

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
ОЗЕРНОГО И РЕЧНОГО РЫБНОГО ХОЗЯЙСТВА (ГосНИОРХ)

ПАРАЗИТЫ РЫБ КАК БИОИНДИКАТОРЫ ТОКСИКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ВОДОЕМЕ

Методическое пособие

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ 1993

Автор: докт. биол. наук Е.А. Богданова

Настоящая брошюра рекомендуется для работников производственных лабораторий промышленных предприятий, специалистов рыбного хозяйства и природоохранных организаций, ихтиопатологов, студентов биологического, ветеринарного и сельскохозяйственного профиля.

СОДЕРЖАНИЕ

I. Методы определения качества воды природных водоемов	6
1. Физико-химические показатели качества воды.....	6
2. Биологические методы контроля качества воды	7
II. Влияние загрязнения водоемов на паразитов рыб	8
1. Зараженность рыб паразитами с прямым развитием	9
2. Зараженность рыб паразитами со сложным развитием	19
1) Инвазия рыб цестодами, первыми промежуточными хозяевами которых являются копеподы	20
2) Инвазия рыб трематодами, первыми промежуточными хозяевами которых являются моллюски	22
3) Инвазия рыб скребнями, первыми промежуточными хозяевами которых являются амфиподы	23
4) Инвазия рыб цестодами, первыми промежуточными хозяевами которых являются тубифициды	24
III. Паразиты рыб как биоиндикаторы качеств пресных вод	25
1. Паразиты рыб, не устойчивые (или слабоустойчивые) к загрязнению внешней среды	25
2. Паразиты рыб с высокой устойчивостью к загрязнению внешней среды	26
Литература	27

Многофакторное антропогенное воздействие на внутренние и морские водоемы продолжает прогрессировать. Особенно интенсивно процесс загрязнения пресноводных водоемов, а также континентальных морей протекает с середины XX века, когда резко увеличились темпы индустриализации. Вследствие этого многократно возросло поступление в естественные водоемы токсических веществ со сточными водами разнопрофильных предприятий. В последние десятилетия во многих странах интенсивно растет производство удобрений и пестицидов. Значительная их часть с сельскохозяйственных угодий также поступает в водную среду. Кроме того, постоянно усиливается загрязнение водоемов нефтепродуктами, а также в результате развития судоходства, расширения гидромеханизированных разработок грунта на судоходных трассах, строительства речных и морских портов, сооружения дамб, добычи и т. д.

Одновременно с расширением масштабов промышленного производства возрастает производство электроэнергии. Развитие тепловой и атомной энергетики, увеличение добычи природного сырья (уголь, газ, нефть) и его использование сопровождаются значительными выбросами в атмосферу множества токсикантов, в том числе окислов, серы и азота. Огромное количество их воздушными потоками разносится на большие расстояния и сопредельные континенты. Так, в Европу около 20% промышленных выбросов попадают из Северной Америки. Вследствие выпадения поллютантов в виде кислотных осадков наступает гибель наземной растительности, наблюдается снижение урожайности полей, постепенное обеднение фауны и флоры в водоемах.

В целом в настоящее время отрицательному воздействию ядовитых веществ подвержено около 90% крупных и малых озер мира. Известно, что при выпадении кислотных дождей резко снижается величина pH воды (до 4,5). По этой причине в Канаде оказались закисленными около 50 тыс. озер. В Скандинавию поступает более 70% кислых осадков из Западной Европы. Негативное комплексное влияние их на все звенья водных сообществ привело к гибели последних в 20 тыс. озер (Израэль и др., 1989; Яблоков, 1989 и др.).

Под воздействием высокой техногенной нагрузки и усиливающихся процессов загрязнения внутренних водоемов и прибрежных морских вод экосистемы почти всех крупных рек, озер, водохранилищ и даже континентальных морей трансформированы (Лукья-ненко, 1987). При изменении гидрохимического (иногда и гидрологического) режима в водоемах наблюдается как ответная реакция гидробиоценозов сокращение видового разнообразия фауны водных беспозвоночных, их численности, изменяются районы их распределения. Иногда происходит выпадение из гидробиоценозов отдельных видов и целых групп. В этих условиях постепенно снижается плотность популяций рыб, изменяется их размерно-возрастная и промысловая структура, нарушаются пищевые цепи и конкурентные отношения между отдельными видами гидробионтов и др.

Нашими исследованиями крупных озер Северо-Запада и Севера России установлено, что при их загрязнении наступают глубокие изменения паразитофауны рыб, степени инвазии их паразитами различных систематических групп. В результате наблюдается снижение сопротивляемости рыб к заболеваниям, изменение эпизоотического и эпидемиологического состояния водоемов (Богданова, 1986; 1987; 1988; 1989; 1990; 1991 и др.).

Эти и многие другие последствия загрязнения окружающей среды свидетельствуют, что задача сохранения и охраны качества природных вод исключительно актуальна. Большое разнообразие проблем, возникающих в связи с охраной водоемов, требует применения объективных и достаточно оперативных методов оценки состояния их экосистем.

I. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМОВ

Условия обитания и воспроизводства рыб и других гидробионтов находятся в тесной зависимости не только от характера водоемов, но и от качества их вод.

Изменение химизма воды под влиянием природных факторов протекает медленно (за исключением очень редких случаев). В таких условиях водные организмы могут или постепенно приспосабливаться к изменяющейся природной среде, или вообще не реагировать на эти факторы ввиду слабого их влияния. Напротив, как показано выше, при ухудшении качества воды под воздействием различных токсикантов наблюдается иной характер реакции населяющих водоем организмов.

1. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ВОДЫ

При появлении признаков ухудшения окружающей среды прежде всего обращают внимание на физические показатели воды — запах, цвет, вкус, прозрачность, температуру и др. Химический же состав воды значительно разнообразнее.

