

УДК 597. 442 (262. 81)

РЕТРОСПЕКТИВНЫЕ И СОВРЕМЕННЫЕ ДАННЫЕ ИЗУЧЕНИЯ КУМУЛЯТИВНОГО ТОКСИКОЗА У РЫБ

Земков Г.В., Журавлева Г.Ф.
АГТУ, КаспНИРХ, Астрахань

В настоящей работе рассматриваются актуальные вопросы экспериментальной и экологической токсикологии рыб. С различных сторон обсуждаются ретроспективные и новейшие фактические данные по вопросам изучения кумулятивного токсикоза на различных уровнях организации от молекулярного до популяционного. С позиций учения об адаптивной модификации и естественного отбора рассматриваются перспективные направления изучения экологической и физиологической пластичности популяции рыб к современным условиям качественных изменений водной среды.

Введение.

Патологические формы проявления негативного влияния внешних факторов среды на рыб в общем плане мало отличаются от таковых у высших позвоночных и человека, особенно это касается неспецифических изменений в организме при длительном хроническом влиянии токсических веществ. В настоящей работе поставлена задача – проанализировать научные литературные данные по актуальным вопросам экспериментальной и экологической токсикологии рыб. С различных сторон обсуждаются ретроспективные и новейшие фактические данные по вопросам изучения кумулятивного токсикоза на различных уровнях организации от молекулярного до популяционного. С позиций учения об адаптивной модификации и естественного отбора рассматриваются перспективные направления изучения экологической и физиологической пластичности популяции рыб к современным условиям качественных изменений водной среды.

1. Экспериментальные данные изучения механизма развития токсикоза у рыб

В истории развития человечества 20-е столетие, как и предшествующие периоды, характеризуются своими особенностями, главной, из которых является еще более тесная связь науки и производства. Научно-технические достижения прошедшего века радикально изменили производственную сферу антропогенной деятельности и увеличили степень влияния ее на окружающую природную среду. Эти изменения расширили масштабы и мощности производства. Значительный прорыв был сделан в совершенствовании традиционных и создании новых технологий по обработке сырьевых ресурсов, а также, что особенно важно, в области химического синтеза веществ и материалов различного назначения, нашедших широкое применение в народном хозяйстве. Вместе с тем все очевиднее проявилось не-

гативное влияние насыщения природной среды чужеродным и агрессивными веществами по отношению ко всему живому. Атмосферные выбросы твердых и газообразных поллютантов, а также миграция их со сточными водами непосредственно в природные водоемы создали угрозу для выживания объектов растительного и животного мира, в том числе и самого человека. Первой и необходимой мерой в снижении угрожающего уровня загрязнения явилось создание очистных сооружений, для чего потребовалась разработка научно обоснованных предельно-допустимых концентраций (ПДК) вредных веществ, содержащихся в атмосфере и природных водоемах. В научных дискуссиях 60-х годов обсуждались вопросы данной проблемы между специалистами в области гидробиологии, ихтиологии, водной токсикологии и токсикологии рыб [1]. В этих дискуссиях были обозначены главные направления исследований: изучения механизма действия токсических веществ на гидробионтов; критерии токсичности химических веществ для водных организмов. Данные экспериментальных исследований явились основой для разработки ПДК вредных веществ в природных водах. Этот норматив до настоящего времени служит единственным показателем эффективности создаваемых очистных сооружений и оценки уровня загрязнения природных водоемов. В научной литературе опубликовано большое количество отечественных и зарубежных работ посвященных проблемам токсикологии рыб. Анализ и обобщение результатов этих исследований широко представлены в монографиях [2-4], где обозначены теоретические, методические положения и вопросы, имеющие большое практическое значение в этом направлении. Автор в качестве основного критерия токсичности веществ выдвинул физиолого-биохимические показатели состояния рыб в процессе интоксикации. Такой

подход позволял не только определять безопасные для рыб концентрации, но и открывал пути изучения механизма действия токсикантов. В 70-80-е годы этим вопросам посвящаются материалы периодически проводившихся симпозиумов по экспериментальной водной токсикологии [5, 1] и конференций по экологической физиологии рыб. Существенный вклад в познание процессов интоксикации рыб внесли и другие исследователи, которые в монографических работах обобщили свои экспериментальные данные на примере различных по своей химической природе веществ, попадающих различными путями в естественные водоемы [6].

