречались в печени рыб единично, или вообще отсутствовали. По абсолютным показателям среднегрупповые значения, полученные весной, были статистически более высокими, чем осенью для ипродиона и метрибузина (рис. 1, в). Обобщая полученные результаты, можно сказать, что выраженных межсезонных различий по среднегрупповым показателям накопления пестицидов в печени обнаружено не было, за исключением ипродиона и метрибузина (рис. 1, в).

У производителей тарани и в весенний, и в осенний сезоны в печени определялись все исследуемые пестициды. Оценка содержания пестицидов в рыбе показала, что весной в сравнении с осенью по шести пестицидам обнаружено сезонное превышение абсолютных значений (рис. 1, г). Частота выявления большинства пестицидов также была выше в весенний сезон. Наиболее часто весной в печени тарани определяли имидаклоприд, метрибузин, пенцикурон, фамоксадон, флумиоксазин, ципросульфамид; осенью самыми массовыми были метрибузин, ципросульфамид и этофумезат. В целом интоксикация рыб в весенний сезон была выше, чем в осенний.

Обобщая полученные данные, можно отметить, что наибольший уровень накопле-

ния токсических поллютантов в печени рыб всех исследованных видов был отмечен в весенний сезон. Данные факты согласуются с результатами эколого-токсикологических исследований среды обитания гидробионтов: максимальное загрязнение воды и донных отложений любыми группами поллютантов (нефтяные углеводороды, хлорорганические вещества, соли тяжелых металлов и т.д.) выявляется в первой половине весны. Это объясняется сезонными особенностями циркулирования и поступления персистентных веществ в экосистему водоема вместе с тальми поверхностными и грунтовыми водами (Кленкин и др., 2007).

Анализ показал, что в обследованной выборке всех видов рыб среди пестицидов наиболее часто встречались метрибузин, флумиоксазин и ципросульфамид (рис. 2).

Общий уровень интоксикации у судака и пиленгаса, учитывая частоту обнаружения пестицидов в печени рыб, был ниже, чем у тарани и бычка-кругляка. Это можно объяснить тем, что судак и пиленгас обладают высокой миграционной активностью и способностью избегать участки повышенного загрязнения. Основная часть популяции тарани распределяется в Таганрогском и Ясенском заливах, которые испытывают существенный прессинг антропогенного происхождения. Для бычка-кругляка характерен оседлый образ жизни и, соответственно, уязвимость в случае возникновения неблагоприятных ситуаций, связанных с загрязнением, гипоксией, гипертермией в местах его обитания.

Антропогенное загрязнение вод создает «экстремальность» условий обитания для живых организмов. Токсичные вещества являются дополнительной нагрузкой на организм и способны изменять уровень метаболизма. Для выживания в условиях токсического загрязнения вод особи несут энергетические затраты по детоксикации, что отражается на их морфофизиологических показателях (Моисеенко, 2000).

В связи с обнаружением в тканях рыб токсических веществ закономерен вопрос

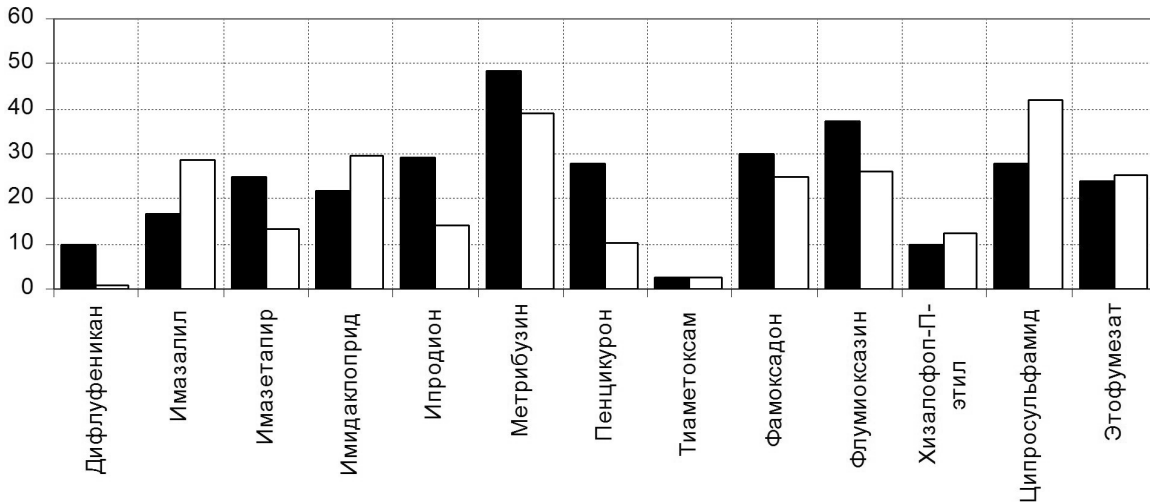


Рис. 2. Частота встречаемости пестицидов в печени рыб из обследованной выборки весной (■) и осенью (□) 2008–2012 гг., %.