К настоящему времени известно более 4 млн. химических веществ, и ежегодно создается еще около 25 тыс. новых соединений. Среди них количество поллютантов составляет около 150 тыс. Из этого количества в водоемы поступает от 10 тыс. до 40 тыс. (Лукьяненко, 1988). Только со сточными водами целлюлозно-бумажных предприятий в природную среду выбрасывается около 500 вредных веществ, а предприятиями химической промышленности — около 150.

Для определения качества воды обычно используют значительно меньше показателей. Так, Программа наблюдений Общегосударственной службы наблюдений и контроля природной среды включает лишь 30 обязательных показателей. И еще около 100 химических соединений могут быть определены с помощью современных инструментальных методов (Александров, 1988).

Таким образом, при применении химического метода оценки характера и уровня загрязнения водных объектов не учитывается подавляющая часть ядовитых веществ, находящихся во внешней среде. Кроме того, следует также принимать во внимание, что токсические свойства поступающих в водоемы десятков и сотен поллютантов при совместном взаимодействии суммируются и тем самым токсичность их усиливается. В этих условиях возможно образование новых ядовитых соединений. В результате качественный и количественный состав их в водоемах претерпевает существенные изменения.

Таким образом, на данном этапе в силу указанных выше причин полное и детальное изучение химического режима водоемов не представляется возможным. Поэтому на практике, как правило, осуществляется определение лишь ряда показателей, позволяющих получить ориентировочные сведения о качестве воды обследуемого водоема или его отдельных зон.

2. БИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ВОДЫ

Анализ последствий нерационального использования водных ресурсов позволяет считать, что при отсутствии строгого контроля за поступлением вредных стоков в водоемы и надежной охраны последних от загрязнения, а также при невозможности осуществления оперативного детального химического анализа воды в силу указанных выше причин для оценки состояния водных экосистем наряду с указанными методами целесообразно применять биологические методы исследований, основанные на изучении особенностей экологии и функционирования различных видов и групп гидробионтов. Преимуществом этого метода является то, что водные организмы в силу особенностей их жизненного цикла длительное время обитают в условиях загрязнения внешней среды и таким образом накапливают значительную информацию о влиянии на них антропогенного фактора. Одновременно это обстоятельство позволяет выявить ответную реакцию различных беспозвоночных, рыб и их паразитов и, следовательно, косвенно оценивать изменения качества водной среды.

Естественные водоемы, как правило, заселены животными, которые реагируют на колебания условий их обитания неодинаково. Среди них встречаются виды, весьма чувствительные к неблагоприятным воздействиям внешних факторов. При загрязнении водоема или его отдельных зон численность таких организмов (амфиподы, ряд видов копепод, моллюсков, пиявки и др.) резко сокращается, иногда до полного их исчезновения. Напротив, другие группы беспозвоночных (хирономиды, олигохеты, некоторые моллюски и др.) проявляют высокую устойчивость к поллютантам. Подобные реакции на токсикологический фактор наблюдаются и среди различных видов рыб.

Спектр регистрируемых у водных организмов биологических показателей, которые свидетельствуют об ухудшении состояния окружающей среды, исключительно разнообразен. Это многочисленные биохимические, морфофизиологические, гематологические, гистохимические, гистопатологические данные, наличие в различных органах водных животных токсических веществ и др. Но как показывает практика, для получения окончательных результатов при применении перечисленных методов требуются длительная обработка полевых материалов в лабораторных условиях и соответствующее инструментальное оснащение. Последнее, как правило, весьма затруднительно, особенно для практических работников.

II. ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ НА ПАЗАЗИТОВ РЫБ

Учитывая исключительную важность проблемы сохранения водных экосистем и улучшения контроля за их токсикологической ситуацией, предлагаем новый (паразитологический) метод определения состояния естественных водоемов и их экосистем в целом.

Этот метод косвенным образом позволяет оперативно и достаточно объективно определить степень загрязнения окружающей среды ядовитыми веществами, которые оказывают губительное влияние не только на беспозвоночных, но, как показали наши многочисленные исследования, и на иктиопаразитов — довольно обширной группы гидробионтов.

Это обусловлено тем, что паразиты рыб, различные группы беспозвоночных организмов (многие из которых являются первыми промежуточными хозяевами ихтиогельминтов), а также рыбы в течение всего жизненного цикла находятся под прямым влиянием окружающей среды, в том числе загрязняющих веществ, проникающих в водоемы со сточными водами многопрофильных предприятий.

Среди ихтиопаразитов выявлен целый ряд видов, которые довольно четко реагируют на присутствие в воде комплекса токсикантов. По этому признаку они условно могут быть подразделены на две основные группы. Первая — это виды (и группы), развивающиеся путем прямого деления, т.е. без участия промежуточных хозяев. Преимущественно к ним относятся формы, обитающие на поверхности тела, плавниках, жабрах, иногда — во внутренних органах и тканях. Другая группа включает эндопаразитов, локализующихся во внутренних органах. В цикле их развития участвуют многие представители зоопланктона и зообентоса, в организме которых и происходит развитие ихтиогельминтов на ранних стадиях. В процессе развития яйца и свободноживущие личинки трематод, цестод, нематод, скребней некоторое время обитают во внешней среде, как и другие гидробионты. В этот период они подвергаются непосредственному токсическому воздействию и многие погибают. В результате наступает обеднение видового разнообразия и снижение численности всех групп гельминтов.

1. ЗАРАЖЕННОСТЬ РЫБ ПАРАЗИТАМИ С ПРЯМЫМ РАЗВИТИЕМ

Эта весьма обширная группа ихтиопаразитов включает многочисленных одноклеточных простейших, обитающих на наружных покровах, жабрах рыб, некоторые — в ротовой полости. К ним относятся эктопаразитические и сосущие инфузории (триходины, ихтиофтириус, хилодонелла, трихофрии, сцифидии), жгутиконосцы (костия), жаберные сосальщики (дактилогириды, гиродактилиды, дискокотилиды, анцероцефалиды и др.), паразитические ракообразные (аргулюс, ахтерес, лернея, калигус и др.), пиявки, личинки моллюсков (глохидии), некоторые микоспоридии.