В связи с проблемой глобального загрязнения водной среды стабильными хлорорганическими пестицидами (ХОП) ДДТ и ГХЦГ в научной литературе были опубликованы материалы по накоплению их во внутренних органах рыб до критического уровня с последующими негативными последствиями в виде нарушений физиолого-биохимических реакций [7]. В тоже время опубликованы экспериментальные данные о нарушениях метаболических процессов в организме рыб, возникающих под влиянием ХОП в результате изменения активности важнейших ферментов и коферментов, участвующих в гликолизе, фосфолировании и обмене энергии [8].

Заметно возрастает количество опубликованных работ по изучению деструктивных явлений в различных органах рыб на клеточном уровне под влиянием токсических веществ [9-16]. Не остаются без внимания системы регуляции функций в организме рыб, например, под влиянием фенола доказано изменение гипоталамо-гипофизарной нейросекреции у гуппи [17] и под действием гербицида ялана у молоди белуги [18], что было выявлено с помощью гистохимических методов исследования. В последние годы опубликованы данные многолетнего опыта макроскопического описания органов рыб при токсикозах [19]. Эти исследования показали, что за исключением некоторых анатомо-морфологических особенностей, присущих рыбам, все патогистологические изменения соотносятся с классификацией, разработанной в медицине и в медико-биологических исследованиях [20]. В этом отношении не является исключением и нервная система, патогистология которой описана в некоторых работах, упомянутых выше, на уровне головного мозга рыб без дифференциации его по отделам. Впервые исследования различных отделов ЦНС были предприняты нами в изучении действия карбаматных гербицидов ялана и «сатурна» на молодь белуги и карпа [21, 22]. Было установлено, что наибольшая степень деструктивных изменений происходит в спинном и про-

долговатом мозге. Общая картина деструкции нейронов двигательных центров не отличалась от таковой, описанной на основе патогистологической классификации, разработанной на примере теплокровных животных и человека [23, 24]. Такая аналогия основана на едином плане анатомического строения и функционального значения отделов ЦНС позвоночных животных [25, 26]. В итоге проведенных собственных исследований установлено увеличение тяжести патологических изменений в мотонейронах по мере утраты двигательной и пищевой активности подопытных рыб. Также доказано, что наиболее глубокие изменения в виде некробиоза и некроза нейронов являются необратимыми и приводят к полному обездвиживанию рыб. Тем самым была доказана невозможность физиологической и репаративной регенерации у рыб, даже после снятия действия гербицида «сатурна».

Таким образом, экспериментальные исследования по токсикологии рыб значительно расширили знания о механизмах действия токсикантов, о характере динамики интоксикации при различных концентрациях изучаемых веществ. На современном этапе все в большей мере возникает необходимость изучения развития токсикозов в организме рыб непосредственно в естественных водоемах, что является одной из частей экотоксикологии.

2. Материальное накопление экзотоксикантов в организме рыб как одна из предпосылок кумулятивного токсикоза

В лабораторных и естественных условиях было доказано, что уровень накопления металлов зависит от природы лигандов, образующих комплексные соединения с элементами, химической трансформации и седиментации их [27]. Интерес представляют опубликованные данные, указывающие на отсутствие различий между пресноводными и морскими видами рыб по уровню накопления металлов [28]. Видимо, механизм сорбции и химической трансформации соединений «металл + лиганд» в пресноводных и морских водоемах универсален. С точки зрения общепринятого положения о накоплении токсических веществ по трофической цепи обращают на себя внимание данные об отсутствии увеличения количества токсикантов между организмами, филогенетически различающихся между собой. Например, уровень накопления кадмия у гаммарид выше, чем у рыб, но у бычков выше, чем у атерины [29]. Изучая бионакопление элементов было установлено, что, кроме ртути, другие металлы не накапливаются по пищевой цепи [30]. Как видно из всего сказанного выше, результаты отдельных исследований противоречат существующим общим положениям, и это лишь свиде-

тельствует о необходимости более глубокого изучения механизмов накопления токсикантов и особенно тяжелых и переходных металлов в организме гидробионтов и особенно промысловых видов рыб.

