

**ВОЙКИНА АННА ВЛАДИМИРОВНА**

**НАКОПЛЕНИЕ ПЕСТИЦИДОВ В КОМПОНЕНТАХ ЭКОСИСТЕМ  
ТАГАНРОГСКОГО И ЯСЕНСКОГО ЗАЛИВОВ  
АЗОВСКОГО МОРЯ И ИХ АДДИТИВНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ  
НА ГИДРОБИОНТОВ**

*03.02.08 — экология (биологические науки)*

**А В Т О Р Е Ф Е Р А Т**

диссертации на соискание ученой степени

кандидата биологических наук

Работа выполнена в ФГУП «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» (АзНИИРХ), г. Ростов-на-Дону и на кафедре экологии и природопользования Южного федерального университета (ФГАОУ ВПО ЮФУ), г. Ростов-на-Дону

**Научный руководитель:** кандидат биологических наук, доцент  
**Бугаев Леонид Анатольевич**

**Официальные оппоненты:** **Корниенко Галина Гавриловна**  
доктор биологических наук, профессор, зав. отделом генетико-биохимического мониторинга ФГУП «Азовского научно-исследовательского института рыбного хозяйства»  
**Кренева Софья Викторовна**  
доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник отдела океанографии и биологии южных морей Азовского филиала Мурманского морского биологического института КНЦ РАН

**Ведущая организация:** **Институт биологии внутренних вод РАН, г. Борок**

Защита диссертации состоится 28 февраля 2013 г. в 15.00 на заседании диссертационного совета Д 212.208.32 по биологическим наукам при Южном федеральном университете (344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Б. Садовая, 105, ЮФУ, ауд. 304, e-mail: denisova777@inbox.ru, факс: (8632638723).

С диссертацией и авторефератом можно ознакомиться в библиотеке Южного федерального университета (344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Пушкинская, 148).

Автореферат разослан 24 января 2013 г. и размещен в сети Интернет на сайте ЮФУ [www.sfedu.ru](http://www.sfedu.ru) и на сайте Минобрнауки России [www.vak.ed.gov.ru](http://www.vak.ed.gov.ru)

Ученый секретарь диссертационного совета,  
доктор биологических наук

Денисова Т.В.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность исследования

Основной водосбор Азовского моря приходится на Ростовскую область и Краснодарский край — регионы традиционно считающиеся сельскохозяйственными. Широкое применение современными аграрными хозяйствами различных ядохимикатов (гербициды, инсектициды, акарициды 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 (Ворочинский, 1975; Лукьяненко, 1989; Потапов, Ястребов, 1998; Соколов и др., 2001). Пестициды обладают высокой биологической активностью и сродством с биологическими субстратами, что обеспечивает их циркуляцию и накопление в разных звеньях экосистемы (Kidd et. al., 1995; Ракитский, 1990, 1997; Коропенко, 2004). Будучи токсичными веществами, 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 (Федоров, Яблоков, 1999).

В настоящее время различными научными коллективами проводятся исследования загрязнения пестицидами компонентов экосистемы Азовского моря: воды (Семенов и др., 2000; Короткова, 2008; Бугаев и др., 2008), донных отложений (Кленкин и др., 2006; Бугаев и др., 2008) гидробионтов различных трофических уровней (Бугаев и др., 2007; Короткова и др., 2010). В экспериментальных работах при разработке предельно допустимых концентраций (ПДК) для рыбохозяйственных водоемов исследуются уровни токсичности и токсические эффекты пестицидных препаратов и действующих веществ на различные группы гидробионтов (Кессельман и др., 2000; Катаскова С.И. и др., 2000; Левина, 2008; Жердев и др., 2008; Щербакова и др., 2008). На основании результатов работ дается теоретический прогноз негативного воздействия на гидробионтов пестицидного загрязнения природных водоемов с использованием аддитивного подхода (Левина и др., 2011).

Однако, исследованиям загрязнений большого числа пестицидов нового поколения, относящихся к различным химическим классам веществ, уделяется недостаточное внимание. Отсутствует информация о качественном составе загрязнителей и его сезонном колебании, об уровне накопления этих веществ в тканях гидробионтов и рыб в частности, о возможном негативном влиянии загрязнения на функциональное состояние рыб. Всё это показывает высокую актуальность предполагаемой работы.

**Целью исследования** являлось изучение уровня накопления пестицидов в среде обитания и промысловых рыбах Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря, а также аддитивное воздействие пестицидов на гидробионтов.

В связи с этим в работе были поставлены и решены следующие **задачи**:

- Оценить уровень пестицидного загрязнения воды и донных отложений Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря.
- Оценить уровень накопления пестицидов в организме рыб различных видов.
- Определить токсикологическое состояние производителей промысловых рыб на основе патолого-анатомического, морфологического и гематологического анализов.
- Оценить аддитивное действие поллютантов, обнаруженных в природных водоемах, на гидробионтов различных трофических уровней

**Научная новизна.** В работе впервые изучен уровень загрязнения компонентов водной среды природных водоемов действующими веществами пестицидов нового поколения. Отмечены особенности пестицидного загрязнения в зависимости от сезонов года.

Показаны различия качественного и количественного состава пестицидного загрязнения в Таганрогском и Ясенском заливах Азовского моря.

Впервые показан уровень накопления действующих веществ пестицидов нового поколения в тканях некоторых видов промысловых рыб Азовского моря. Проведена оценка токсикологического состояния рыб на основе морфологических и гематологических показателей.

Установлено аддитивное токсическое действие действующих веществ пестицидов нового поколения, выявленных в природных водоемах, на гидробионтов разных систематических групп.

#### **Теоретическая и практическая значимость работы.**

Результаты работы расширяют знания о факторах антропогенного воздействия на естественные водные экосистемы. Показывают возможность попадания пестицидов нового поколения в водную среду и накопление их в различных абиотических и биотических компонентах. Проведенные исследования позволяют выявить закономерности загрязнения водной среды действующими веществами пестицидов нового поколения и их аддитивное воздействие на гидробионтов различных трофических уровней.

Результаты могут быть использованы в учебных курсах по экологии и токсикологии в вузах биологического и сельскохозяйственного профиля.

Результаты используются при анализе пестицидного загрязнения естественной водной среды и прогнозе негативного воздействия на гидробионтов при проведении мониторинга водных биологических ресурсов.

#### **Положения, выносимые на защиту:**

- Действующие вещества пестицидов, применяемых в современном сельском хозяйстве Ростовской области и Краснодарского края, являются источником загрязнения водной среды природных водоемов и способны не только к циркуляции внутри экосистемы, но и накоплению в донных отложениях.
- Действующие вещества пестицидов нового поколения обладают способностью к накоплению в жиросодержащих тканях рыб, в частности, в печени.
- Выявлены сезонные особенности загрязнения среды обитания гидробионтов, а также уровня накопления действующих веществ пестицидов в печени ряда видов рыб Азовского моря, которые могут быть объяснены с позиции действия климатических, гидрологических, биологических, а также технологических (режимы применения в сельском хозяйстве) факторов.
- Современный уровень пестицидного загрязнения Азовского моря оказывает незначительное влияние на биологические, физиологические и биохимические показатели состояния гидробионтов различных трофических уровней.

**Апробация работы.** Результаты исследований были представлены на III Всероссийской конференции по водной токсикологии «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы», Борок, 2008; Международной научной конференции «Современные проблемы морской инженерной экологии», Ростов-на-Дону, 2008; Международной конференции «Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов», Петрозаводск, 2010; Международной научной конференции «Современное состояние водных биоресурсов и экосистем морских и пресных вод России: проблемы и пути решения», Ростов-на-Дону, 2010; VII Международной научно-практической конференции молодых ученых «Понт Эвксинский – 2011», Севастополь, 2011; VII Международной конференции «Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона», Керчь, 2012.

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 28 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях из перечня ВАК. Общий объем публикаций – 9,3 п.л., авторский – 2,4 п.л.

**Личный вклад автора.** Тема, цель, задачи, объекты, методы и программа исследования определены и предложены автором совместно с научным руководителем. Автором лично производился отбор проб воды, донных отложений и тканей рыб в полевых условиях для токсикологического химического анализа; проводилась экстракция и хроматографический анализ проб в лабораторных условиях. Под руководством коллег отдела рыбохозяйственной токсикологии ФГУП «АзНИИРХ» участвовала в постановке аквариальных экспериментов, обработке и анализе полученных материалов. Анализ и обобщение полученных результатов, формулировка выводов и основных защищаемых положений сделаны лично автором при незначительном направляющем и корректирующем участии научного руководителя.

**Структура и объем работы.** Диссертационная работа изложена на 169 страницах и включает введение, обзор литературы, материалы и методы исследования, результаты и их обсуждение, выводы и список литературы (286 источников, из которых 206 на русском и 80 на иностранном языке). Диссертация содержит 41 рисунок и 31 таблицу.

**Благодарности.** Выражаю благодарность научному руководителю к.б.н. Л.А. Бугаеву, за помощь на всех этапах планирования, выполнения работы и анализа полученных результатов. Благодарю заведующую лабораторией ОБУВ и токсикометрии к.б.н. И.Л. Левину за помощь при выполнении экспериментальной части работы. Признательна Т.М. Смыр, Л.Я. Кузнецовой, Е.А. Федоровой, В.А. Валиулину, Ю.Э. Карпушиной за помощь в сборе материала и поиске информации, а также всему коллективу отдела рыбохозяйственной токсикологии ФГУП «АзНИИРХ» за конструктивные замечания и советы в процессе исследования.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

### Глава 1. Обзор литературы

В главе представлена краткая характеристика современного антропогенного воздействия на экосистему Азовского моря. Выделены основные типы веществ, загрязняющих водоем, среди которых одно из первых мест занимают пестициды. Приведены данные о пестицидах, как факторах загрязнения наземных и водных экосистем. Подробно описаны источники поступления средств химической защиты растений в экосистему Азовского моря и их негативное влияние на организмы, обитающие в море. Приводится обзор разнообразных показателей токсичности, применяемых для оценки воздействия поллютантов на гидробионтов различных трофических уровней.