В естественных водоемах до их загрязнения упомянутые группы ихтиопаразитов были достаточно многочисленны.

Эктопаразитические простейшие (рис. 1) в период многолетних исследований рыб из ряда водоемов Северо-Запада и Европейского Севера России, подвергающихся в настоящее время многофакторному загрязнению, обнаружены не были.

Подобные данные получены также при обследовании тепловодного форелевого хозяйства, расположенного на р. Волхов (устье р. Черной), в зоне непосредственного влияния сбросов ряда многопрофильных предприятий Киришского промышленного узла.

Известно, что простейшие организмы имеют весьма нежные, прозрачные и легкопроницаемые покровы. Вследствие этого они подвержены постоянному непосредственному негативному воздействию комплекса токсикантов, содержащихся в окружающей среде. Этот факт вполне убедительно подтверждается и данными о влиянии на ихтиофтириусов, триходин и ряда других простейших органических красителей, применяемых в рыбоводной практике для борьбы с возбудителями протозойных заболеваний молоди лососей, форели и других рыб на рыбоводных заводах, в форелевых прудовых и садковых хозяйствах. Так, например, при воздействии на свободных и находящихся на рыбе ихтиофтириусов раствора малахитового зеленого в очень слабых концентрациях (0,5-1,0 мг/л) уже спустя 10-15 мин наблюдается позеленение оболочки инфузории и тонкого слоя цитоплазмы под нею. Затем зеленая окраска постепенно распространяется вглубь всего тела инфузорий, включая центральную зону. Вследствие этого они приобретают зеленоватый оттенок. Спустя 20 минут после начала опыта отмечается замедление движения ресничек, расположенных на поверхности тела ихтиофтириуса, и заметное уплотнение отдельных участков цитоплазмы. Вскоре наружная его оболочка в одной или нескольких точках прорывается, и наступает гибель организма (Богданова, 1969). Размеры взрослых ихтиофтириусов достигают в диаметре 2 мм. Размеры других эктопаразитических инфузорий и жгутиконосцев значительно меньше и, следовательно, разрушение их тела под воздействием токсикантов протекает в течение более короткого времени.

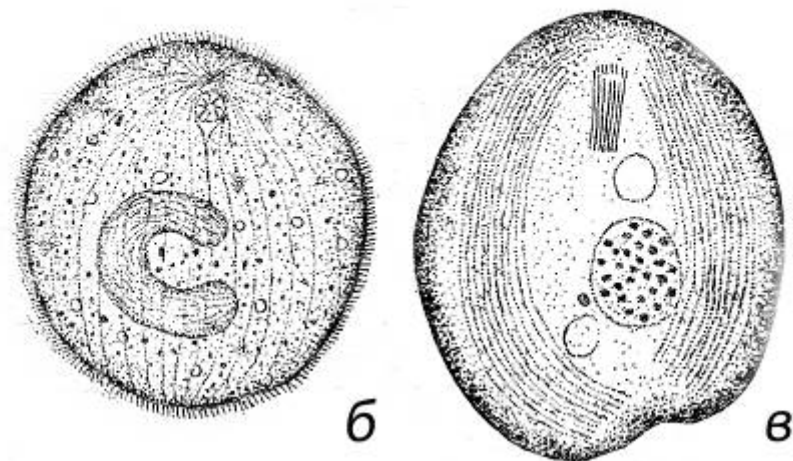
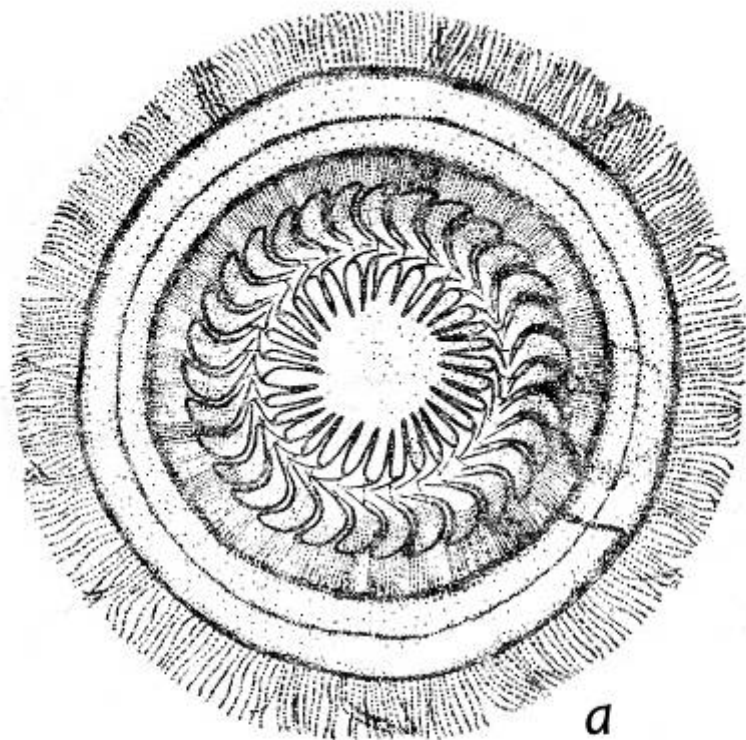


Рис. 1. Эктопаразитические простейшие:

а) *Trichodina truttae*, б) *Ichthyophthirius multifiliis*, в) *Chilodonekka piscicola*

