

Таким образом, анализ показал, что если рассматривать отдельно каждое количество действующего вещества пестицида, обнаруженное в воде Таганрогского залива и Азовского моря, то в этих дозах загрязнение не представляет опасности для гидробионтов. Если предположить максимальный аддитивный характер действия пестицидов, то при обнаруженных дозах ядохимикатов негативное воздействие затрагивает не всю гидросферу, а только ее фрагменты: микроводоросли, зоопланктон и ихтиофауну. Наиболее загрязнены: участок у гирла Миусского лимана, Ейский лиман (район косы Долгой со стороны Азовского моря) и Ясенский залив у гирла Бейсугского лимана.

✓ 628,3941

Токсикологическая характеристика промысловых рыб Азовского моря в 2007 г.

*Л.А. Бугаев, О.А. Зинчук, Т.М. Смыр, А.В. Войкина, И.Н. Игнатенко,
М.В. Матвейчук, Л.С. Радищевская, В.А. Баева*

Исследование накопления тех или иных поллютантов в тканях гидробионтов позволяет оценить персистентность веществ, их устойчивость к биотрансформации. Накопление чужеродных веществ в тканях организма потенциально опасно и может сказаться на физиологических и биохимических процессах, а в некоторых случаях интенсивного токсического воздействия и на морфологии особи. Степень накопления веществ зависит от многих факторов: спектра питания, подвижности (способности активно избегать участков с загрязнением), возраста, климатических условий обитания, персистентности вещества.

Целью исследований являлся анализ функционального и токсикологического состояния промысловых рыб Азовского бассейна при пестицидной интоксикации. В качестве тест-объектов выбраны бычок-кругляк, тарань, пиленгас, судак, вылавливаемые на акватории Таганрогского залива и в Азовском море. Критериями выбора служили такие факторы, как особенности жизненного цикла (вид должен постоянно или большую часть времени обитать в исследуемом водоеме), особенности питания (бентофагия, планктофагия, хищничество), положение в пищевой цепи.

Все исследуемые объекты занимают различные экологические ниши в экосистеме Азовского моря, у них наблюдаются значительные различия в миграционной активности, горизонтах обитания, спектрах питания. Перечисленные особенности являются очень важными факторами,

определяющими степень риска подверженности интоксикации загрязняющими акваторию веществами, в том числе и пестицидами.

Для токсикологических исследований производился анализ содержания действующих веществ пестицидов в печени рыб. Акцентирование на этом органе связано с тем, что печень выполняет в организме роль активного биологического барьера между организмом и окружающей средой, высокое содержание жира обеспечивает условие для накопления в органе липофильных, в том числе и чужеродных, веществ.

После вылова рыбы печень замораживалась при t 20 °С. Экстракция веществ производилась по методикам, описанным в руководствах по проведению экологических анализов (Другов, Родин, 2002а, б). Химический анализ предусматривал количественное определение содержания действующих веществ пестицидов в печени методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Колонка 4,6x150,0 мм Reprosil-PUR ODS-3, 5 мкм (Элсико, Россия); термостатирование – 40 °С; подвижная фаза: Ацетонитрил/вода (70/30) в изократическом режиме; скорость потока 0,3 мл/мин; объем вводимого в хроматограф экстракта пробы - 10 мкл.

В ноябре 2006 г. в ходе морского рейса был произведен отлов производителей пиленгаса и судака. Задачей исследования стал анализ накопления исследуемых веществ в тканях рыб в предзимовальный период. Известно, что в течение всего нагульного сезона, который начинается по окончании нереста, рыбы активно питаются, что отражается в активном полостном жиронакоплении, увеличении массы печени. Логично предположить, что к началу зимы в тканях рыб накапливается максимальное в течение года количество инородных липофильных веществ.