### Глава 2. Район работ. Материалы и методы исследования

Работа проводилась в отделе рыбохозяйственной токсикологии ФГУП «Азовский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства» (ФГУП «АзНИИРХ») в соответствии с календарным планом научно-исследовательских работ ФГУП «АзНИИРХ» Федерального агентства по рыболовству РФ.

Исследовательская часть работы включала в себя полевые и стационарные исследования в аквариальных условиях.

Полевые работы проводились в течение 2009–2011 годов в прибрежных районах Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в весенний и осенний сезоны. Для исследования уровня накопления пестицидов в среде обитания гидробионтов производился отбор проб воды и донных отложений. Схема расположения станций отбора проб представлена на рисунке 1. Проанализированы 82 пробы воды, 68 проб донных отложений.

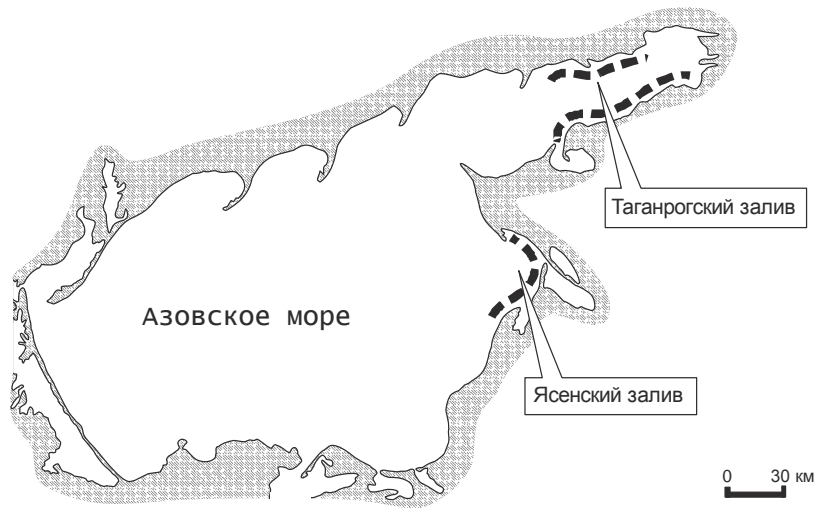


Рис. 1. Схема расположения станций отбора проб воды и донных отложений

Для оценки уровня накопления пестицидов в гидробионтах использовались наиболее ценные промысловые виды рыб — пиленгас, судак, бычок-кругляк и тарань, выловленные в прибрежной зоне Азовского моря. В исследованиях использовали только особей репродуктивного возраста. В полевых условиях производили первичное обследование рыб, которое заключалось в регистрировании основных изменений внешних покровов и состояния внутренних органов. При осмотре внутренних органов особое внимание уделялось исследованию печени: устанавливалась её форма и величина, цвет, консистенция, гиперемия или анемия, кровоизлияния. Сбор морфологических данных включал в себя определение длины тела рыб, массы тушки без внутренних органов, массы печени и расчет индекса печени. Сразу же после отлова рыбы проводили отбор крови для гематологического анализа из хвостовой артерии и наносили в виде мазка на предметное стекло. Препараты анализировались в отсроченном режиме по окончании полевых работ. Для химико-токсикологических анализов была использована печень рыб, как основной орган, участвующий в обменных и детоксикационных процессах, происходящих в организме, а также как орган с высоким содержанием жира — важного субстрата для накопления липофильных веществ. В ходе натуральных исследований был проведен анализ токсикологического состояния 92 экземпляров бычка-кругляка, 108 экземпляров пиленгаса, 52 экземпляров судака, 81 экземпляра тарани.

Проведено количественное определение содержания пестицидов в воде, донных отложениях и печени рыб методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Условия хроматографирования были следующие: колонка 4,6×150 мм Reprosil-PUR ODS-3,5 мкм (Элсико, Россия); рабочая длина волны — 230 нм; термостатирование — + 40°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. Исследовали 14 пестицидов импортного производства (дифлуфеникан, имазалил, имазетапир, имидаклоприд, ипродион, метрибузин, пенцикурон, тебуконазол, тиаметоксам, фамоксадон, флумиоксазин, хизалофоп-П-этил, ципросульфамид, этофумезат).

Для проведения аквариальных экспериментов по токсическому воздействию вредных веществ на гидробионты были выбраны четыре пестицида, являющиеся техническими продуктами (действующие вещества) — *Тебуконазол*, *Метрибузин*, *Флумиоксазин*, *Имидаклоприд*, которые наиболее часто встречались в воде Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в 2008 - 2009 гг. Из 4-х пестицидов готовили две смеси. В смеси 1

концентрации пестицидов соответствовали их содержанию в воде природных водоемов (мг/л): *Тебуконазол* — 0,0065; *Метрибузин* — 0,007; *Флумиоксазин* — 0,001; *Имидаклоприд* — 0,01. В смеси 2 концентрации пестицидов были увеличены в 10 раз.

В качестве тест-объектов использовали водные организмы разных систематических групп: микроводоросли, высшая водная растительность, ветвистоусые ракообразные, брюхоногие моллюски, осетровые рыбы в период раннего онтогенеза, бычковые рыбы в период раннего онтогенеза, карповые рыбы. Все исследования проводили на фоне контроля, который ставили в аналогичных опыту условиях, но без внесения пестицидов (таблица 2). Полученные в экспериментах результаты подвергали статистической обработке по t-критерию Стьюдента. Различия между двумя выборками считали достоверными при  $p \leq 0,05$ .

## Глава 3. Результаты исследований и их обсуждение

### 3.1. Полевые исследования

#### 3.1.1. Пестицидное загрязнение воды в прибрежной зоне Азовского моря

Вода, как элемент среды обитания, постоянно и непосредственно воздействует на гидробионтов через кожные покровы, пищеварительный тракт, жабры, поэтому токсические вещества, присутствующие в воде, гораздо опасней тех, которые седиментированы в донных отложениях. Регулярное проведение мониторинговых исследований показывает, что содержание загрязняющих веществ, в том числе и пестицидов, в воде Азовского моря — величина очень динамичная и не постоянная; флуктуации концентраций растворенных в воде токсикантов могут достигать значительных величин. При этом различие между географически смежными районами исследований могут состоять не только в количественном, но и в качественном составе обнаруженных пестицидов.

Исследования показали, что в весенний сезон в течение 2009–2011 гг. в воде прибрежных акваторий были выявлены все исследуемые пестициды (рис. 2). Следует отметить, что в отдельных станциях обнаруживались от 0 до 6 пестицидов. Количество присутствующих в воде поллютантов очень варьировало и это нашло отражение в больших значениях ошибок среднего значения.

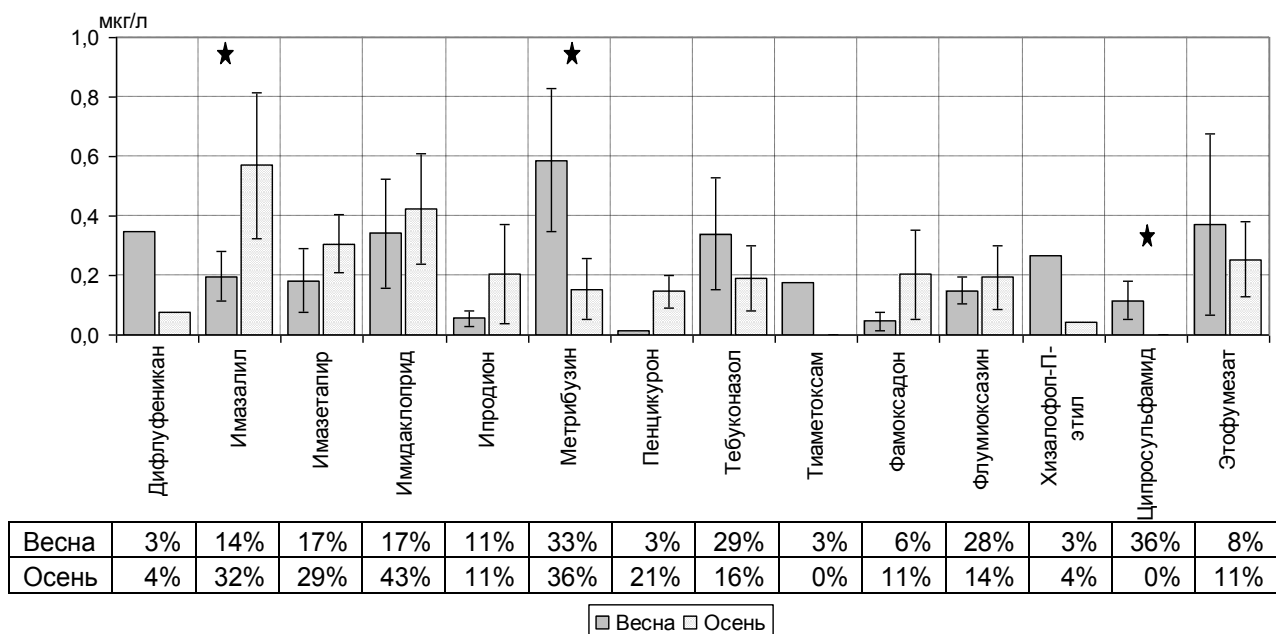


Рис. 2. Содержание пестицидов и частота их обнаружения в воде Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в период 2009–2011 гг.