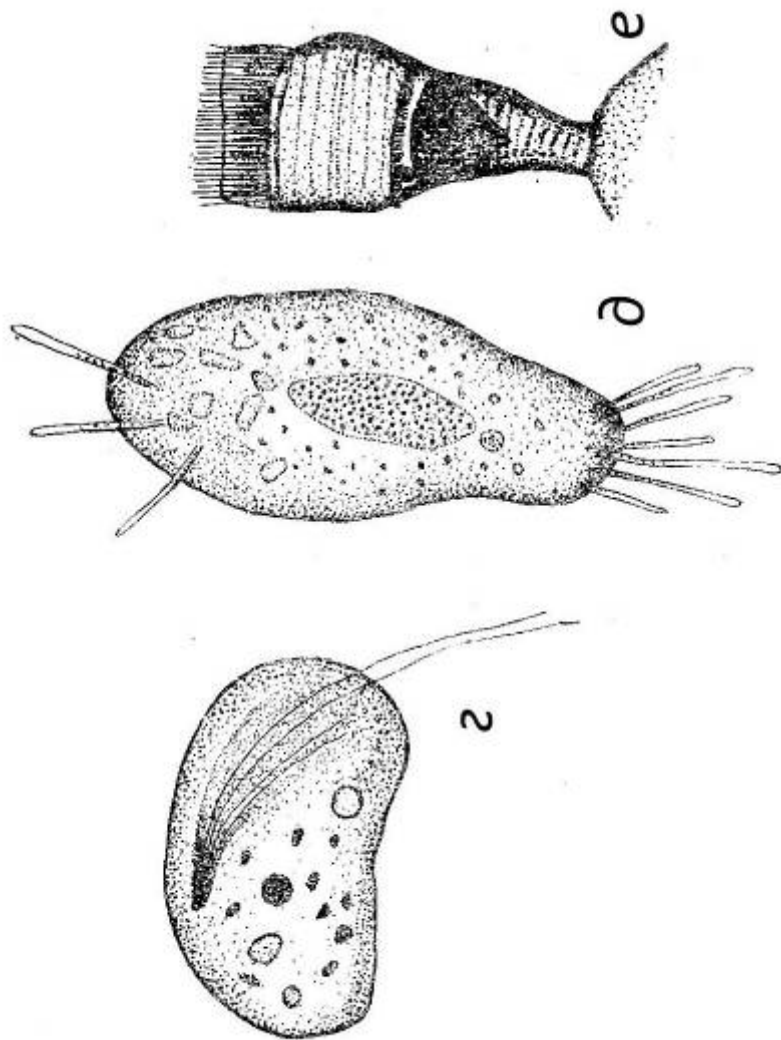


Рис. 1 (продолжение):

г) *Costia necatrix*, д) *Sarginiana (Trichophrya) piscium*, е) *Ariosoma piscisolum*

Одновременно следует учитывать, что в водоемах, как было упомянуто выше, постоянно присутствует множество поллютантов и их производных, которые круглогодично оказывают губительное действие на все звенья экосистемы водоема, в том числе и на различных наружных паразитов рыб. В результате жизнедеятельность их на всех этапах развития нарушается, и рыбы в загрязненных водоемах оказались свободными от одноклеточных эктопаразитов.

Миксоспоридии (рис. 2) сравнительно редко встречаются у рыб, обитающих в экстремальных условиях. В основном цисты их регистрируются на жабрах ладожского судака, белозерского и ильменского леща в наиболее загрязненных зонах обследованных озер Северо-Запада. Обычно они локализуются практически на всех жаберных лепестках вдоль всей их длины, в непосредственной близости одна к другой. В цистах, снятых с жабр судака и леща, обнаружены споры со значительными патологическими изменениями в их морфологии вплоть до полного разрушения. Это позволяет считать, что развитие указанных жаберных простейших также весьма сильно нарушено.

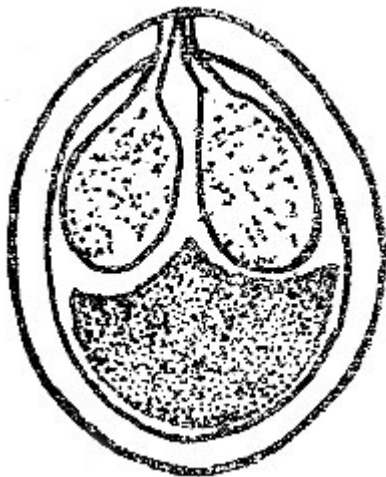


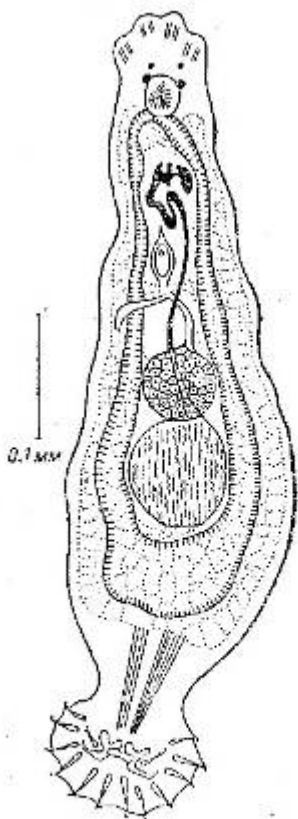
Рис. 2. Миксоспоридии *Muxobolus* sp.

Жабры больных рыб при массовом скоплении цист паразита обычно покрыты толстым слоем слизи, имеют множественные очаги разрушения отдельных участков жаберных лепестков, кровоизлияний, анемии и пр. Этот факт свидетельствует о резком снижении сопротивляемости организма рыб при обитании в экстремальных условиях.

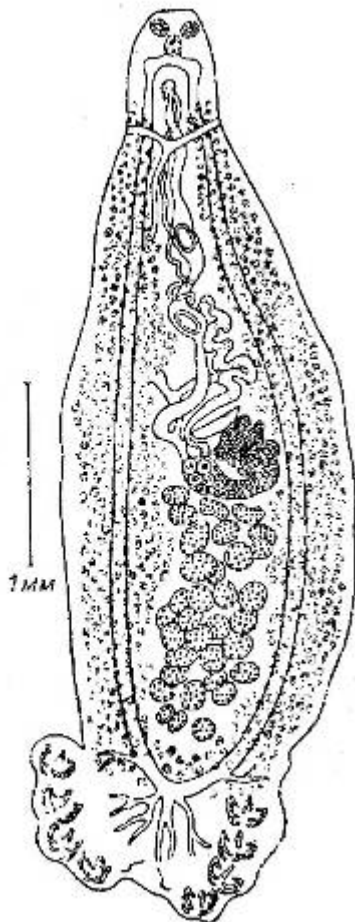
Жаберные сосальщики (рис. 3-4) исключительно многочисленная группа эктопаразитов рыб. Однако в водоемах, подвергающихся многофакторному загрязнению, наблюдается качественное и количественное их обеднение. Отдельные их представители обладают неодинаковой устойчивостью к токсикантам.