Первые сведения по накоплению металлов во внутренних органах каспийских осетровых наблюдали в 70-ые годы прошлого столетия [31], где автор рассматривал вопросы распределения микроэлементов по провинциям Астраханской области и их функциональной роли в организме рыб. В связи с загрязнением реки Волги и Каспия представляют интерес данные, полученные в ходе наблюдений за процессами вторичного загрязнения водной среды, вызванного в результате дноуглубительных работ в районе Волго-Каспийского канала. Установлено, что в связи с такими техногенными мероприятиями уровень количественного содержания в воде в 1,5-4 раза выше фоновой концентрации. При этом количественное содержание в бентосных организмах (моллюски, хирономиды, олигохеты) кумуляция железа, марганца, меди, цинка, свинца и кадмия возрастало по сравнению с их концентрацией в воде на один – три порядка [32]. В речной период жизни в печени осетровых, выловленных в предплотинной зоне Волгоградской ГЭС, количество меди, цинка, кобальта, железа в 1,7-10 раз меньше, а в гонадах – меди в 1,3, кобальта в 1,5, цинка в 2,1 раза больше, чем в тех же органах рыб, выловленных в море [33]. Такое количественное соотношение элементов между органами авторы объясняют тем, что в речной период осетровые не питаются. Видимо, повышенное содержание их в гонадах происходит за счет поступления с кровотоком из других органов, в том числе и печени, выполняющей гонадотропную трофическую функцию. Несколько иные результаты получены нами в различные годы наблюдений. С 1982 по 1985 годы в печени и гонадах самок осетра и севрюги в речной период жизни уровень металлов увеличивался. Особенно заметно возрастало содержание меди в печени от 4,6 в 1982 до 72 в 1985 году, а железа от 309 до 706 мг/кг соответственно. В гонадах эта тенденция распределения металлов четко сохранялась, за исключением никеля и ванадия.

Изучение материальной кумуляции элементов в организме рыб до настоящего времени заключалось в определении критического уровня их накопления, выше которого начинаются функциональные нарушения, но определение абсолютного критического уровня невозможно. Это связано с тем, что пока физиологическая роль многих металлов еще не раскрыта, а следовательно, нет индивидуальной изменчивости количественной оценки оптимального их содержа-

ния в организме рыб. Кроме того, известный вытеснительный ряд металлов в химических реакциях в определенной степени сохраняют свое значение и в организме. Например, изменение количественного соотношения содержания металлов в организме рыб происходит при накоплении ртути [34]. Изучая взаимовлияние свинца и кадмия [35], установили влияние кадмия на кумуляцию свинца во всех тканях рыб, а свинец снижает количество кадмия в почках, печени, костной ткани и повышает его уровень в мозге. Среди всех вопросов, связанных с материальным накоплением металлов в организме рыб, всегда наибольший интерес вызывало изучение зависимости кумуляции от количественного содержания элементов в водной среде.

В природных условиях зарегистрировано, что резкое снижение уровня цинка в воде не отразилось на количественном содержании его в рыбе [36]. Отсутствие корреляции наблюдали по сравнению содержания ртути в рыбе с количеством ее в донных осадках [37], эти факты имеют прямое отношение к механизму трансформации элементов в водной среде, от чего собственно и зависит кумуляция их в организме рыб. Маловероятно, что сорбированные металлы во взвешенном веществе резорбируются через жабры и кожу. Но в кишечнике рыб, куда вместе с кормом попадают взвешенные вещества, происходит десорбция элементов, которые могут при всасывании питательных веществ поступать в кровь. Таким образом, ионы металлов в воде могут резорбироваться через кожу, жабры, а сорбированные металлы во взвешенном веществе – через кишечник. Исходя из этого, отсутствие корреляции материального накопления металлов в организме рыб с концентрацией их в водной среде объясняется, на наш взгляд, двумя обстоятельствами. Во-первых, накопление элементов в рыбе зависит от формы, в которой находятся металлы во внешней среде. Во-вторых, концентрация металлов в воде варьирует в широких пределах, в результате постоянно меняющихся условий в водоеме и во времени не совпадает с процессом накопления в организме.

Еще более сложные процессы происходят с накоплением органических соединений, время полураспада которых зависит от их стабильности во внешней среде и организме рыб. Эти соединения, как и металлы, вовлекаются в процессы сорбции, растворения и седиментации, но и по сравнению с последним, они трансформируются в метаболиты, отличающиеся от исходной формы по степени токсичности. Главное отличие органических соединений от металлов заключается в том, что ряд метаболитов остаются чужеродными [38, 39]. Особое место среди всех орга-