Примечание: «\*» — достоверные различия между сезонами ( $p \leq 0,05$ )

Таблица 2. Краткое описание направлений экспериментальных исследований

| № п/п | Направления исследований   | Объект исследования   | Показатели  | Экспозиция опыта  |
|-------|--|---|---|---|
| 1     | Изучения аддитивного воздействия пестицидов ( <i>смесь 1</i> и <i>смесь 2</i> ) на фитопланктон                              | Сценодесмус <i>Scenedesmus guadrigauda</i> (Turp.) Breb                     | анализ состояния культуры; определение общей численности клеток водорослей; коэффициент скорости роста культуры   | 21 сутки  |
| 2     | Изучения аддитивного воздействия пестицидов ( <i>смесь 1</i> и <i>смесь 2</i> ) на высшую водную растительность              | Элодея ( <i>Elodea canadensis Michx</i> )                                   | общее состояние растений (изменение окраски, повреждение и отмирание точек роста, потеря тургора); выживаемость и прирост основного стебля; число и длина боковых побегов; число и длина корней; суммарный прирост растений | 30 суток  |
| 3     | Изучения аддитивного воздействия пестицидов ( <i>смесь 1</i> и <i>смесь 2</i> ) на зоопланктон                               | Дафнии ( <i>Daphnia magna Straus</i> )                                      | Выживаемость; сроки наступления половозрелости; количество пометов; плодовитость дафний; численность популяции; биомасса популяции; соотношения возрастных групп в популяции  | 15 суток  |
| 4     | Изучения аддитивного воздействия пестицидов ( <i>смесь 1</i> и <i>смесь 2</i> ) на зообентос                                 | Катушка роговая ( <i>Planorbarius corneus</i> )                             | Выживаемость; плодовитость; прирост общей массы   | 30 суток  |
| 5     | Изучения аддитивного воздействия пестицидов ( <i>смесь 1</i> и <i>смесь 2</i> ) на осетровых рыб в период раннего онтогенеза | Предличинки бестера ( <i>Huso huso L. x Acipenser ruthenus L.</i> )         | темпы линейного и весового роста предличинок; патологии развития предличинок; процент уродливых особей  | 6 суток   |
| 6     | Изучения аддитивного воздействия пестицидов ( <i>смесь 1</i> и <i>смесь 2</i> ) на бычковых рыб в период раннего онтогенеза  | Эмбрионы и мальки бычка-кругляка ( <i>Neogobius melanostomus (Pallas)</i> ) | Выживаемость; длительность инкубационного периода; скорость прохождения стадий; патоморфологические признаки выклюнувшихся мальков; темпы линейного роста; весовой рост мальков   | I вариант — 19 суток (со стадии мелкоклеточной морулы до полного рассасывания желточного мешка).<br>II вариант — 5 суток (с момента выклева до полного рассасывания желточного мешка) |
| 7     | Изучения аддитивного воздействия пестицидов ( <i>смесь 1</i> и <i>смесь 2</i> ) на карповых рыб                              | Сеголетки белого амура ( <i>Stenopharyngodon idella</i> )                   | вторичный продукт ПОЛ — МДА; активность ферментов антиоксидантной защиты — СОД, КТ; активность ферментов I фазы детоксикации — АцЭ, КарбЭ; активность ферментов II фазы детоксикации — ГSH, GST                             | 16 суток (отбор проб печени и жабр на 4-е, 8-е, 16-е сутки)   |



Среди обнаруженных в весенний сезон пестицидов массово были выявлены метрибузин, тебуконазол, флумиоксазин, ципросульфамид. Эти вещества встречались в 27–36 % проб воды. Из веществ, которые были относительно редки или встречались единично, следует отметить дифлуфеникан, пенцикурон, тиаметоксам, фамоксадон, Хизалофоп-П-этил. В осенний сезон в исследуемый период лет вообще не встречались тиаметоксам и ципросульфамид. Ципросульфамид и хизалофоп-П-этил встречались лишь в нескольких пробах. Наиболее массовыми веществами были имазалил, имазетапир, имидаклоприд, метрибузин.

Межсезонное сравнение показало следующее: в весенний сезон достоверное превышение концентраций пестицидов в воде по сравнению с осенью зафиксировано для метрибузина и ципросульфонамида; осеннее преобладание отмечено для имазалила. По остальным веществам достоверных межсезонных различий нет.

Было рассмотрено пестицидное загрязнение в динамике лет. Исследования показали, что наибольший уровень загрязнения был отмечен в 2009 году, наименьший — в 2011 г. Наиболее отчетливо это прослеживается в весенний сезон. Это согласуется с литературными данными о снижении общего объема применения пестицидов сельскохозяйственными предприятиями, начиная с 2007 года.

Сравнение исследуемых акваторий Азовского моря показывает, что количественно вода в Таганрогском заливе была более загрязнена пестицидами. Качественный состав пестицидного загрязнения прибрежных вод Ясенского залива также характеризовался меньшим, чем в Таганрогском заливе набором обнаруженных веществ. Объясняться это может следующими факторами: объемы стока р. Дон и ряда малых рек, впадающих в Таганрогский залив, значительно превышают сток р. Протока, Бейсугского и Ахтарских лиманов; процессы разбавления речных водных масс в Таганрогском заливе водами Азовского моря менее интенсивны; снежный покров, а, следовательно, и объемы снеготаяния, на территории Ростовской области более выражен, чем в Краснодарском крае.

### **3.1.2. Содержание пестицидов в донных отложениях прибрежной зоны Азовского моря**

Спектр загрязнения для донных отложений и воды, отобранных на одной станции, совпадал не полностью, что может объясняться различным временем удержания веществ этими средами. Вода более динамична по составу поллютантов и отражает текущее поступление пестицидов в водоем, в отличие от донных отложений, где происходит постепенная кумуляция веществ и относительное выключение их из биогеохимических циклов.

На рисунке 3 представлены результаты химического анализа донных отложений, выполненные в разные сезоны наблюдения. Межсезонные различия касаются только трех веществ: ипродиона (больше весной), метрибузина и этофумезата (больше осенью). Среднегрупповых различий по другим веществам не обнаружено.

В весенний сезон наиболее массово встречались такие вещества как имазалил, имазетапир, имидаклоприд и ипродион; в осенний сезон — метрибузин и этофумезат. При сравнении этих данных с аналогичными по воде, можно отметить диаметрально противоположную картину по соотношению объемов кумуляции и частоты встречаемости конкретных веществ. Можно предположить, что это является отражением процессов кумуляции веществ в экосистеме в зимний сезон, когда происходит термическое торможение деструкции высокомолекулярных соединений и их накопление в донных отложениях. Летом этого не наблюдается из-за высоких скоростей физико-химического распада пестицидов.

Аналогично данным по воде, наибольшие значения накопления пестицидов были отмечены в 2009 г., наименьшие в 2011 г. Количество наименований обнаруженных в 2011 году пестицидов было также минимальным.

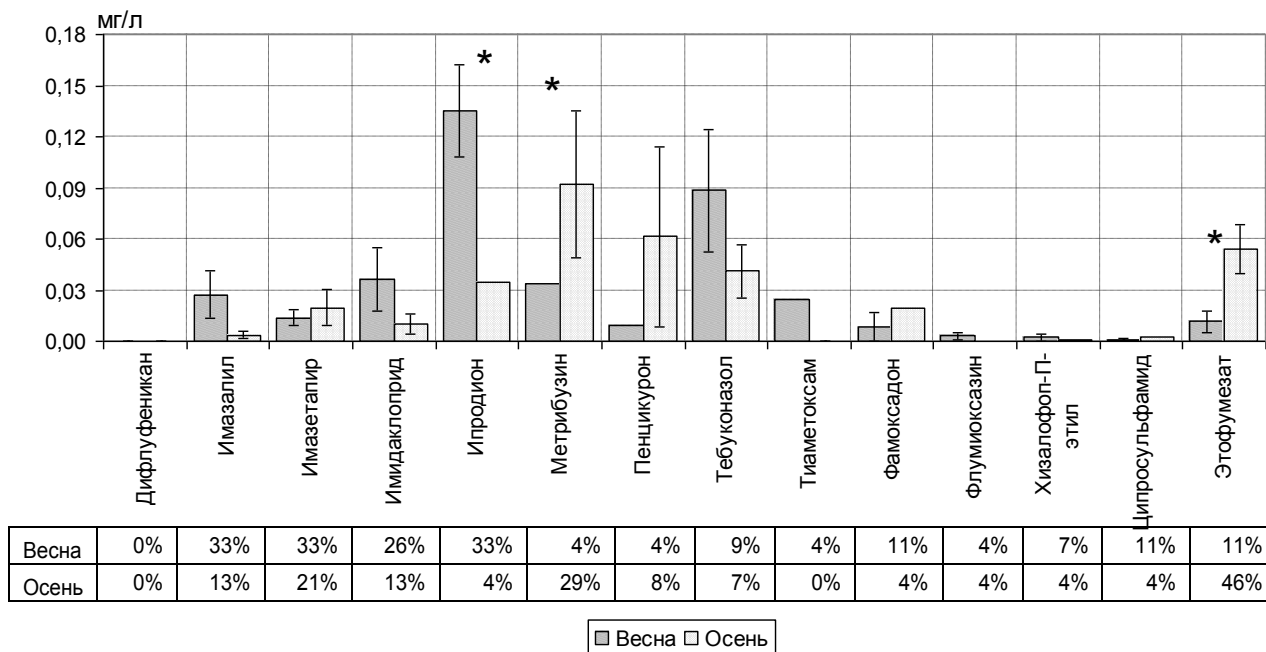


Рис. 3. Содержание пестицидов и частота их обнаружения в донных отложениях Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в период 2009–2011 гг.