Исследования показали, что в тканях производителей пиленгаса было обнаружено 10 действующих веществ (Имазалил, Имидаклоприд, Ленацил, Метрибузин, Римсульфурон, Тебуконазол, Тиабендазол, Фамоксадон, Цинидон-этил, Ципроконазол). Доля рыб с обнаруженными теми или иными веществами была высока: Имазалил - 100 %, Имидаклоприд - 100 %, Метрибузин - 80 %, Римсульфурон - 80 %, Тиабендазол - 100 %, Цинидон-этил - 80 %, Ципроконазол - 80 %.

Обнаруженные в тканях рыб вещества различаются уровнем своей токсичности и стабильности, поэтому концентрация веществ в печени сама по себе мало информативна. Для проведения сравнительного анализа следует стандартизировать полученные данные. В токсикологии количественной мерой токсичности веществ могут выступать различные

показатели: пороговые концентрации, ПДК, те или иные летальные концентрации. Наиболее точной количественной характеристикой токсичности является значение среднелетальной концентрации ($ЛК_{50}$) так как чувствительность большинства животных в популяции близка среднему значению. Для стандартизации данных нам представляется возможным опираться на относительные единицы: концентрация вещества в печени к среднелетальной концентрации в воде. В данном случае наибольший вклад в суммарную токсичность вносит Имазалил, обладающий очень высокой токсичностью для рыб ($ЛК_{50}=0,037$ мг/л).

В тканях производителей судака были обнаружены: Дикамба, Имазалил, Имидаклоприд, Ленацил, Метрибузин, Пенцикурон, Римсульфурон, Тебуконазол, Тиабендазол, Фамоксадон, Цинидон-этил, Ципроконазол, Этофумесат. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имазалил - 100 %, Имидаклоприд - 100 %, Ленацил, Метрибузин - 71 %, Пенцикурон - 71 %, Римсульфурон - 100 %, Тебуконазол - 71 %, Тиабендазол - 86 %, Цинидон-этил - 71 %, Ципроконазол - 71 %. Как и в предыдущем случае, общая токсичность определялась Имазалилом.

В тканях производителей пиленгаса, отловленных в Азовском море в апреле 2007 г. были обнаружены следующие вещества: Дикамба, Имидаклоприд, Клопиралид, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил, Ципроконазол. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд - 100 %, Римсульфурон - 100 %, Тиабендазол - 86 %, Цинидон-этил - 100 %. Общий уровень токсичности обнаруженных веществ в данной выборке был значительно ниже, чем у пиленгаса, отловленного в осенне-зимний период, в основном за счет отсутствия среди обнаруженных веществ Имазалила. По уровню токсичности наиболее часто встречавшихся веществ (Имидаклоприд, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил) различий между выборками не было.

У судака, отловленного в Азовском море в этот же период были обнаружены следующие вещества: Дикамба, Имидаклоприд, Клопиралид, Метрибузин, Римсульфурон, Тебуконазол, Тиабендазол, Фамоксадон, Цинидон-этил, Ципроконазол, Этофумесат. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд - 100 %, Клопиралид - 56 %, Римсульфурон - 100 %, Тиабендазол - 86 %, Цинидон-этил - 89 %.

У производителей тарани, отловленных в Ейском лимане в марте 2007 г. во время нерестового хода, были обнаружены следующие вещества: Имидаклоприд, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Фамоксадон, Цинидон-этил, Ципроконазол. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд - 100 %, Римсульфурон - 100 %, Тиабендазол - 100 %.

У производителей тарани, отловленных в Ясенском заливе в марте 2007 г. были обнаружены следующие вещества: Имидаклоприд, Ленацил, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил, Ципроконазол. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд - 100 %, Римсульфурон - 100 %, Тиабендазол - 100 %, Цинидон-этил - 100 %, Ципроконазол - 63 %.