о влиянии накопления пестицидов на физиологическое состояние рыб. При оценке экологического состояния водоемов, физиологические показатели (данные гематологических исследований, индекс печени и др.) имеют очевидные преимущества, так как непосредственно регистрируют «ответы» биоты на загрязнение.

Патолого-анатомический анализ рыб как в весенний, так и в осенний периоды показал отсутствие признаков, характерных для острой или хронической интоксикации. К постоянным признакам при большинстве токсикозов рыб относят различные формы нарушения кровообращения в жаберном аппарате: застой крови, кровоизлияния, токсический отек, увеличение объема и дряблости жабр. Изменений в жаберном аппарате не было обнаружено ни у одной особи. Визуально состояние печени у представителей всех исследуемых видов рыб было удовлетворительным или носило следы травматических нарушений, не связанных с возможной интоксикацией.

Такие персистентные вещества, как пестициды, накапливаясь в организме, могут оказывать влияние на общее состояние рыб. Как проявление адаптационных реакций можно ожидать стереотипную реакцию —

увеличение размеров и массы печени, а следовательно, и величины гепатосоматического индекса. С этой целью был проведен корреляционный анализ, позволяющий оценить величину линейной зависимости между накоплением пестицидов и массой печени рыб (рис. 3).

Анализ показал, что ни весной, ни осенью у исследованных видов рыб не было отмечено зависимости уровня интоксикации от увеличения массы печени. Корреляция показателей была недостоверной, что говорит о случайном характере связей между данными признаками. Видно, что даже при отсутствии в печени исследуемых пестицидов значения индекса печени варьируют.

Таким образом, можно предположить, что зафиксированный уровень накопления пестицидов не проявляется в морфологических изменениях внутренних органов, печени в частности. В этой связи не следует утверждать, что изучаемые пестициды безвредны для организма рыб. Речь идет исключительно о выявленном уровне интоксикации и его возможном влиянии на морфологию печени.

Для понимания общего состояния организма в текущее время важны гематологические показатели, которые устанавливаются на основе качественных и количественных

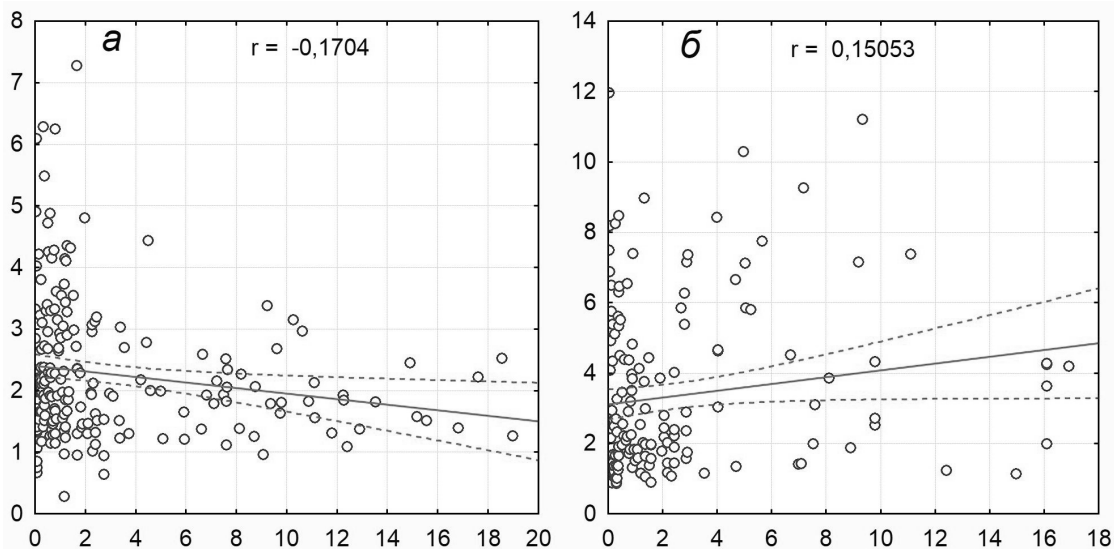


Рис. 3. Зависимость величины гепатосоматического индекса (по оси ординат, %) от суммарной концентрации накопленных в печени пестицидов (по оси абсцисс, мкг/г сырой массы) у рыб из обследованной выборки весной (а) и осенью (б) 2008–2012 гг.; (-o-) — 95%-ный доверительный интервал.