Примечание: «\*» — достоверные различия между сезонами ( $p \leq 0,05$ )

В целом, загрязненность пестицидами донных отложений Ясенского залива была значительно ниже, чем Таганрогского залива. В донных отложениях Таганрогского залива в 2009–2011 гг. были выявлены пестициды 12 наименований, в Ясенском заливе — 6 пестицидов.

Токсическое воздействие пестицидов, аккумулированных в донных отложениях, на гидробионтов трудно оценить. Для донных отложений отсутствуют ПДК. Эти вещества исключены в основной своей массе из основного обменного фонда биогеохимического цикла. При этом происходят закономерные деструкционные процессы, ведущие к разложению веществ. Конечно, какая-то доля попадает обратно в круговорот за счет придонных волнений воды, за счет активности животных-детритофагов, но это очень незначительно. Физико-химические особенности поведения исследуемых нами веществ в донных отложениях не исследовались пока, поэтому неизвестно, как долго они могут удерживаться донными частицами, как это влияет на их стабильность и т.д.

### 3.1.3. Содержание действующих веществ пестицидов в печени производителей рыб

Известно, что степень накопления пестицидов в тканях печени рыб зависит от ряда факторов: концентрации пестицидов в воде и их способности кумулироваться в жиросодержащих тканях, скорости обменных процессов в организме рыб, особенностей гидрологического и гидрохимического режима водоема, сезона года и др.

В период с 2009 по 2011 гг. в печени у производителей бычка-кругляка в весенний сезон были обнаружены пестициды 13 наименований; в осенний — 12 (рис. 4).

Сравнение среднегрупповых данных выявило статистически достоверное преобладание содержания в печени рыб имазазила, метрибузина, тиаметоксама и ципросульфамида в осенний сезон над весенним. Весной более высокие значения накопления отмечены лишь для тебуконазола и фамоксадона. При анализе частоты обнаружения тех или иных пестицидов, следует отметить, что в осенний сезон только имазазил обнаруживался у 55% обследованных рыб, остальные вещества встречались менее, чем в 30% случаев. Весной высокая (более 30% случаев) частота обнаружения была

отмечена для ипродиона, метрибузина, пенцикурона, тебуконазола, фамоксадона, флумиоксазина. Из всех обнаруженных веществ, наибольшей токсичностью для рыб обладает пестицид имазалил.

За период исследования у производителей пиленгаса в тканях печени были обнаружены все изучаемые пестициды. Уровень накопления пестицидов в печени у рыб в количественном выражении в весенний сезон был выше, чем в осенний по 12 наименованиям (исключение составляли фамоксадон и ципросульфамид) (рис. 5). При этом средние значения обнаруженных концентраций весной были статистически достоверно выше по 9 веществам. Напротив, частота обнаружения отдельных пестицидов была выше осенью. В весенний сезон метрибузин, ципросульфамид и этофумезат встречались массово в обследованной выборке рыб. Осенью высокая частота встречаемости была отмечена для имазалила, имидаклоприда, метрибузина и ципросульфамида. Токсичный имазалил в тканях

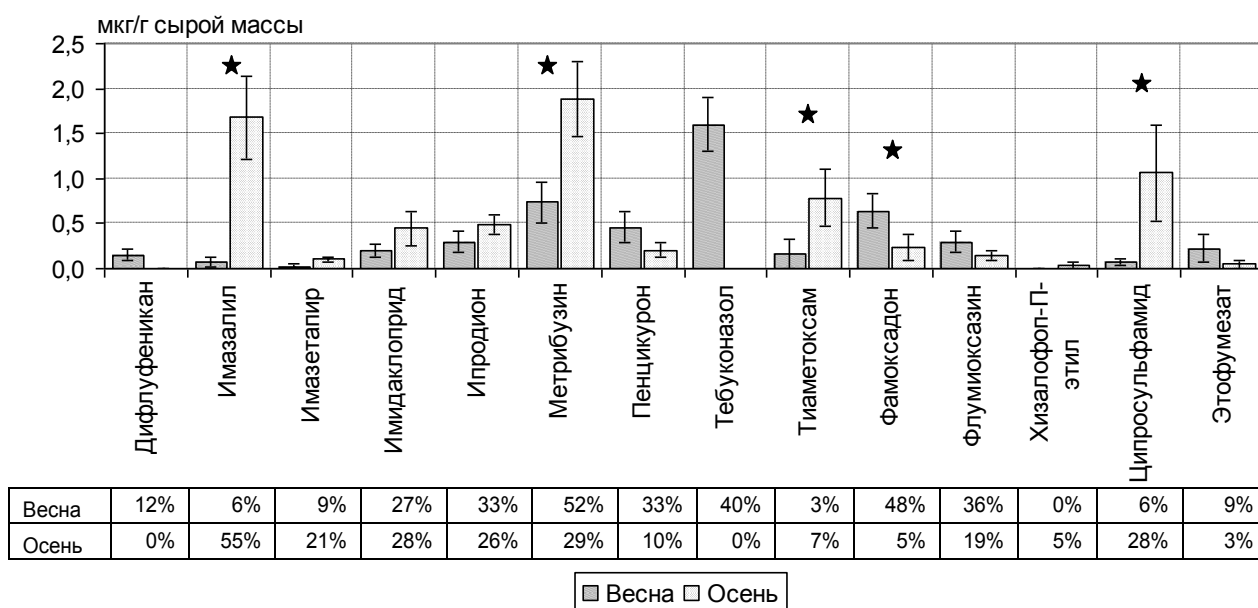


Рис. 4. Содержание пестицидов и частота их обнаружения в печени бычка-кругляка  
Примечание: «\*» — достоверные различия между сезонами ( $p \leq 0,05$ )

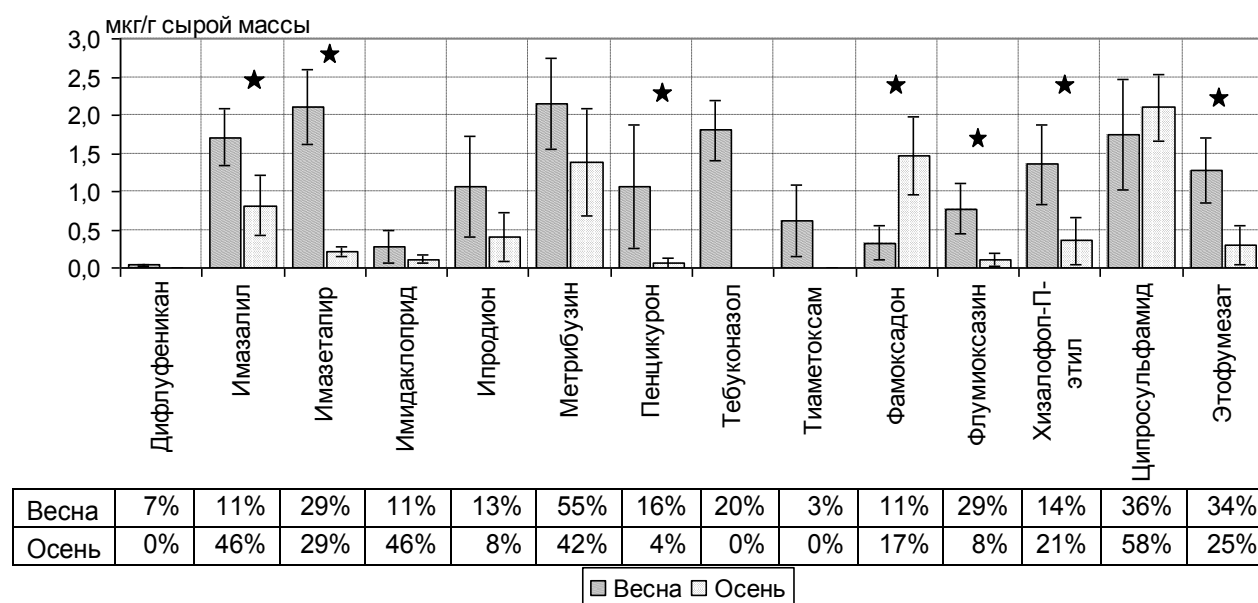


Рис. 5. Содержание пестицидов и частота их обнаружения в печени пиленгаса  
Примечание: «\*» — достоверные различия между сезонами ( $p \leq 0,05$ )

рыб весной был выявлен единично, а в то время, как в осенний сезон почти в половине случаев. Таким образом, выявляется неоднозначная картина: с одной стороны, среднегрупповой уровень накопления веществ весной был выше, но доля рыб по некоторым пестицидам была незначительная.

В печени производителей судака в весенний сезон также были обнаружены все исследуемые пестициды. Имазетапир, метрибузин, тебуконазол и флумиоксазин обнаруживались в выборке более чем в 30% случаев. Осенью 7 из 14 анализируемых веществ или встречались в печени рыб единично, или вообще отсутствовали (рис. 6). По абсолютным показателям среднегрупповые значения, полученные весной по большинству наименований были статистически более высокими, чем осенью. Исключение составлял только имидаклоприд, который весной встречался единично. Токсичный имазалил у судака отмечался единично и не определял картины пестицидной интоксикации данного вида рыб.