нических соединений занимает нефть. Прежде всего, это объясняется масштабами нефтяного загрязнения, а также ее сложным химическим составом, в силу чего нефть относят к групповым токсикантам. Кроме мониторинга за уровнем нефтяного загрязнения имеются данные о ее накоплении в организме рыб Черного моря [40, 41]. В связи с расширением нефтедобычи непосредственно в районах морских водоемов предполагается увеличение уровня нефтяного загрязнения акваторий. Анализ фактических данных показал, что, даже использование современной привентивной технологии нефтедобычи, не гарантирует дальнейшего роста уровня нефтяного загрязнения [42]. В комбинированном взаимодействии с другими поллютантами, в частности обладающими гидрофобными свойствами, токсичность нефти возрастает. Например, синергизм наблюдается при растворении нефти в ХОП [7] детергента ЕТДА – натрия [43]. Обладая различной растворимостью в воде, фракции нефти фактически распределяются по всей толще водной массы, и в районах интенсивного загрязнения химическая трансформация нефтеуглеродов (НФУ) протекает с потреблением растворенного в воде кислорода. При постоянном нефтяном загрязнении зарегистрировано снижение общей биопродуктивности и сокращение промысловой добычи ценных видов рыб в Каспийском море [44]. В связи с расширением масштабов нефтедобычи в Каспии приобретают актуальность комплексные исследования, направленные на разработку модели, позволяющие оценивать реальные и потенциальные возможности экосистемы Каспия к самоочищению. Одним из частных элементов моделирования этих вопросов и являются вопросы по изучению материального и функционального накопления экзотоксикантов в организме рыб. В экспериментальной токсикологии рыб главным критерием токсичности веществ является выживаемость, количественным и качественным выражением которой является физиолого-биохимические показатели, отражающие степень повреждающего действия токсиканта на функции и структуру различных систем организма.

Заключение

Анализ научной информации по вопросам накопления тяжелых металлов и ксенобиотиков (чужеродных веществ) в организме рыб, прежде всего, свидетельствует об особенностях водной среды, с которой гидробионты в большей степени связаны, чем наземные животные с атмосферой. К этим особенностям, прежде всего, относятся механизмы химической трансформации поллютантов под влиянием биотических и абиотических факторов гидросистемы.

В настоящее время нет достаточно полного представления, в какой форме поллютанты поступают в организм рыб. В большинстве своем в научных работах опубликованы данные о количественном уровне накопления экзотоксикантов в органах рыб, обитающих в природных условиях. Все, что связано с нарушениями метаболизма и деструктивными процессами на уровне клеток, широко представлено в научной литературе по вопросам экспериментальной токсикологии рыб, посвященным изучению отдельных токсикантов. В природных условиях организм испытывает комбинированное влияние, и оценить доминирующее действие конкретного вещества на организм практически невозможно. Поэтому, не исключая изучение специфического действия одного токсиканта, исследования необходимо проводить с использованием методов, позволяющих выявить тяжесть нарушений и характер неспецифических реакций организма, что возможно на основе патогистологического анализа. Именно в этом направлении на современном этапе расширяются исследования по вопросам экотоксикологии рыб.

В связи с изложенным выше, следует выделить следующие положения:

- определить тяжесть и характер патогистологических изменений печени, почек, скелетной мускулатуры рыб, обитающих в природных водоемах. Анализ полученных результатов необходимо проводить не ради констатации патологических нарушений а и в результате тщательного наблюдения за процессами регенерации.

- решение первого положения важно прямо связывать с анализом репродуктивной системы рыб, что имеет значение в оценке причинно-следственных связей с уровнем естественного воспроизводства популяции.

- накопление токсикантов в организме рыб важно рассматривать в связи с особенностями этапов годовых циклов, отмечая, например, нагульный период, сезонные миграции и т.д. в соответствии с процессами химической трансформации поллютантов непосредственно в природных водах.

Список использованной литературы

1. Строганов Н.С. Актуальные задачи водной токсикологии в связи с охраной водоемов от загрязнения токсическими веществами // Элементы водной экосистем.- М.»Наука» - 1978 - С. 150-173.
2. Лукьяненко В.И. Иммунобиология рыб. – М. «Легкая и пищевая промышленность» - 1971. – 215 с.
3. Лукьяненко В.И. Общая ихтиотоксикология. М. «Легкая и пищевая промышленность» - 1975.- 317 с.