Гиродактилиды — довольно мелкие гельминты с нежными прозрачными наружными покровами, подвержены наиболее сильному отрицательному воздействию вредных веществ. По этому показателю они довольно близки к эктопаразитическим инфузориям и в результате регистрируются у рыб очень редко и в единичных экземплярах, а во многих водоемах вообще не обнаружены. Это позволяет считать, что популяция данных жаберных сосальщиков в водоемах, подвергающихся загрязнению, находится в подавленном состоянии.

Дактилогириды — весьма многочисленная группа жаберных сосальщиков, характерная для многих видов рыб пресноводных водоемов (до их загрязнения) и разных регионов. Особенно разнообразен их состав у карповых рыб. В 50-60-е годы, когда естественные водоемы не были подвержены столь сильному влиянию антропогенного фактора, развитие этих эктопаразитов протекало вполне нормально. Поэтому в тот период у различных видов рыб, в том числе в прудовых и садковых хозяйствах, нередко возникали эпизоотии дактилогирозов. Инвазия рыб дактилогиридами в водоемах Северо-Запада в настоящее время незначительна. Лишь в районе банки Северная Головешка, удаленной от основных источников загрязнения южной зоны Ладожского озера, заражение ерша оказалось несколько выше, чем в других участках водоема. В 1986 г. у истока р. Волхов дактилогириды отмечены у 100% исследованных лещей, а в нижнем ее течении вследствие ухудшения экологической ситуации в районе Киришей и Волховстроя лещ, густера и язь оказались свободными от этих паразитов.



**Рис. 3. Жаберный сосальщик
*Dactylogyrus vastator***



**Рис. 4. Жаберный сосальщик
*Discocotyle sagittata***

Из рыбоводной практики известно, что для профилактики и лечения дактилогирозов рыб подвергают обработке в кратковременных солевых или аммиачных ваннах при низкой концентрации этих реагентов. В условиях загрязнения окружающей среды и присутствия в воде многочисленных поллютантов воздействие их на жаберных сосальщиков суммируется и усиливается. В связи с этим инвазия ими рыб становится весьма низкой.

Анцeroцефалиды, как и дактилогириды, в обследованных водоемах Севера и Северо-Запада весьма малочисленны, а в зонах поступления токсических веществ они не встречались.

Дискокотилиды (см. рис. 4) довольно крупные представители жаберных сосальщиков, характерны для сиговых рыб северных регионов России. В Ладожском озере степень инвазии ими сигов довольно значительна, особенно в южной зоне водоема. В большинстве случаев экстенсивность заражения рыб достигала 100%, а интенсивность — до 104-132 экз. При массовом скоплении паразитов в жабрах рыб возникают глубокие патологические изменения. Дистальные концы практически всех жаберных лепестков сильно деформированы. Жабры имеют необычную светло-серую окраску. В кишечниках сосальщиков, снятых с таких жабр, наблюдается скопление большого количества эритроцитов крови. Вследствие этого обе ветви их кишечных стволов приобретают ярко-красный цвет. Это свидетельствует об интенсивном питании паразитов кровью хозяина.

Столь сильное заражение сигов дискокотилидами в южной, наиболее загрязненной зоне Ладожского озера указывает, с одной стороны, на высокую токсикорезистентность их к воздействию поллютантов различной природы и, с другой, при обитании в экстремальных условиях наступает ослабление организма рыб и снижение сопротивляемости к возбудителю заболевания.

Пиявки локализуются на поверхности тела рыб (иногда — в ротовой полости). Наружные покровы взрослых пиявок представлены кутикулой, которая в определенной степени защищает их организм от прямого проникновения токсикантов. Однако в период размножения пиявки откладывают яйца в коконы с тонкой прозрачной оболочкой. Они обычно прикрепляются к водным растениям или другим погруженным предметам. Как яйца, так и молодые пиявки находятся под прямым воздействием различных ядовитых веществ, содержащихся в водной среде, и погибают. В силу этих причин взрослые особи их у рыб практически отсутствуют. Единичные экземпляры отмечены лишь на поверхности тела сома в сбросном теплом канале Киришской ГРЭС-19 и у сига в южной зоне оз. Имандра. Эти данные позволяют отметить, что пиявки также весьма

чувствительны к воздействию токсикантов, особенно на ранних стадиях развития.

Паразитические ракообразные (рис. 5) в обследованных водоемах Севера и Северо-Запада немногочисленны. Среди них выявлены виды с различной степенью устойчивости к неблагоприятным факторам окружающей среды. Наибольшему вредному воздействию токсикантов подвержены эргасилиды и аргулиды.