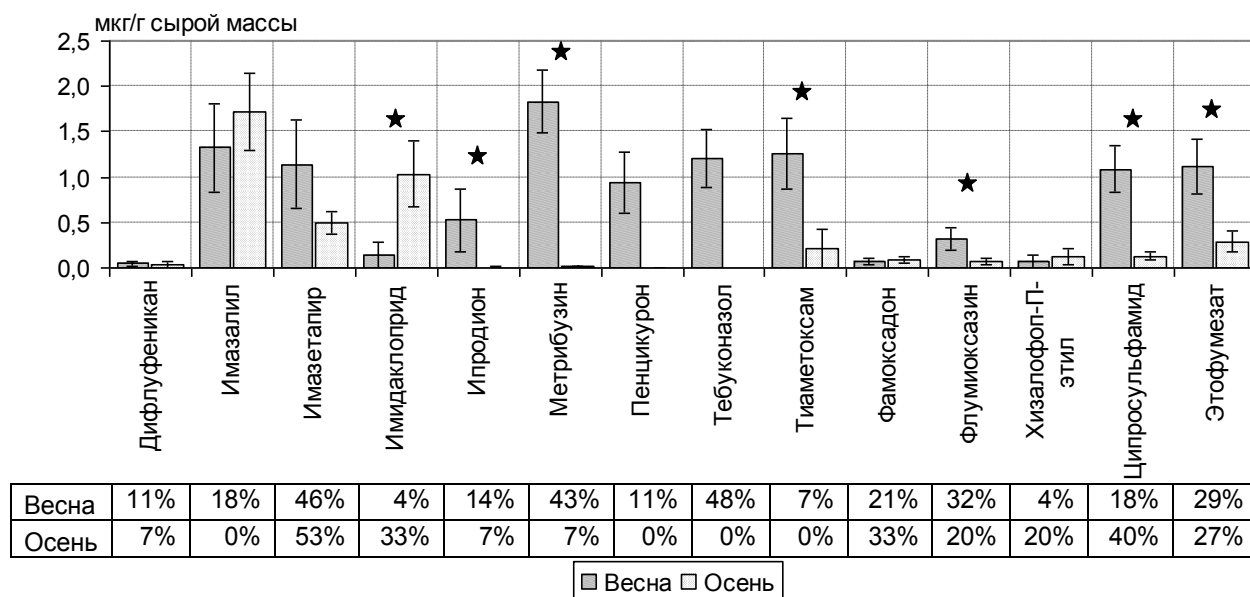


Рис. 6. Содержание пестицидов и частота их обнаружения в печени судака

Примечание: «\*» — достоверные различия между сезонами ( $p \leq 0,05$ )

У производителей тарани из перечня исследуемых пестицидов в весенний сезон тиаметоксам и хизалофоп-П-этил были отмечены единично, а метрибузин, пенцикурон, тебуконазол, фамоксадон и флумиоксазин выявлены у более, чем 30% обследованных рыб (рис. 7). В осенний сезон только фамоксадон, флумиоксазин и ципросульфамид имели высокую частоту встречаемости в выборке рыб, остальные вещества обнаруживались единично или отсутствовали. При анализе накопления поллютантов следует отметить, что по тем веществам, которые относительно часто встречались в печени рыб, большие среднегрупповые значения зафиксированы в весенний сезон. Исключение составлял только фамоксадон.

Обобщая полученные данные можно отметить, что наибольший уровень накопления токсических поллютантов в печени рыб всех исследованных видов был отмечен в весенний сезон. Анализ показал, что в обследованной выборке всех видов рыб наиболее часто встречались метрибузин, тебуконазол, флумиоксазин, фамоксадон и ципросульфамид. Общий уровень интоксикации у судака и пиленгаса был ниже, чем у тарани и бычка-кругляка. Это можно объяснить тем, что судак и пиленгас обладают высокой миграционной активностью и способностью избегания участков повышенного загрязнения. Основная часть поколений тарани распределяется в Таганрогском и Ясенском заливах Азовского моря, которые испытывает существенный прессинг антропогенного происхождения. Для бычка-

кругляка характерен оседлый образ жизни и, соответственно, уязвимость в случае возникновения неблагоприятных ситуаций, связанных с загрязнением, гипоксией, гипертермией и пр. в местах его обитания.

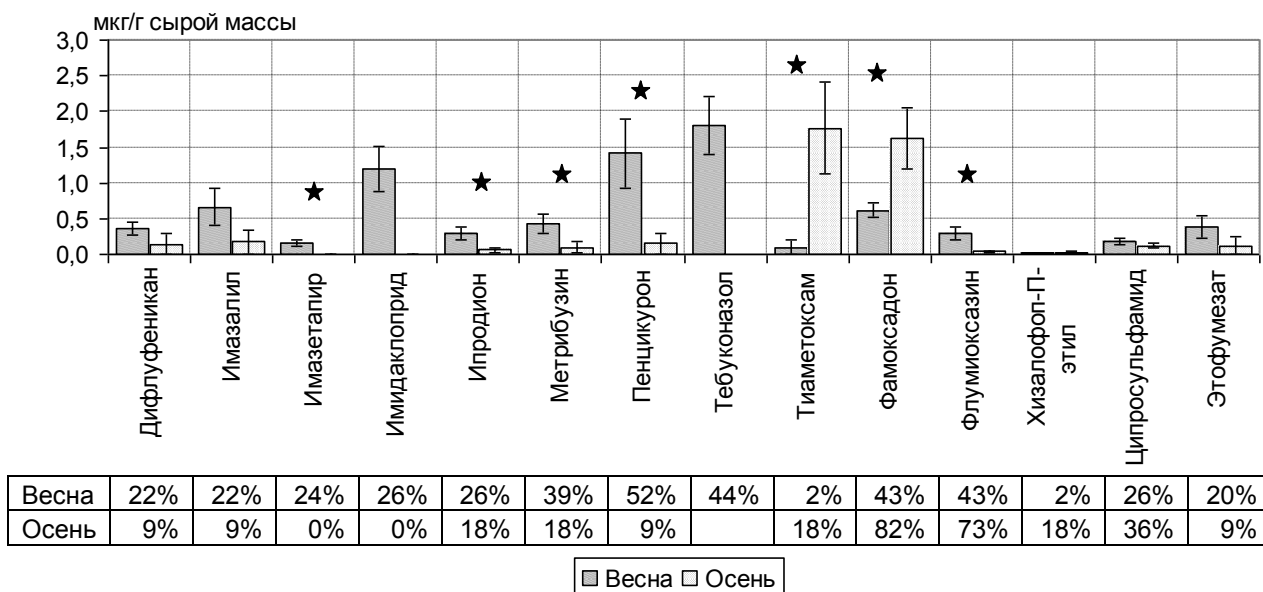


Рис. 7. Содержание пестицидов и частота их обнаружения в печени тарани

Примечание: «\*» — достоверные различия между сезонами ( $p \leq 0,05$ )

### 3.1.4. Оценка состояния рыб по морфологическим и гематологическим показателям

В связи с обнаружением в тканях рыб токсических веществ, закономерен вопрос 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 отражают «ответы» биоты на загрязнение.

Патолого-анатомический анализ рыб, как в весенний, так и осенний периоды, показал отсутствие признаков, характерных для острой или хронической интоксикации. Известно, что 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.

Сравнительный анализ морфологических параметров рыб, принадлежащих к разным экологическим группам в период 2009–2011 гг. приведен в таблице 3. Такие показатели, как длина и масса отражали не сезонные особенности популяций рыб, а признаки фактически выловленной для анализа рыбы. Среди морфологических показателей важное внимание уделяется индексу печени, который, как считается, отражает общее состояние особи по показателям жиронакопления и токсического поражения и, в общем, безотносителен к размерным и массовым характеристикам особи. Показано, 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 — синдром зимнего стресса (Lemly, 1993). При этом дисперсии показателей между выборками из разных сезонов не различались. У судака и

тарани, напротив, осенние среднегрупповые 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 ( $r = 0,79$ ), что, можно расценить как один из признаков нормального состояния печени.

Таблица 3. Морфологические показатели производителей исследуемых видов рыб

| Сезон         | Длина, см       | Масса тушки, г   | Масса печени, г | Индекс печени, % |
|---------------|-----------------|------------------|-----------------|------------------|
| Бычок-кругляк |                 |                  |                 |                  |
| Весна         | $15,7 \pm 0,3$  | $80,0 \pm 4,1$   | $3,2 \pm 0,33$  | $3,8 \pm 0,20$   |
|               | 13,0–20,4       | 47,3–146,9       | 1,2–10,7        | 2,0–7,3          |
| Осень         | $14,7 \pm 0,2$  | $71,0 \pm 3,4$   | $4,6 \pm 0,38$  | $5,9 \pm 0,31$   |
|               | 11,0–19,5       | 27,5–143,6       | 0,7–13,3        | 1,6–12,0         |
| Пиленгас      |                 |                  |                 |                  |
| Весна         | $45,9 \pm 0,6$  | $1173 \pm 43,5$  | $26,7 \pm 1,60$ | $2,2 \pm 0,10$   |
|               | 30,1–57,5       | 310–2460         | 3,8–63,3        | 0,3–4,4          |
| Осень         | $38,4 \pm 1,6$  | $806 \pm 77,6$   | $22,1 \pm 2,19$ | $2,8 \pm 0,16$   |
|               | 22,5–50,0       | 280–1500         | 5,3–47,5        | 1,2–4,5          |
| Судак         |                 |                  |                 |                  |
| Весна         | $37,9 \pm 1,6$  | $676 \pm 79,6$   | $13,8 \pm 1,76$ | $2,1 \pm 0,11$   |
|               | 23,3–57,5       | 163–2150         | 3,5–33,5        | 1,3–3,0          |
| Осень         | $36,2 \pm 1,6$  | $618 \pm 71,0$   | $10,4 \pm 1,26$ | $1,7 \pm 0,08$   |
|               | 25,0–45,0       | 203–1080         | 2,7–21,5        | 1,2–2,8          |
| Тарань        |                 |                  |                 |                  |
| Весна         | $17,4 \pm 0,19$ | $95 \pm 3,5$     | $1,5 \pm 0,09$  | $1,5 \pm 0,06$   |
|               | 15–22           | 58,5–209,1       | 0,4–3,4         | 0,5–3,3          |
| Осень         | $19,1 \pm 0,49$ | $131,0 \pm 8,30$ | $1,7 \pm 0,13$  | $1,3 \pm 0,09$   |
|               | 15–22           | 69,4–193,1       | 0,8–3,1         | 0,7–2,3          |

Примечание: числитель — среднее значение, знаменатель — диапазон концентраций min—max.