Сравнение данных по интоксикации производителей тарани, отловленных в разных местах, показало, что имеется ряд веществ, одинаково часто обнаруживаемых в тканях обеих популяций. Это Имидаклоприд, Римсульфурон и Тиабендазол. Средние концентрации веществ в выборках различны. Основные различия касаются Цинидон-этила и Ципроконазола, которые обнаружены у большинства особей, отловленных в Ясенском заливе, у тарани из Ейского лимана они встречались единично. Также у тарани, отловленной в Ясенском заливе, средняя концентрация имидаклоприда в печени почти в три раза превышала концентрацию этого вещества в печени тарани, отловленной в Ейском лимане. Различие обнаружено также по Тиабендазолу: средняя концентрация этого вещества в печени рыб из Ейского лимана почти в два раза превышала значения у рыб из Ясенского залива. В целом можно сказать, что данные по интоксикации обеих популяций сопоставимы по своим значениям и набору поллютантов.

У половозрелых самцов бычка-кругляка, отловленного в Ясенском заливе в апреле 2007 г. были обнаружены следующие вещества: Дикамба, Имидаклоприд, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил, Ципроконазол, Этофумесат. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд - 100 %, Римсульфурон - 100 %, Тиабендазол - 100 %, Цинидон-этил - 89 %.

У производителей бычка-кругляка, отловленного в Ейском лимане в мае 2007 г., были обнаружены следующие вещества: Дикамба, Имазалил, Имидаклоприд, Клопиралид, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил, Ципроконазол, Этофумесат. Наиболее часто в тканях обнаруживались: Имидаклоприд - 100 %, Римсульфурон - 100 %, Тиабендазол - 100 %.

Сравнительный анализ популяций бычка-кругляка, отловленного в Ясенском заливе и в Ейском лимане показывает, что помимо общих поллютантов, встречающихся у большинства рыб (Имидаклоприд, Римсульфурон, Тиабендазол), имеются различия в наборе обнаруженных веществ. В Ейском лимане у значительной части рыб обнаружены Дикамба, Имазалил, Клопиралид и Метрибузин; в Ясенском заливе -

Цинидон-этил. Суммарная интоксикация действующими веществами была выше у бычка из Ейского лимана за счет токсичного Имазалила.

Обобщая результаты по интоксикации рыб действующими веществами современных пестицидов можно констатировать, что наиболее часто в печени обнаруживались следующие вещества: Имидаклоприд, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил (рис. 1). Остальные действующие вещества встречались значительно реже или в единичных случаях.

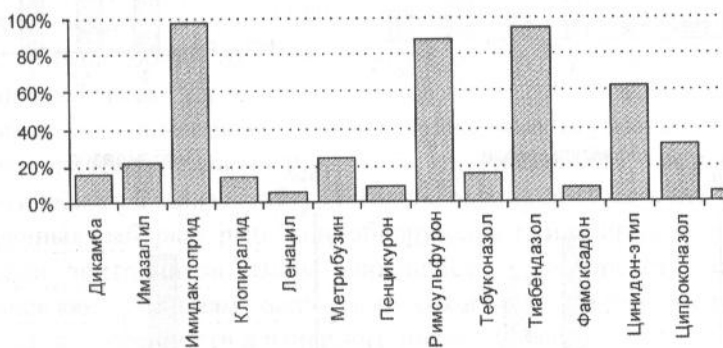


Рис. 1. Частота встречаемости интоксикации действующими веществами пестицидов во всей обследованной выборке рыб

При исследовании рыб, относящихся к различным экологическим группам, закономерен вопрос о различиях уровней их интоксикации действующими веществами пестицидов. Источники отличий могут быть многочисленны: это и ареал обитания, и активность избегания загрязненных участков, и спектр питания.

Если анализировать рыб, отловленных примерно в одни сроки (в данном случае это март-апрель), по концентрации тех веществ, которые встречались у всех видов (Имидаклоприд, Метрибузин, Римсульфурон, Тиабендазол, Цинидон-этил, Ципроконазол), можно отметить, что наименьшие концентрации этих веществ обнаруживались у пиленгаса и судака, нагуливавшихся в Азовском море и имеющих высокую миграционную активность (рис. 2). Несколько большие концентрации были у оседлого хищника и бентофага бычка-кругляка. Наибольшие концентрации веществ выявлены у тарани, которая, несмотря на высокую миграционную активность, занимает ареал приазовских лиманов, Таганрогского залива и прибрежной зоны восточной и северо-восточной части Азовского моря, как правило, в определенных районах моря.