изменений форменных элементов крови. Форменные элементы крови при интоксикации подвергаются дистрофии и некробиозу, в эритроцитах регистрируют анизоцитоз, пойкилоцитоз, шистоцитоз, полихромазию и другие патологические изменения (Житенева и др., 1989, 1997).

В целом можно отметить, что по показателям крови у большинства (87%) обследованных рыб диагностировалось нормальное состояние организма. Уровень эритропоэза варьировал в пределах коридора нормы и свидетельствовал о высоких адаптационных возможностях системы красной крови. Воспалительные процессы были отмечены единично и, как правило, сопровождалась гельминтозом или признаками остаточной или тотальной резорбции в гонадах.

Исследование морфологии крови всех видов рыб за исследуемый период выявило ряд нарушений (рис. 4). Наиболее часто во все сезоны имели место гипохромазия и пойкилоцитоз. Эти изменения эритроцитов наряду с анизоцитозом, как правило, свидетельствуют о проявлении стресса, связанного с гипертермией, нерестом и его последствиями, а также с недостатками спектра

питания (Истаманова и др., 1973; Житенева, 1999). Патологические нарушения красной крови, которые могут быть следствием токсических воздействий или выраженных по своей интенсивности негативных факторов среды, — это вакуолизация и коагуляция цитоплазмы, набухание эритроцитов, разрушение ядер, шистоцитоз. Данные виды нарушений красной крови или отсутствовали вообще в отдельные сезоны, или доля рыб-носителей подобных нарушений была незначительна в исследованной выборке. Следует отметить, что даже при наличии тех или иных морфологических нарушений эритроцитов они не носили генерализованного характера и не определяли общую картину крови. В целом функциональное состояние рыб, исходя из результатов гематологического анализа, было нормальным.

Известно, что гематологические показатели, обладая высокой лабильностью, служат индикатором патологических процессов в организме. Тем не менее неспецифичность реакции крови не позволяет точно определить источник измененного физиологического состояния. Для выявления некоторых закономерностей между интоксикацией организма

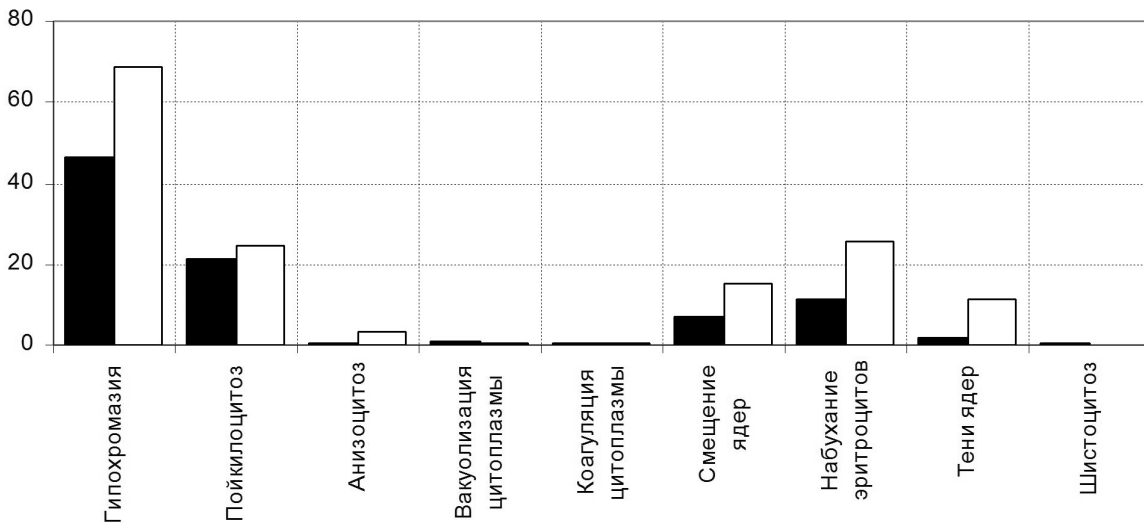


Рис. 4. Доля рыб с выявленными нарушениями морфологии эритроцитов среди всех обследованных особей весной (■) и осенью (□) 2008–2012 гг., %.