4. Лукьяненко В.И. Экологические аспекты ихтиотоксикологии.- М ВО «Агропромиздат» - 1987. – 240 с.
5. Метелев В.В., Бричко В.Ф. Определение ялана и пропанида в воде и рыбе. Ветеринария. Агропромиздат. – 1975. –С. 106-108
6. Флеров Б.А., Комов Е.Т. Оценка экологического состояния водоемов при антропогенном воздействии. – Гидробиологический журнал. – 1991.- Т. 27 - №3. – С. 23-31
7. Брагинский Л.П., Комаровский Ф.Я., Мережко А.И. Персистентные пестициды в экологии пресных вод. – Киев. «Наукова думка». – 1979.- 143с.
8. Маляревская А.Я. Обмен веществ у рыб в условиях антропогенного эвтрофирования водоемов.- Киев «Наукова думка».- 1979. – 186с.
9. Холикова Н.И. Патогистологические изменения некоторых органов леща (*Abramis brama* L.) под влиянием 2-метил – 5 этилпиридина (МЭП) и 2- метил - 5 – винилпиридина (МВП) //Информационный бюллетень «Биология внутренних вод» - Рыбинск. -1970.- № 5. С. 39-42.
10. Грищенко Л.И. Клинические и патоморфологические изменения при экспериментальном отравлении карпов пестицидами // Экспериментальная водная токсикология.- Рига. «Зинатне». – 1972. – Вып.3. – С. 25- 33.
11. Мазманиди Н.Д. К патоморфологии отравления рыб фосфором // Вопросы водной токсикологии. – М. «Наука». – 1973. – С. 123-136.
12. Кокуричева М.П. О применении гистологического изучения органов и тканей рыб водной токсикологии // Изв. ГосНИОРХ. – «Влияние пестицидов и нефтепродуктов на водные организмы». – Л. – 1974. – Т.98.-С112-120.
13. Лизина А.Н., Чемова Н.Г., Щербаков Ю.М. Патогистологические изменения в органах карпа при действии карбомола // В кн. Влияние вредных веществ на водную среду и водные организмы.- Саратов «Приволжское книжное издательство» - 1975 – С. 46-47.
14. Бурковский А.Л., Кулькин С.Г. Влияние фосфоорганических соединений на микроморфологию и гистологию внутренних органов рыб // Тез. докл. межотраслевой научно-практической конференции «Состояние и охрана биологических ресурсов Волгоградской области.»// – Волгоград. – 1977.- С. 136-138.
15. Комаровский Ф.Я., Порохонская Е.М., Пищалка Ю.К. Экспериментальная модель токсикоза пресноводных рыб // Экспериментальные исследования влияния загрязнителей на водные организмы. Апатиты. – 1979 – С. 10-14.
16. Щербаков Ю.А. Морфологические изменения, развивающиеся в органах рыб при привыкании к токсическим веществам // Реакция гидробионтов на загрязнение. – М. «Наукова думка». – 1983. С.114-116
17. Матей В.Е. Гипоталамо-гипофизарная нейросекреторная система группы *Lebistes reticulatus* при хроническом отравлении фенолом // Ж. эволюционной физиологии и биохимии. –Л. «Наука». – 1973. – Т. 1.-№5-с.43-46.
18. Деревягина Н.Г., Поленов А.Л. Функциональная морфология нейрогипофиза белуги при действии гербицида ялана // Тез. I Всесоюз. конф. «Эндокринная система организма и токсические факторы внешней среды». – Л. – 1979. – С. 53-54.
19. Аршаница Н.М., Перевозников М.А. Ихтиотоксикологический мониторинг водоемов // Тез. докл. I конгресса ихтиологов России (сентябрь, Астрахань, 1997). – М – ВНИРО. – 1997. – С. 140.
20. Струков А.И. Патологическая анатомия. – М. «Медицина». – 1971. – 601 с.
21. Земков Г.В. Эколого-токсикологические особенности влияния гербицида ялана на рыб // Дисс. на степень канд. биол. наук. – Астрахань. – 1990. – 153 с.
22. Земков Г.В., Журавлева Г.Ф., Федорова Н.Н. Развитие морфофункциональных нарушений в печени карпа под влиянием возрастающих концентраций меди // Тез. Докл. регион. конф. «Экологические проблемы Волги» - Саратов – 1989. – ч. II. – С. 115-116
23. Жаботинский Ю.М. Нормальная и патологическая морфология нейрона. – Л. «Медицина» - 1965. – 322 с.
24. Ярыгин Н.Е. Ярыгин В.Н. Патологические и приспособительные изменения нейрона. – М. «Наука». – 1973. – 189с.
25. Коштоянц Х.С. Основы сравнительной физиологии. – М. «АН СССР». – 1957. – Т. 21. – 630 с.
26. Карамян А.И. Функциональная эволюция мозга позвоночных. – Л. «Наука». – 1970. – 302 с.
27. Portmann J.E. Lre level of certain metals in fish coastae waters around England and Wales // *Aquaculture*. - 1972. – v.1. -№1. – p. 91-96.
28. Патин С.А. Влияние загрязнения на биологические ресурсы и продуктивность мирового океана. – М. «Пищевая промышленность». – 1979.- 189с.
29. Горкин И.Н., Петухов С.А., Широкова Е.Н. Изучение накопления кадмия – 109 компонентами морской модельной экосистемы // Физиология морских рыб.- М. «Пищевая промышленность». – 1980. – С. 47-52.
30. Mearens A. J. Yong D.R. The manner in which organisms concentrate pollutants // *Proc. Oceans*. 83. San Francisco. 29 Aug. 1983. – New York.-1983.- v.2.-№1. - p. 927-931.