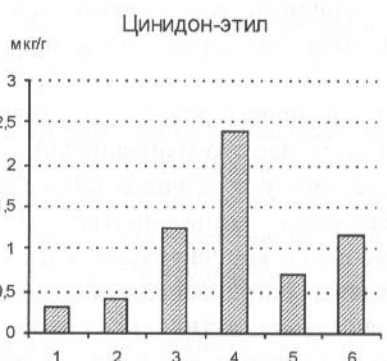
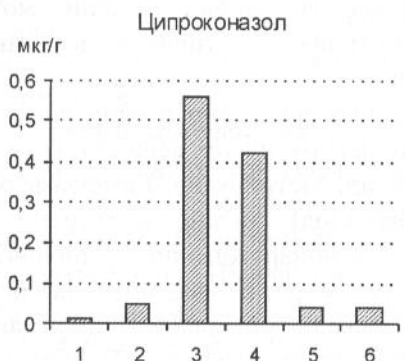
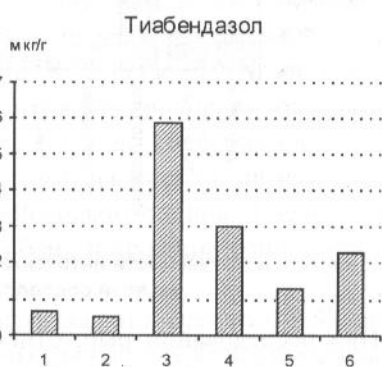
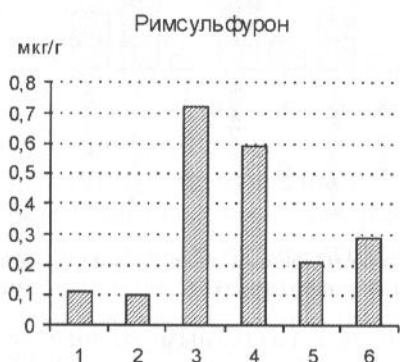
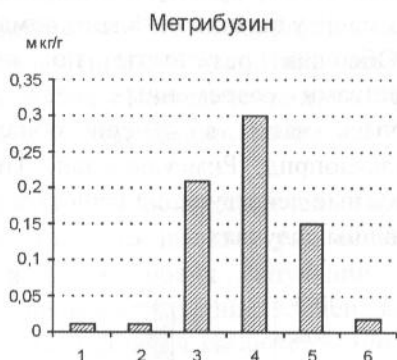
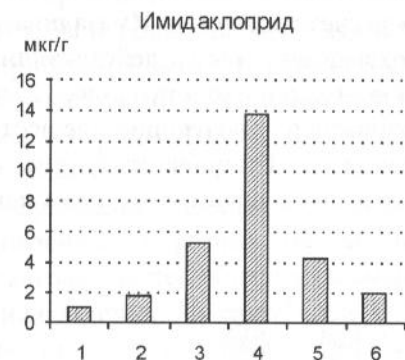


Рис. 2. Средние значения концентрации действующих веществ пестицидов в печени рыб

1 - пиленгас (Азовское море, апрель 2007 г.); 2 – судак (Азовское море, апрель 2007 г.); 3 - тарань (Ейский лиман, март 2007 г.); 4 - тарань (Ясенский залив, март 2007 г.); 5 - бычок-кругляк (Ясенский залив, апрель 2007 г.); 6 - бычок-кругляк (Ейский лиман, май 2007 г.)

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).

Морфологический анализ рыб, как в осенне-зимний, так и в весенний периоды показал отсутствие признаков, детерминированных интоксикацией организма. Изменений в жаберном аппарате, которые часто сопровождают хронический токсический, даже слабо выраженный, процесс, не было обнаружено ни у одной особи. Состояние печени у представителей всех исследуемых видов было удовлетворительным. Состояние желудочно-кишечного тракта также было нормальным.