Информативную картину для понимания изменчивости морфофизиологических параметров дают гематологические показатели. Известно, что гематологические исследования позволяют установить качественные и количественные изменения форменных элементов крови. Форменные элементы крови при интоксикации подвергаются дистрофии и некробиозу, в эритроцитах регистрируют анизоцитоз, пойкилоцитоз, шистоцитоз, полихромазию и другие патологические изменения.

Состояние производителей бычка-кругляка, тарани, судака и пиленгаса по показателям крови было нормальным. Осенью преобладали нарушения, связанные с водно-солевым обменом и гипоксией, что сопровождалось гипохромазией и набуханием эритроцитов (рис. 8). Причиной подобных отклонений от нормы могут быть аномально жаркие летние сезоны, в частности лето 2010 г. Нарушений, связанных с токсическим стрессом обнаружено не было.

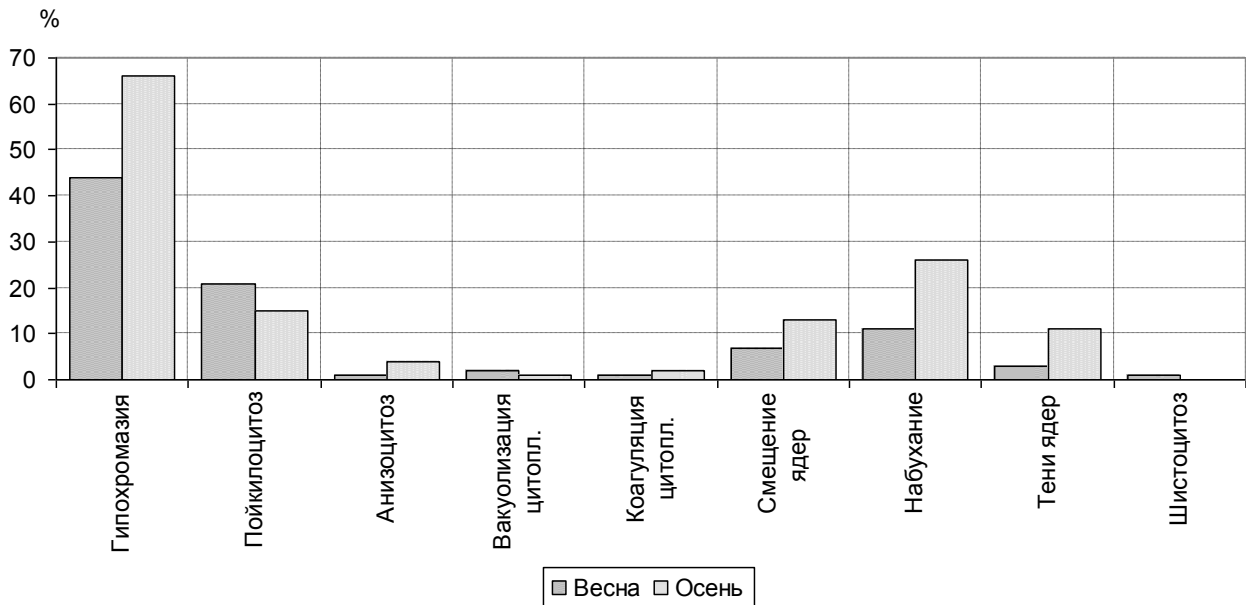


Рис. 8. Доля всех обследованных рыб с выявленными нарушениями морфологии эритроцитов в 2009–2011 гг.

Анализ токсикологического состояния бычка-кругляка, тарани, судака и пиленгаса позволяет сделать заключение о том, что уровень загрязнения пестицидами нового поколения Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря не оказывает выраженного негативного влияния на физиологическое состояние исследуемых видов рыб. 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.

### 3.2. Лабораторные исследования

Оценка пестицидного загрязнения среды обитания гидробионтов позволяет получить количественные данные, но не отвечает на вопрос, как будут реагировать живые организмы на подобное загрязнение. С целью поиска ответа на этот вопрос нами были поставлены эксперименты, имитирующие пестицидное загрязнение естественных водоемов.

Механизм действия пестицидов на водные организмы неоднозначен и зависит от химической структуры вещества; не всегда имеет место дозозависимый эффект. Загрязнение водной среды Азовского моря состоит из нескольких пестицидов одновременно. Существует предположение, что токсикологические эффекты пестицидов накладываются друг на друга, усиливая токсическое действие. Этот феномен называется эффект аддитивности.

Фитопланктон — первичное звено в трофической цепи водоемов, быстро реагирующее на любые внешние воздействия, которое определяет состояние и продуктивность водных экосистем. Сценедесмус, как представитель фитопланктона, широко распространен в естественных водоемах России и имеет относительно крупные клетки.

Визуальные наблюдения за состоянием культуры микроводорослей показали, что в течение всей экспозиции эксперимента суспензия опытных сосудов со *смесью 1* от суспензии контрольной почти не отличалась. В присутствии *смеси 1* общая численность клеток сценедесмуса на 4–е сутки опыта увеличилась на 27 % по сравнению с контролем. На 12–е сутки эксперимента зарегистрировано достоверное снижение численности микроводорослей, однако к концу экспозиции на 18–е и 21–е сутки отмечалась тенденция к

росту количества клеток до уровня контрольных значений. В эксперименте со *смесью 2* наблюдалось стойкое угнетение развития культуры микроводорослей на протяжении всей экспозиции, численность клеток уменьшалась от 36 % на 4-е сутки до 74 % на 21-е сутки.

Таким образом, влияние *смеси 1* на культуру микроводорослей носило периодический характер. Произошедшие изменения динамики численности сценедесмуса свидетельствуют о происходящих компенсаторных приспособительных процессах в культуре микроводорослей при действии малых количеств пестицидов. В среде со *смесью 2* наблюдалось стойкое ингибирование развития культуры микроводорослей.

Высшие пресноводные растения образуют основную фитомассу водоемов, являются основным звеном, создающим первичное органическое вещество и выделяющим кислород, служат основным субстратом для размножения водных животных и местом их укрытия от опасности. Элодея — представитель погруженных растений, широко распространенный в стоячих водах умеренной зоны.

Суммарный прирост элодеи определялся приростом основного и боковых побегов. В *смеси 1* общий прирост макрофитов соответствовал контрольным значениям. В растворах со *смесью 2* отмечено снижение суммарного прироста элодеи на 15 % к 30-м суткам опыта, разница с контролем статистически достоверна. В растворах со *смесью 2* к 30-м суткам погибли 2 растения элодеи из 15 (выборка в каждой варианте и контроле — 3 повторности по 5 экземпляров), что соответствует 13 %. Таким образом, аддитивный токсический эффект пестицидов на элодею проявлялся к 30-м суткам эксперимента только при действии *смеси 2*.

Зоопланктонное сообщество один из важнейших компонентов водных экосистем и является индикатором их состояния. Дафнии — типичные представители звена зоопланктона, являются основными потребителями первичной продукции и в то же время пищевыми объектами для многих рыб.

Оценка влияния совместного действия пестицидов в *смесях 1* и *2* на жизнедеятельность зоопланктонных организмов осуществлялась в течение 15-ти суток по следующим показателям: выживаемость, скорость полового созревания, плодовитость, численность, биомасса и возрастной состав популяции.

Исследования показали, что в растворах со *смесями 1* и *2* гибели рачков в течение всего эксперимента не наблюдалось, поведение дафний не отличалось от их поведения в контроле.

Общее количество народившейся жизнеспособной молодежи от одной самки отражает величину реальной плодовитости дафний. Эта величина определяет сохранность вида и играет решающую роль при оценке токсичности. Реальная плодовитость дафний в исходном и последующих трех поколениях достоверно не изменялась относительно контроля при действии обеих смесей пестицидов.

В присутствии *смеси 1* численность возрастных групп популяции дафний была несколько ниже численности дафний в контрольном варианте опыта, однако различия носили недостоверный характер. В эксперименте со *смесью 2* наблюдалось достоверное снижение численности молодежи на 45 % и половозрелых особей на 39 % в течение 15-ти суток. Биомасса популяции дафний, находившихся в растворах со *смесью 1*, достоверно не отличалась от контрольных значений. Пестициды в *смеси 2* оказывали стойкое отрицательное действие на биомассу популяции дафний, зарегистрировано снижение весового роста организмов на 43 %. Таким образом, пестициды в *смесях 1* и *2* не влияли на выживаемость и плодовитость дафний. Аддитивный токсический эффект пестицидов на численность и биомассу популяции зоопланктонных организмов проявлялся только при действии *смеси 2*.