31. Воробьев В.И. Динамика микроэлементов в органах и тканях некоторых промысловых рыб дельты р. Волги // Гидробиологический журнал. – 1972.- Т.8 - №4. – С. 55-59.
32. Андреев В.В., Земков Г.В., Крючков В.Н. Некоторые адаптационные закономерности перераспределения элементов в теле волжского осетра при миграции из моря в реку. // Тез. док. симпозиума «Экологические и морфофункциональные основы адаптации гидробионтов». • Л.-1990.-С. 7-9.
33. Андреев В.В. Минеральный обмен у русского осетра в период нерестовой миграции и ската в море после нереста // Тез. докл. Всесоюз. конф. по экол. физиологии и биохимии рыб.- Вильнюс.- 1985.- С5-6.
34. Сторожук А.Я., Сторожук Н.Г., Петухов С.А. Динамика микроэлементного состава личинок кижуча в физиологии и биохимии рыб – Астрахань. – 1979. – С.174-175.
35. Tiedemann J. Kublibeck M., Rosmanik J. Die gegenseitige Beeinflussung von Cadiun und Beil Fischorganismus // Wiss und Umwelt.–1984. №3– p .145-154.
36. Saltes J.Y., Bailey Y.C. Use of fish gill and liver tissue to monitor zinc pollutants // Bull. Environ. Contam. and Toxicol.1984.–v.32,-№2 . - p. 233-237.
37. Linestrom Z., Yrahn O. // АМБИО. -1982. – V. 11. - № 6- p.111
38. Врочинский К.К., Земков Г.В. Гигиенические исследования ялана в природных условиях. В сб. «Гигиена и санитария» - М «Медицина». – 1977. С 100-101.
39. Головлева Л.А., Головлева Е.Л., Зякун А.М., Шурухин Ю.В., Фикельштейн З.И. Метаболизм ордрама гербицида из группы тиокарбаматов микроорганизмами. Изв. АН СССР. Серия биолог.- М. – 1978.-№1.- С 648-753.
40. Миронов О.Г. Развитие некоторых рыб в морской воде, загрязненной нефтепродуктами //Вопросы ихтиологии.-1969. – Т.9.-№26- С. 1136-1139
41. Миронов О.Г., Щекатурина Т.Л. К вопросу о метаболизме углеводов у морских гидробионтов // Экспериментальные исследования влияния загрязнителей на водные организмы. – Апатиты. – 1979.- С. 128-132.
42. Патин С.А. Экологические проблемы освоения ресурсов морского шельфа. – М. ВНИРО. – 1997. -346 с.
43. Drewka Y., Chesy M. Morphological changes of Yasterosteus acculeutus L exposed to pollutants // Pol; arch; hydrobiol – 1994/ - v; 41-№4. - p. 507-516.
44. Петрова В.С, Серова И.П. Влияние нефтяного загрязнения Каспийского моря. – Мурманск. Морской биолог. Институт Кольского научного центра РАН. – 1992. – 14. Деп. ВИНТИ 26. 392. - № 1052. – 1392.

Retrospective and current data on cumulative toxicosis in fish

Zemkov G.V., Zhuravleva G.F.

ASTU, KaspNIRKH, Astrakhan

The present paper discusses topical questions of experimental and ecological toxicology of fish. Historical and current data on cumulative toxicosis at different levels from molecular to population are presented. Promising aspects of research on ecological and physiological plasticity of fish population under the present conditions of qualitative changes in aquatic environment are described based on the doctrine of adaptive modification and natural selection.