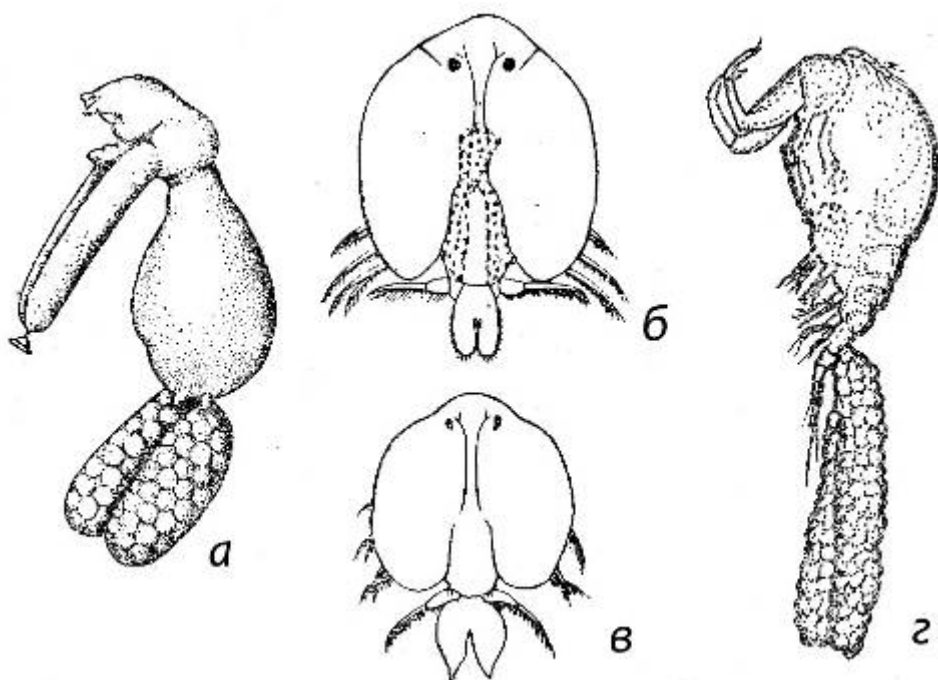


Рис. 5. Паразитические ракообразные:

а) *Achtheres percarum*, б) *Argulus foliaceus*, в) *A. coregoni*, г) *Ergasilus sieboldi*

Эргасилиды в различных участках Ладожского озера регистрируются у рыб довольно редко — количество их у одной особи не превышает 4-8 экз. Сходная картина инвазии рыб этими рачками отмечена и в других водоемах региона. Эти данные позволяют считать, что

хотя их тело покрыто хитинизированным панцирем, они довольно чувствительны к воздействию вредных веществ. Наибольшему негативному влиянию подвергаются яйца рачков, сконцентрированные обычно в двух яйцевых мешках с прозрачной оболочкой, и их личинки после завершения эмбриогенеза и выхода в окружающую среду, а также после очередной линьки.

Аргулиды у рыб водоемов обследованного региона встречаются в единичных экземплярах. Так, в Волховской губе Ладоги у двух ершей было обнаружено по 2 экз. рачков. Несколько более частыми оказались находки аргулюса в оз. Имандра при температуре воды 18-20 °С. В оз. Ильмень и Умбозере они не обнаружены.

Паразитические рачки *Achtheres persagum* наиболее устойчивы к комплексному влиянию токсикантов. Достаточно высокая степень инвазии судака отмечена в загрязненных зонах Волховской губы и в оз. Ильмень. В отдельных участках этих водоемов 70-80% обследованных особей были поражены рачками. Максимальная интенсивность инвазии достигает иногда 40 экз. Обладая мощным прикрепительным аппаратом, рачки вызывают серьезные морфопатологические нарушения жабр — вплоть до полного разрушения отдельных (или сразу нескольких соседних) жаберных лепестков, сильное выделение слизи, множественные кровоизлияния, анемию и т.д.

Личинки моллюсков — глохидии (рис. 6). В водоемах, подвергающихся антропогенному влиянию, как взрослые особи ряда видов моллюсков, так и их личинки сравнительно редки. В юго-восточной части Ладожского озера число глохидии не превышало 4 экз. у одной особи. Практически такой же характер инвазии леща, сома и карпа зарегистрирован в р. Волхов, в зоне влияния теплых сбросных вод Киришской ГРЭС-19 и в других водоемах, подвергающихся загрязнению. Лишь в районе банки Северная Головешка и устья р. Бурной, удаленных от мощных источников загрязнения Ладожского озера, на жабрах ерша, обитающего преимущественно в придонных горизонтах (т.е. вблизи зоны обитания взрослых моллюсков), количество глохидии не превышало 16 экз. у одной особи.

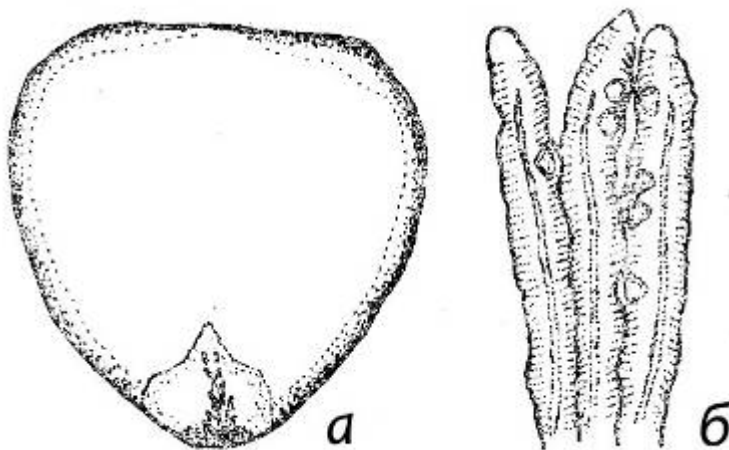


Рис. 6. Личинки моллюсков — глохидии:
а) отдельная особь, б) глохидии на жаберных лепестках

2. ЗАРАЖЕННОСТЬ РЫБ ПАРАЗИТАМИ СО СЛОЖНЫМ РАЗВИТИЕМ

К этой группе относятся гельминты рыб — трематоды, цестоды, нематоды, скребни, развитие которых связано с рядом водных беспозвоночных — их первых промежуточных хозяев. Основными из них являются многие кормовые объекты пресноводных рыб — копеподы (преимущественно циклопы), моллюски, гаммариды, тубифициды (олигохеты) и др.

Общая схема развития ихтиогельминтов включает следующие последовательные стадии: яйца и личинки (внешняя среда), беспозвоночные и наконец рыбы. Из этой схемы видно, что часть жизненного цикла гельминтов (яйца и личинки) протекает во внешней среде. В случае присутствия здесь токсикантов развитие их нарушается и многие из них погибают. Это относится и к их промежуточным хозяевам. В итоге инвазия рыб указанными группами гельминтов весьма заметно снижается. Ниже рассмотрим ряд примеров этих изменений.