Физиологическое состояние рыб оценивали по результатам гематологического анализа (табл. 1). Исследование показало, что во всех исследованных выборках рыб были обнаружены те или иные нарушения морфологии эритроцитов. Виды нарушений и их представленность различались как по сезонам наблюдений, так и по видам рыб и отражали, в том числе, и особенности жизненного цикла особей.

Анализ состояния производителей пиленгаса показал, что в осенне-зимний период у рыб наблюдалось состояние хронической гипоксии. Повышенный эритропоэз в сочетании с наличием ядерных теней свидетельствует об усилении процессов распада эритроцитов. В весенний период почти у 30 % рыб было обнаружено нарушение осмотической резистентности эритроцитов; интенсивность эритропоэза находилась в норме, что свидетельствовало о сбалансированности процессов кроветворения и утилизации отмерших эритроцитов. Можно отметить высокую (56 %) долю рыб с гипохромазией, которая свидетельствует о нарушениях в биосинтезе гемоглобина.

Из результатов гематологического анализа судака видно, что в осенне-зимний период у всех обследованных особей обнаруживалась гипохромазия, свидетельствующая о низкой концентрации гемоглобина. Интенсивность эритропоэза приближалась к верхней границе нормы, что указывает на усиленную продукцию красных кровяных клеток. Из частых патологий красной крови можно выделить патологии, связанные с нарушениями в мембранах эритроцитов (коагуляция и набухание клеток). В весенний период картина крови была близка к норме, несмотря на отдельные случаи нарушений морфологии клеток красной крови.

Гематологические показатели рыб Азовского моря

Вид рыбы, время вылова	Интенсивность эритропоэза, %	Лимфоциты, %	Моноциты, %	Нейтрофилы, %	Полиморфно- ядерные клетки, %	Нарушения морфологии кровяных клеток, частота встречаемости
1	2	3	4	5	6	7
Собственно Азовское море						
Пиленгас, ноябрь, 2006 г.	6,3±0,9 5–10	96,3±0,8 94–98	0,9±0,2 0,5–1,5	1,7±0,6 0–3,5	1,1±0,2 0,5–1,5	гипохромасия (17 %), пойкилоцитоз (17 %), смещение ядер эритроцитов (17 %), набухание эритроцитов (67 %) тени ядер (33 %)
Судак, ноябрь, 2006 г.	8,5±1,3 4–15	97,0±0,4 95–99	0,8±0,2 0,5–2,0	0,8±0,3 0–2,5	1,4±0,2 1,0–2,0	гипохромасия (100 %), коагуляция эритроцитов (38 %), смещение ядер эритроцитов (13 %), набухание эритроцитов (25 %)
Пиленгас, апрель 2007 г.	3,3±0,3 2–5	98,2±0,3 97–99	1,2±0,15 0,5–2,0	0,1±0,1 0,0–1,0	0,5±0,2 0,0–1,5	гипохромасия (56 %), пойкилоцитоз (22 %), вакуолизация цитоплазмы эритроц. (11 %), набухание эритроцитов (33 %)
Судак, апрель 2007 г.	5,6±0,9 3–13	97,6±0,2 97–99	1,7±0,2 0,5–3,0	0,04±0,004 0,0–1,5	0,7±0,1 0,1–1,5	гипохромасия (25 %), пойкилоцитоз (8 %), вакуолизация цитоплазмы эритроц. (58 %), коагуляция эритроцитов (17 %) набухание эритроцитов (17 %)
Ясенский залив						
Тарань, март 2007 г.	4,8±0,5 4–9	96,5±0,3 94,5–98,0	1,2±0,2 0,0–2,0	0,5±0,2 0,0–1,5	1,9±0,1 1–2	пойкилоцитоз (73%), смещение ядер эритроцитов (18%), набухание эритроцитов (27%), тени ядер (9%)
Бычок-кругляк, апрель 2007 г.	7,3±0,4 6–8	97,4±0,8 95–99	1,3±0,1 1,0–1,5	0,8±0,6 0,0–2,5	0,6±0,3 0,0–1,5	гипохромасия (25 %), пойкилоцитоз (50 %), коагуляция эритроцитов (25 %)