рыб поллютантами и реакцией крови был проведен анализ на выявление связи обнаружения пестицида в печени с возникновением морфологических нарушений в красной крови. Следует сказать, что проведенный анализ учитывал не концентрацию вещества в печени, а лишь его наличие или отсутствие. Корреляционный анализ признаков исследовали с помощью коэффициента контингенции Шарлье, позволяющего оценить степень сопряженности качественных признаков.

Анализ полученных корреляций показал, что между наличием/отсутствием тех или иных морфологических нарушений красной крови и наличием/отсутствием в печени пестицидов зависимости нет. Этот факт свидетельствует о случайном характере взаимосвязи интоксикации с нарушениями в эритроцитах. Данное наблюдение не является доказательством безопасности накопленных в печени рыб пестицидов, а скорее свидетельствует о том, что концентрации веществ слишком малы или сами вещества надежно инактивированы клеточными или ферментативными защитными системами. С другой стороны, неспецифичность реакции крови на различные экзо- или эндогенные воздействия не позволяет четко отделить по-

следствия интоксикации от, например, инвазивных, гидрологических, трофических или иных факторов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что в печени пиленгаса, судака, тарани и бычка-кругляка обнаруживаются следующие действующие пестициды: дифлуфеникан, имазалил, имазетапир, имидаклоприд, ипродион, метрибузин, пенцикурон, тиаметоксам, фамоксадон, флумиоксазин, хизалофоп-*П*-этил, ципросульфамид, этофумезат. Обобщая результаты по исследованию накопления пестицидов в печени рыб, можно констатировать, что в исследуемый период 2008–2012 гг. наиболее часто обнаруживались имидаклоприд, метрибузин, фамоксадон, флумиоксазин и ципросульфамид. Остальные пестициды встречались значительно реже, в единичных случаях или не во все сезоны. Зависимости между стабильностью обнаруженных пестицидов и сезоном наблюдения не отмечено. Межсезонные различия проявляются в превалировании абсолютных и относительных показателей интоксикации весной над осенним сезоном.

Физиологическое состояние рыб, оцененное по гематологическим показателям, можно охарактеризовать как удовлетворительное. Обнаруженные отклонения в картине красной и белой крови не носят специфического характера и могут быть следствием воздействия как климатических факторов или интоксикации, так и особенностей периода жизни рыб (нагульный, нерестовый, посленерестовый).

Многолетний качественный и количественный мониторинг применения пестицидных препаратов сельскохозяйственными предприятиями на территории Российской Федерации, осуществляемый Всероссийским НИИ защиты растений Министерства сельского хозяйства РФ, показывает поступательное снижение объемов применения средств химической защиты растений за счет перехода на пестициды новых поколений, которые требуют меньших норм расходов (Слободянюк, Крыцына, 2010; Говоров и др., 2011, 2014). Собственные мониторинговые исследования по пестицидному загрязнению прибрежных акваторий Азовского моря также свидетельствуют о многолетнем тренде снижения общей массы обнаруживаемых в воде пестицидов (Войкина, 2013; Бугаев и др., 2014). При этом обнаруживаемые в воде концентрации пестицидов не превышали предельно допустимых показателей и не оказывали, таким образом, негативного влияния ни на один из уровней трофической цепи Азовского моря. Тем не менее липофильность исследованных в данной работе веществ позволяет им накапливаться в жиродержащих тканях, в частности в печени, а значит, и выступать фактором потенциальной угрозы общему состоянию рыб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Бугаев Л.А., Зинчук О.А., Войкина А.В. и др. Исследования пестицидного загрязнения воды прибрежной зоны Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в 2009–2011 гг. // *Вопр. рыболовства*. 2014. Т. 14. № 4. С. 821–832.

Войкина А.В. Накопление пестицидов в компонентах экосистем Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря и их аддитивное воздействие на гидробионтов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Ростов-н/Д.: Юж. федерал. ун-т, 2013. 24 с.

Врочинский К.К., Мухопад Л.Н. Эколого-гигиенические аспекты миграции пестицидов в водоемах // *Влияние биологически активных веществ на гидробионтов*. 1988. Вып. 287. С. 31–37.