Брюхоногие моллюски играют важную роль в круговороте органического вещества в водных экосистемах и являются представителями эпибентоса, составляют основы питания многих бентосоядных организмов, накапливают органические и неорганические ксенобиотики в тканях.

Результаты изучения размножения и плодовитости катушки роговой при воздействии пестицидов в смесях показали, что в растворах со *смесью 1* все показатели, характеризующие воспроизводительную способность моллюсков, соответствовали контролю. В растворах со *смесью 2* отмечалось небольшое снижение реальной плодовитости особей, однако различия с контролем были статистически недостоверны. Таким образом, аддитивный токсический эффект пестицидов на жизнедеятельность брюхоногих моллюсков не проявлялся.

Рыбы находятся в области конечного звена трофической цепи водных экосистем. Период раннего онтогенеза — критический в жизни ихтиофауны, пределы толерантности для эмбрионов и предличинок значительно уже, чем у взрослых особей. Икра и личинки рыб из-за недостаточной сформированности систем защиты и невозможности ухода из зон загрязнения могут быть наиболее подвержены пестицидной интоксикации.

Наблюдения за выживаемостью икры бычка-кругляка показали, что в растворах пестицидов *смеси 1*, как и в растворах *смеси 2*, гибель эмбрионов не превышала естественную в контроле (10–13 %). Продолжительность этапов эмбриогенеза в опытных растворах со *смесями 1* и *2* не отличалась от контроля. Исследования выживаемости мальков бычка-кругляка в растворах смесей пестицидов показали, что ни в одном из опытных сосудов как в 1-ом (экспозиция 19 суток) так и во 2-ом (экспозиция 5 суток) вариантах опытов гибели не зафиксировано. При этом длина и вес подопытных мальков бычка-кругляка находились на уровне контрольных величин в растворах пестицидов *смеси 1* и *смеси 2*, в обоих вариантах опыта.

В растворах пестицидов со *смесью 1*, как и в растворах со *смесью 2*, гибели предличинки бестера не наблюдалось. Действие *смеси 1* приводило к увеличению темпа линейного роста организмов: длина предличинки, развивавшихся в опытных растворах, была достоверно выше контрольных. Стимулирование роста предличинки в данном случае можно рассматривать как адаптивно-компенсаторную реакцию организма рыб ювенильного этапа развития на воздействие малых концентраций пестицидов. Весовой рост предличинки, развивающихся в растворах пестицидов *смеси 1* и *смеси 2*, был на уровне контрольных величин.

Тератологический анализ проводился на выклеве и на 5-е сутки после выклева (бычок-кругляк), на 6-е сутки после выклева (предличинки бестера). Установлено, что у эмбрионов и мальков бычка-кругляка, предличинки бестера, содержащихся в растворах пестицидов со *смесью 1* и *смесью 2*, патологий развития не отмечалось. Следовательно, аддитивный токсический эффект пестицидов на эмбриональное и раннее постэмбриональное развитие бычка-кругляка и бестера не проявлялся.

Пестициды могут вызывать глубокие изменения метаболизма у рыб и других гидробионтов задолго до их гибели. Длительный стресс, развивающийся при хроническом действии малых доз пестицидов, может привести к истощению адаптивных ресурсов и нарушению фундаментальных биохимических процессов, составляющих основу жизнедеятельности.

Определение МДА в гомогенатах используется как интегральный показатель активности процессов ПОЛ. Исследования показали, что у рыб, находившихся в растворах со *смесью 1*, содержание МДА в печени и жабрах соответствовало контрольному варианту.

Действие *смеси 2* приводило к увеличению содержания МДА на 40 % в жабрах рыб к 16-м суткам экспозиции, в печени опытных рыб достоверных изменений показателя не наблюдалось. Таким образом, усиление процессов ПОЛ происходило только в жаберной ткани рыб при длительном действии *смеси 2*.

Активность супероксиддисмутазы (СОД) и каталазы у рыб, находившихся в растворах со *смесью 1*, достоверно не изменялась относительно контрольных величин на протяжении эксперимента. При воздействии *смеси 2* в печени рыб активность каталазы увеличивалась на 4-е и 8-е сутки опыта на 25-26 %, активность СОД находилась на контрольном уровне. В жаберной ткани рыб при действии *смеси 2* отмечалось небольшое ингибирование обоих ферментов на 16-е сутки. Активность СОД снижалась на 14 %, каталазы – на 23 %, что свидетельствует об ослаблении адаптивных механизмов у годовиков белого амура при совместном действии пестицидов в растворах со *смесью 2*.

Ацетилэстераза (АцЭ) и карбоксилэстераза (КарбЭ) являются ферментами I фазы детоксикации. В проведенных экспериментах установлено, что совокупное действие пестицидов в *смесях 1* и *2* практически не оказывало влияние на исследованные показатели. Активность АцЭ в жабрах и печени рыб не изменялась относительно контроля в течение эксперимента. Увеличение активности КарбЭ на 28 % было зафиксировано только на 4-е сутки опыта в печени рыб при действии *смеси 2*, что можно объяснить приспособительными процессами у рыб на действие пестицидов.

Оценка детоксицирующей функции глутатионовой системы позволяет анализировать состояние основных метаболических этапов II фазы детоксикации. Действие *смеси 1* на компоненты глутатионовой системы рыб не обнаружено. Содержание восстановленного глутатиона (GSH) и активность глутатион-S-трансферазы (GST) в печени и жабрах опытных рыб находились на уровне контрольных величин. Действие *смеси 2* приводило к увеличению содержания восстановленного глутатиона в печени рыб на 4-е сутки (36 %) и одновременной активацию GST в жаберной ткани рыб на 42 %, что свидетельствует об интенсификации детоксикационных процессов в тканях рыб на ранних стадиях интоксикации. При увеличении экспозиции опыта до 16-ти суток в жабрах опытных рыб отмечалось снижение содержания GSH на 35 %, активность GST при этом ингибировалась на 21 %.

Анализ результатов проведенных экспериментов показал, что у карповых рыб, содержащихся в растворах со *смесью 1*, биохимические показатели не изменялись и соответствовали контрольному варианту опыта на протяжении 16-ти суток. Длительное воздействие *смеси 2* вызывало интенсификацию ПОЛ. Одновременно происходило ослабление механизмов антирадикальной защиты и детоксикации. Таким образом, только при увеличении концентраций в 10 раз (*смесь 2*) отмечено негативное аддитивное действие пестицидов на биохимические процессы у карповых рыб.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что действующие вещества пестицидов нового поколения (дифлуфеникан, имазалил, имазетапир, имидаклоприд, ипродион, метрибузин, пенцикурон, тебуконазол, тиаметоксам, фамоксадон, флумиоксазин, хизалофоп-П-этил, ципросульфамид, этофумезат) присутствуют в Таганрогском и Ясенском заливах Азовского моря. В весенний сезон наиболее массово в воде выявляются метрибузин, тебуконазол, флумиоксазин, ципросульфамид; в осенний сезон — имазалил, имазетапир, имидаклоприд, метрибузин. Межсезонные различия пестицидного загрязнения воды не носят однонаправленного характера и зависят от конкретного вещества.
2. В донных отложениях Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря выявляются: имазалил, имазетапир, имидаклоприд, ипродион, метрибузин, пенцикурон, тебуконазол, тиаметоксам, фамоксадон, флумиоксазин, хизалофоп-П-этил, ципросульфамид, этофумезат. В весенний сезон наиболее массово встречаются имазалил, имазетапир, имидаклоприд и ипродион; в осенний сезон — метрибузин и этофумезат.
3. В печени всех обследованных рыб обнаруживаются пестициды в разной степени накопления. Общий уровень накопления пестицидов в тканях у судака и пиленгаса ниже, чем у тарани и бычка-кругляка, что связано с особенностями миграционной активности видов и способностью активного избегания участков повышенного загрязнения. Наибольший уровень накопления токсических поллютантов в печени рыб всех исследованных видов отмечается в весенний сезон.
4. Выявленные в среде обитания концентрации исследуемых действующих веществ пестицидов не позволяют диагностировать у рыб наличие токсических эффектов по данным состояния внутренних органов и тканей, а также показателям крови.
5. Концентрации пестицидов, аналогичные для воды Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря (*Смесь 1*) не оказывают негативного влияния на фитопланктон (культура сценедесмуса). Концентрации пестицидов, превышающие в 10 раз природные (*Смесь 2*) вызывают стойкое угнетение развития культуры микроводорослей. На высшую водную растительность (элодея) оказывают влияние только длительные (30 дней) воздействия пестицидов высоких концентраций (*Смесь 2*).
6. Пестициды в *Смеси 1* не оказывают токсического действия на беспозвоночных животных (ветвистоусые ракообразные и брюхоногие моллюски). Высокие концентрации пестицидов (*Смесь 2*) приводят к снижению численности молодежи и подавлению весового роста дафний. Токсический эффект пестицидов в *Смеси 2* на жизнедеятельность брюхоногих моллюсков не проявляется.
7. Пестициды в обеих концентрациях (*Смесь 1 и 2*) не вызывают тератологических нарушений развития у эмбрионов и мальков бычка-кругляка и предличинок бестера, а также не оказывают влияния на весовой и линейный рост.
8. Концентрации пестицидов на уровне природных (*Смесь 1*) не вызывают изменений биохимических показателей рыб. Высокие концентрации пестицидов (*Смесь 2*) приводят к интенсификации ПОЛ, ослаблению механизмов антирадикальной защиты и детоксикации.

## СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

### Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК:

1. Бугаев Л.А., Зинчук О.А., Войкина А.В., Смыр Т.М., Рудницкая О.А. Гематологические показатели бычка кругляка (*Neogobius melanostomus*, Pallas, 1814) Азовского моря // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион, 2012, № 1. — С. 73–76.
2. Бугаев Л.А., Войкина А.В., Валиуллин В.А., Смыр Т.М., Карпушина Ю.Э. Исследование накопления пестицидов в печени некоторых видов промысловых рыб Азовского моря в 2009–2011 гг. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2012. — № 07 (81). Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/66.pdf>
3. Бугаев Л.А., Войкина А.В., Валиуллин В.А., Карпушина Ю.Э. Пестицидное загрязнение воды прибрежной зоны Таганрогского и Ясенского заливов Азовского моря в 2009–2011 гг. // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. — Краснодар: КубГАУ, 2012. — № 07 (81). <http://ej.kubagro.ru/2012/07/pdf/42.pdf>

### Статьи и тезисы в других изданиях:

4. Бугаев Л.А., Жердев Н.А., Войкина А.В., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Сравнительная характеристика промысловых рыб Азовского моря по степени интоксикации действующими веществами пестицидов // Матер. III Всерос. Конф. По водной токсикологии «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы», — т. 1, Борок, 2008. — С. 12–15
5. Бугаев Л.А., Зинчук О.А., Катаскова С.И., Войкина А.В., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Оценка степени токсичности среды для гидробионтов разных трофических уровней при загрязнении действующими веществами пестицидов // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна / Сб. научн. трудов 2006–2007 гг. — Ростов-на-Дону, — 2008. — С. 358–367.
6. Бугаев Л.А., Зинчук О.А., Смыр Т.М., Войкина А.В., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Токсикологическая характеристика промысловых рыб Азовского моря в 2007 г. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна / Сб. научн. трудов 2006–2007 гг. — Ростов-на-Дону, — 2008. — С. 367–376.
7. Бугаев Л.А., Катаскова С.И., Войкина А.В., Жердев Н.А., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Содержание действующих веществ пестицидов в воде Азовского моря и оценка возможного воздействия загрязнения на гидробионтов // Матер. III Всерос. Конф. По водной токсикологии «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы», — т. 3, Борок, 2008. — С. 156–159
8. Бугаев Л.А., Катаскова С.И., Войкина А.В., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Оценка степени токсического эффекта у гидробионтов разных трофических уровней при пестицидном загрязнении // Матер. Междунар. Науч. конф. «Современные проблемы морской инженерной экологии (изыскания, ОВОС, социально-экономические аспекты)». Ростов-на-Дону, 2008. — С. 51–55
9. Бугаев Л.А., Катаскова С.И., Войкина А.В., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Оценка токсической опасности действующих веществ

- пестицидов в воде Азовского моря // Матер. Науч. конф. «Современное состояние водных биоресурсов». Владивосток, 2008. — С. 447–451
10. Бугаев Л.А., Смыр Т.М., Жердев Н.А., Войкина А.В., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Гематологические показатели промысловых рыб Азовского моря в аспекте пестицидной интоксикации // Исследования Мирового океана: Матер. Междунар. науч. конф. Владивосток: Дальрыбвтуз, 2008. — С. 8–10
11. Бугаев Л.А., Смыр Т.М., Жердев Н.А., Войкина А.В., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Исследование уровня пестицидной интоксикации промысловых рыб Азовского моря // Матер. Науч. конф. «Современное состояние водных биоресурсов». Владивосток, 2008. — С. 452–456
12. Бугаев Л.А., Смыр Т.М., Жердев Н.А., Войкина А.В., Игнатенко И.Н., Матвейчук М.В., Радишевская Л.С., Баева В.А. Нарушения морфологии эритроцитов рыб Азовского моря в аспекте пестицидной интоксикации // Матер. II Междунар. Науч. конф. «Актуальные проблемы биологии, нанотехнологии и медицины». Ростов-на-Дону, 2008. — С. 18–19
13. Bugayov L.A., Zinchuk O.A., Smyr T.M., Voikina A.V. Toxicological characteristics of the round goby *Neogobius melanostomus* in the sea of Azov in 2008 // Book of abstracts of the 15th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region with focus on Environment and Health. Sevilla, Spain, 2009.
14. Bugayov L.A., Zinchuk O.A., Voikina A.V., Smyr T.M. Toxicological characteristics of the haarder *Mugil so-iuy* *Basilevsky* in the sea of Azov in 2008 // Book of abstracts of the 15th International Symposium on Environmental Pollution and its Impact on Life in the Mediterranean Region with focus on Environment and Health. Sevilla, Spain, 2009.
15. Бугаев Л.А., Зинчук О.А., Смыр Т.М., Войкина А.В. Токсикологическая характеристика бычка кругляка (*Neogobius melanostomus*) Азовского моря в 2008 г. // Тезисы докл. X Съезда Гидробиол. Общества при РАН. — Владивосток, 2009. — С. 54
16. Бугаев Л.А., Зинчук О.А., Смыр Т.М., Войкина А.В. Токсикологическая характеристика пиленгаса (*Mugil so-iuy*, *Basilevsky*) Азовского моря в 2008 г. // Тезисы докл. X Съезда Гидробиол. Общества при РАН. — Владивосток, 2009. — С. 55
17. Бугаев Л.А., Зинчук О.А., Смыр Т.М., Войкина А.В. Эколого-токсикологическая характеристика промысловых рыб Азовского моря в 2008 г. // Матер. II Междунар. Науч. конф. «Актуальные проблемы экологической физиологии, биохимии и генетики животных», — Саранск, 2009. — С. 26–28
18. Бугаев Л.А., Левина И.Л., Войкина А.В., Федорова Е.А., Кузнецова Л.Я. Активность систем антиоксидантной защиты и детоксикации у азовской тарани (*Rutilus rutilus*) в нерестовый период // Матер. междунар. конф.: «Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов», Петрозаводск, 2010. — С. 16–17
19. Бугаев Л.А., Войкина А.В., Катаскова С.И., Харьковский В.М. Исследование пестицидного загрязнения воды в Азовском море в 2009 г. // Основные проблемы рыбного хозяйства и охраны рыбохозяйственных водоемов Азово-Черноморского бассейна, Ростов-на-Дону, 2010
20. Бугаев Л.А., Войкина А.В., Смыр Т.М., Харьковский В.М. Токсикологическая характеристика азовской тарани в 2009 г. // Матер. Междунар. науч. конф. «Современное состояние водных биоресурсов и экосистем морских и пресных вод России: проблемы и пути решения», Ростов-на-Дону, 2010. — С. 76–78
21. Войкина А.В., Бугаев Л.А. Результаты токсикологических исследований промысловых рыб Азовского моря в 2009 г. // Матер. Всеросс. конф. молод. ученых и специалистов, Мурманск, 2010. — С. 43–45

22. Бугаев Л.А., Войкина А.В. Оценка пестицидного загрязнения прибрежных акваторий Азовского моря в 2010 г. // Матер. конф. «Современные проблемы водной токсикологии», Петрозаводск, 2011. — С. 26–29
23. Бугаев Л.А., Войкина А.В. Результаты исследований пестицидного загрязнения прибрежных акватория Азовского моря в 2010 г. // Матер. Междунар. науч. конф. «Изучение и освоение морских и наземных экосистеме условиях арктического и аридного климата», Ростов-на-Дону, 2011.- С. 29–32
24. Войкина А.В., Бугаев Л.А. Исследование накопления пестицидов в печени производителей некоторых видов рыб Азовского моря в 2009–2010 гг. // Материалы IV Всероссийской конф. по водной экотоксикологии «Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы». Борок, 2011
25. Войкина А.В., Бугаев Л.А. Оценка накопления пестицидов в печени производителей некоторых видов рыб Азовского моря в 2010 г. // Матер. VII Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых «Понт Эвксинский — 2011», Севастополь, 2011. — С. 62–63
26. Войкина А.В., Бугаев Л.А. Сезонная динамика токсикологического состояния производителей бычка кругляка (*Neogobius melanostomus*) Азовского моря // Материалы науч. конф. «Неделя науки 2011». Ростов-на-Дону, 2011. — С. 32–35
27. Бугаев Л.А., Войкина А.В., Валиуллин В.А., Карпушина Ю.Э. Исследование остаточных количеств пестицидов в воде и донных отложениях в прибрежной зоне Азовского моря в весенний период 2011 г. // Сб. трудов «Актуальные проблемы экологии и природопользования». Ростов-на-Дону, 2011. — С. 152-163
28. Бугаев Л.А., Войкина А.В., Валиуллин В.А., Карпушина Ю.Э. Исследование остаточных количеств пестицидов в воде и донных отложениях в прибрежной зоне Азовского моря в весенний период 2011 г. // Современные рыбохозяйственные и экологические проблемы Азово-Черноморского региона: материалы VII Международной конференции. — Керчь: ЮгНИРО, 2012. — Т. 1. — С. 279–284

### СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- ПДК – предельно-допустимая концентрация  
GST – глутатион-S-трансфераза  
GSH – глутатион восстановленный  
КТ – каталаза  
МДА – малоновый диальдегид  
ПОЛ – перекисное окисление липидов  
СОД – супероксиддисмутаза  
АцЭ – ацетилэстераза  
КарбЭ – карбоксилэстераза