1) Инвазия рыб цестодами, первыми промежуточными хозяевами которых являются копеподы

Ряд представителей этой группы беспозвоночных (циклопы, диаптомусы) весьма чувствительны к антропогенному загрязнению внешней среды. Вследствие этого в очагах присутствия поллютантов они более малочисленны по сравнению с другими зоопланктонными ракообразными.

К гельминтам рыб, которые на ранних стадиях обитают в копеподах, относятся многие протеоцефалиды, дифпллоботтрииды, триенофориды, камалланиды и некоторые другие (рис. 7).

Триенофориды регистрируются у ладожских рыб в единичных экземплярах. Подобная картина инвазии рыб характерна и для различных участков озер Ильмень, Белое, Имандра, Умб-озера, подвергающихся значительному загрязнению.

Протеоцефалиды в водоемах Северо-Запада и Севера встречаются в кишечниках рыб преимущественно на стадии личинки. Степень инвазии их, как правило, очень низкая — не более 4-7 экз. у одной особи, а в оз. Белом все исследованные рыбы оказались свободными от протеоцефалид. Лишь в верховье р. Умба (Кольский полуостров) у отдельных особей сига интенсивность инвазии взрослыми гельминтами иногда была несколько выше, что сопровождалось закупоркой кишечника и нарушением его функции. По-видимому, в уловы попали рыбы, мигрировавшие из юго-восточной, менее загрязненной части Умбозера, где условия для развития гельминта и циклопов более благоприятны.

Дифпллоботтрииды. Известно, что Прибалтика, Северо-Запад и Север России, включая Кольский полуостров, являются древними крупными озерными очагами дифиллоботриоза. В этих же регионах длительный период наблюдалась высокая инвазия населения лентецом широким. Этому обычно способствует употребление в пищу слабо просоленных или слабо проваренных рыб, зараженных плероцеркоидами этих цестод (окунь, налим, судак, щука, ерш) и недосоленной икры, особенно щуки. У ладожских рыб встречается два вида дифиллоботриид — лентец широкий и лентец чаечный. Личинки первого локализуются в полости тела, на внутренних органах, в икре, мышцах многих хищных

рыб, второго — преимущественно в мелких цистах, расположенных на поверхности пищевода и переднего отдела кишечника, реже — на внутренних органах сиговых и лососевых.

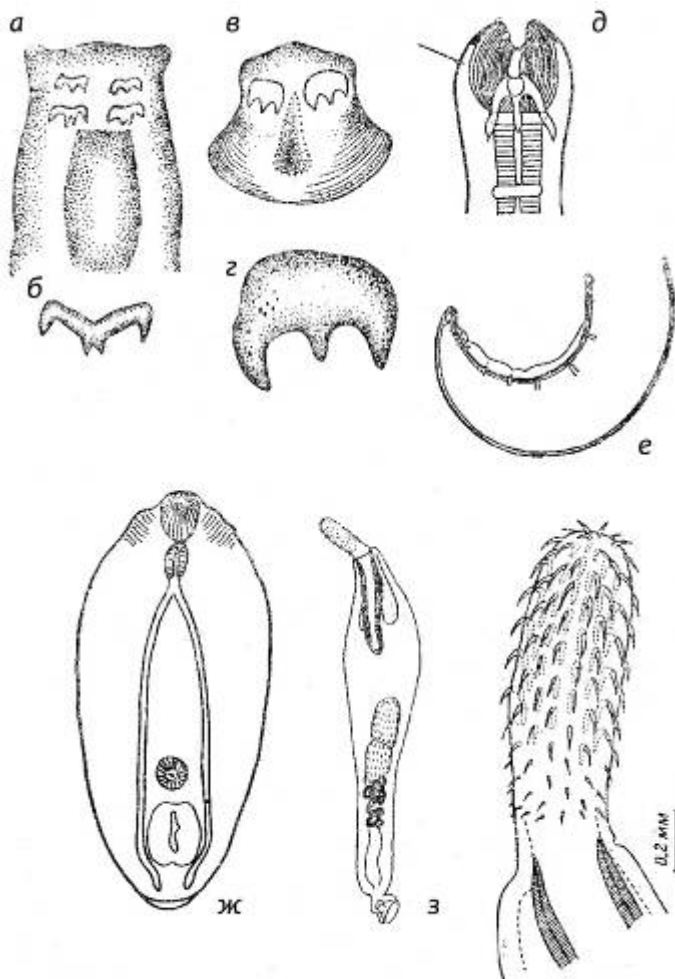


Рис. 7. Гельминты рыб

а) *Triaenophorus nodulosus* (передний конец тела), б) то же (прикрепительный крючок), в) *T. crassus* (передний конец тела), г) то же (прикрепительный крючок), д) *Camallanus lacustris* (передний конец тела), е) то же (задний конец тела), ж) *Diplostomum paracaudum*, з) *Metechynogynchus salmonis*, слева общий вид, справа — передний конец тела

В настоящее время инвазия рыб Ладожского озера этими гельминтами в силу указанных выше причин весьма низкая, и в течение последних 3-4 лет наблюдается ее постепенное понижение. Очень незначительное заражение налима, ряпушки, сига дифиллоботридами отмечено в южной зоне оз. Имандра. В юго-западной и южной части Умбозера для налима, палии, хариуса, сига, кумжи также характерны единичные находки личинок этих лентецов. Уровень инвазии рыб обычно не превышал 30-33%, и лишь у палии он иногда достигал 86%. В озерах Белом и Ильмень в конце 80-х годов личинки лентецов не встречались.

Камалландиды у рыб в озерах Ладожском, Ильмень, р. Волхов встречаются, как правило, единично. В озерах Кольского полуострова — Имандра и Умбозеро — эти нематоды обнаружены не были.