Вид рыбы, время вылова	Интенсивность эритропоза, %	Лимфоциты, %	Моноциты, %	Нейтрофилы, %	Полиморфо- ядерные клетки, %	Нарушения морфологии кровяных клеток, частота встречаемости
1	2	3	4	5	6	7
Ейский лиман						
Тарань, март 2007 г.	4,6±0,3 1–7	96,7±0,2 95–99	1,3±0,1 0,5–2,5	0,4±0,1 0,0–1,0	1,6±0,1 1,0–2,5	гипохромазия (44 %), пойкилоцитоз (50 %), смещение ядер эритроцитов (11 %), набухание эритроцитов (6 %)
Бычок-кругляк, май 2007 г.	4,6±0,2 4–6	96,8±0,2 96–98	2,2±0,2 1–3	0,0 0,3–0,5	1,0±0,1 0,1–2,0	гипохромазия (31 %), пойкилоцитоз (25 %), анизоцитоз (25 %), вакуолизация цитоплазмы эритроцитов (13 %), коагуляция эритроцитов (53 %), смещение ядер эри- троц. (25 %), набухание эри- троцитов (6 %), тени ядер (31 %)

Оценка состояния производителей тарани свидетельствует о том, что в организме половины обследованных рыб присутствовал патологический процесс, хотя картина белой крови не показывала наличия воспалительного процесса. С другой стороны, наличие у рыб пойкилоцитоза могло свидетельствовать о компенсаторных явлениях в организме в ответ на пониженное содержание кислорода в воде или активизацию метаболических процессов.

Все обследованные особи бычка-кругляка имели те или иные нарушения в морфологии красных кровяных клеток. В большом количестве встречались: гипохромазия, пойкилоцитоз, анизоцитоз, коагуляция эритроцитов, смещение ядер эритроцитов, тени ядер. Все эти нарушения отражают напряжение системы кроветворения, активность процессов деструкции и утилизации эритроцитов и, как компенсация этого, - выброс в периферическое кровяное русло разновозрастных и разноразмерных эритроцитов. Возможные причины подобного состояния могут объясняться особенностями данного периода жизни бычка, связанного с отсутствием питания, стрессогенностью ситуации охраны потомства.

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 рыб действующими веществами пестицидов и реакцией крови был проведен анализ на выявление связи обнаружения действующего вещества в печени с возникновением морфологических нарушений в красной крови. Следует сказать, что проведенный анализ не учитывал концентрацию веществ в печени, а лишь его наличие или отсутствие.

Было выявлено, что в ряде случаев наблюдается зависимость между анализируемыми признаками (вещество-нарушение красной крови). В парах признаков Дикамба-коагуляция, Клопиралид-коагуляция, Пенцикурон-гипохромазия, Ципроконазол-гипохромазия, Тебуконазол-смещение ядер эритроцитов обнаружена тесная связь между обнаружением в печени пестицида и выявлением морфологических нарушений в крови. Таким образом, можно предположить, что некоторые действующие вещества при попадании в организм рыб могут увеличивать риск развития тех или иных нарушений морфологии эритроцитов.

Анализ токсикологического состояния исследуемых видов рыб позволяет сделать заключение о том, что современный уровень пестицидного загрязнения акватории Азовского моря не оказывает выраженного негативного и лимитирующего воздействия на верхние, как правило, - самые уязвимые звенья трофических цепей. Тем не менее, несмотря на небольшую историю применения этих пестицидов в сельском хозяйстве, обнаружение их в тканях рыб является сигналом для актуализации мониторинговых наблюдений с целью предотвращения отрицательных влияний на количественные и качественные параметры экосистемы Азовского моря.

Токсический эффект длительного воздействия пиразоловых пестицидов на показатели функционального состояния нервной системы рыб

И.Л. Левина

Введение. Известно, что присутствие пестицидов в воде водоемов в концентрациях свыше 0,1 мкг/л продолжительное время оказывает угнетающее воздействие на ихтиофауну и вызывает серьезные