Глаголева Т.П. Инструкция по гематологическому контролю за искусственно выращиваемой молодью лососевых рыб. Рига: БалтНИИРХ, 1981. 38 с.

Говоров Д.Н., Живых А.В., Винокурова К.А. и др. Применение пестицидов. Год 2010-й // *Защита и карантин растений*. 2011. № 11. С. 23–24.

Говоров Д.Н., Живых А.В., Шабельникова А.А. Применение пестицидов. Год 2013-й // Там же. 2014. № 5. С. 7–8.

Другов Ю.С., Родин А.А. Пробоподготовка в экологическом анализе. СПб.: Анатолия, 2002а. 755 с.

Другов Ю.С., Родин А.А. Экологическая аналитическая химия. СПб.: Анатолия, 2002б. 464 с.

Житенева Л.Д. Экологические закономерности ихтиогематологии. Ростов-н/Д.: АзНИИРХ, 1999. 54 с.

Житенева Л.Д., Полтавцева Т.Г., Рудницкая О.А. Атлас нормальных и патологически измененных клеток крови рыб. Ростов-н/Д.: Ростиздат, 1989. 112 с.

Житенева Л.Д., Рудницкая О.А., Калюжная Т.И. Экологогематологические характеристики некоторых видов рыб. Справочник. Ростов-н/Д.: АзНИИРХ, 1997. 149 с.

Иванова Н.Т. Атлас клеток крови рыб. М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1983. 184 с.

Истаманова Т.С., Алмазов В.А., Канаев С.В. Функциональная гематология. Л.: Медицина, 1973. 311 с.

Кленкин А.А., Корпакова И.Г., Павленко Л.Ф., Темердашев Э.А. Экосистема

Азовского моря: антропогенное загрязнение. Краснодар: АзНИИРХ, 2007. 324 с.

Короткова Л.И., Коропенко Е.О., Сюдюкова Т.И. и др. Об актуальности мониторинга хлорорганических пестицидов (ХОП) в рыбах Азово-Черноморского бассейна // Матер. Междунар. науч. конф., посвященной 100-летию со дня рождения Г.В. Никольского. Ростов-н/Д: АзНИИРХ, 2010. С. 193–187.

Лакин Г.Ф. Биометрия. М.: Высш. шк., 1990. 352 с.

Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.: Агропромиздат, 1987. 239 с.

Моисеенко Т.И. Морфологические перестройки организма рыб под влиянием загрязнения (в свете теории С.С. Шварца) // Экология. 2000. № 6. С.463–472.

Ракитский В.Н. Проблема оценки потенциальной и реальной опасности в санитарной токсикологии и гигиене. Уфа: БашГМУ, 1997. С. 12–14.

Ракитский В.Н., Синицкая Т.А. Ассортиментный индекс пестицидной нагрузки территорий в системе социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. 2004. № 5. С. 38–40.

Санитарная охрана внешней среды / Под ред. В.А. Руденко. Л.: Наука, 1974. 191 с.

Слободянюк В.М., Крыцына В.И. Применение пестицидов. Год 2008-й // Защита и карантин растений. 2010. № 3. С. 83.

Lemly A.D. Metabolic stress during winter increases the toxicity of selenium to fish // Aquat. Toxicol. 1993. V. 27. P. 133–158.

ACCUMULATION OF PESTICIDES IN THE LIVER OF SOME COMMERCIAL FISH SPECIES OF THE AZOV SEA IN MODERN PERIOD

© 2015 y. L.A. Bugaev¹, O.A. Zinchuk¹, A.V. Voikina^{1,2}, V.A. Valiullin¹, Yu.E. Karpushina¹, T.M. Smyr¹

¹Azov Fisheries Research Institute, Rostov-on-Don, 344002

²Southern Federal University, Rostov-on-Don, 344006

An assessment has been made on the accumulation of some contemporary pesticides in the liver of such commercial fish species of the Azov Sea as round goby, haarder, pike perch and roach in 2008–2012. The pesticide concentrations found in the fish appeared to be greater in spring than in autumn. Hematological indices of the fish do not show pronounced physiological changes at the background of those pesticide concentrations that have been revealed in the fish.

Keywords: pesticides, maximum permissible concentration, high-performance liquid chromatography, active ingredients, pesticide pollution, azov sea, round goby, haarder, pike perch, roach, hematology.