2) Инвазия рыб трематодами, первыми промежуточными хозяевами которых являются моллюски

При широком распространении моллюсков в естественных водоемах до наступления их многофакторного загрязнения трематоды пресноводных рыб имели богатый видовой состав и встречались практически повсеместно. В настоящее время в водоемах, подверженных техногенной нагрузке, численность моллюсков, в том числе и лимнеид, значительно сокращается, что отражается на инвазии рыб как взрослыми кишечными формами, так и их личинками, локализующимися в хрусталиках и стекловидном теле глаз. В связи с этим видовой состав их оказался значительно обедненным — у рыб трематоды представлены преимущественно личинками диплостомид (см. рис. 7, ж) и стригеид. Весьма редко регистрировались другие виды сосальщиков.

Развитие диплостомид и стригеид достаточно сложное и протекает со сменой хозяев: первыми являются моллюски, вторыми — рыбы, окончательными — рыбацкие птицы, где гельминты достигают половозрелости. Яйца и личинки трематод обитают во внешней среде в общей сложности около трех недель. В течение этого срока они постоянно испытывают негативное влияние токсикантов, что в конечном итоге приводит к снижению их численности и, следовательно, к более редкой

встречаемости у рыб. Практически во всех участках Ладожского озера, в других водоемах Северо-Запада и Кольского полуострова диплостомиды отмечены у рыб в единичных экземплярах — не более 4 экз. у одной особи.

3) Инвазия рыб скребнями, первыми промежуточными хозяевами которых являются амфиподы

Амфиподы (гаммариды, понтопороя) являются первыми промежуточными хозяевами скребней, циатоцефалид и некоторых других гельминтов рыб. Указанные ракообразные широко распространены в природных водоемах с чистой и проточной водой, поскольку они весьма требовательны к качеству внешней среды, особенно к кислородному режиму. В силу этих причин в период значительного эвтрофирования водоемов гаммариды весьма малочисленны (или вообще отсутствуют). Это относится и к гельминтам, развивающимся в этих организмах. Некоторое увеличение инвазии сигов-бентофагов скребнями (см. рис. 7, з) наблюдается лишь в центральных участках Ладожского озера (банка Северная Головешка, устья рек Бурная и Видлица), удаленных от зон сильного загрязнения, где для развития амфипод и гельминтов на ранних стадиях создаются более благоприятные внешние условия.

Сходная картина распространения скребней у сигов и лососей наблюдается в озерах Имандра и Умбозере, где в условиях разнопрофильного загрязнения развитие упомянутых групп гидробионтов резко нарушается.

Циатоцефалиды, как и скребни, в раннем онтогенезе обитают в гаммаридах. Они обычно чаще инвазируют сигов и лососей в олиготрофных водоемах. Однако в настоящий период при высокой техногенной нагрузке на водоемы эти гельминты регистрируются у рыб весьма редко. Это характерно для Ладожского озера и озер Кольского полуострова, за редким исключением. Это свидетельствует о том, что в этом достаточно крупном регионе экологические условия для обитания гаммарид и свойственных им ихтиогельминтов сильно нарушены.

4) Инвазия рыб цестодами, первыми промежуточными хозяевами которых являются тубифициды

Ихтиогельминты, относящиеся к этой группе, сравнительно немногочисленны. Основными из них являются кариофиллеиды, которые регистрируются преимущественно у карповых рыб-бентофагов.

Донные организмы — тубифициды, в противоположность гаммаридам, весьма устойчивы к загрязнению внешней среды. Однако в зонах с высоким уровнем эвтрофирования и поступления ядовитых веществ эти беспозвоночные также подвергаются негативному влиянию. В результате инвазия рыб-бентофагов кариофиллеидами заметно понижается. Так, инвазия леща этими гельминтами в загрязненных приустьевых зонах рек Ловать и Мета, впадающих в оз. Ильмень, оказалась весьма низкой — у одной особи регистрировалось не более 5 экз. В р. Волхов по мере удаления от Новгорода и ниже его очистных сооружений, где несколько улучшились условия обитания тубифицид, заражение леща оставалось на низком уровне, хотя было отмечено небольшое повышение интенсивности инвазии.

В заключение отметим, что в водоемах, подверженных многопрофильному загрязнению, распространение у рыб гельминтов, в цикле развития которых участвуют циклопы, гаммарпды, моллюски, тубифициды, зависит от токсикорезистентности этих беспозвоночных, а также от снижения в новых экологических условиях численности гельминтов на стадии яиц и свободноживущих личинок, обитающих во внешней среде.

Вышеизложенное свидетельствует, что в загрязненных водоемах все группы гидробионтов, включая паразитов на всех стадиях развития, испытывают постоянное негативное воздействие внешней среды, что в конечном итоге сопровождается снижением инвазии рыб паразитами различных систематических групп.

III. ПАЗАРИТЫ РЫБ КАК БИОИНДИКАТОРЫ КАЧЕСТВА ПРЭСНЫХ ВОД

Реакция ихтиопаразитов, как и других водных организмов, на внешние условия их обитания, особенно в период высокой техногенной нагрузки на водоемы, как показано выше, достаточно различна.

Паразиты рыб по отношению к данному фактору условно могут быть разделены на две основные группы: неустойчивые (или слабоустойчивые) и устойчивые.

1. ПАРАЗИТЫ РЫБ, НЕ УСТОЙЧИВЫЕ (ИЛИ СЛАБОУСТОЙЧИВЫЕ) К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Анализ проведенных многолетних исследований показывает, что самыми чувствительными к неблагоприятным факторам окружающей среды являются паразитические простейшие — ихтиофтриус, триходины, хилодонелла, апиозомы, трихофрии, костия, обитающие на наружных покровах хозяина (см. рис. 1). В результате у рыб водоемов Северо-Запада и Европейского Севера России упомянутые одноклеточные эктопаразиты обнаружены не были.

К этой же группе относится ряд жаберных сосальщиков — гиродактилиды, дактилогириды (см. рис. 3), анцероцефалиды. Они отмечены в обследованных водоемах в единичных экземплярах.

Слабой сопротивляемостью к водным токсикантам обладают также пиявки, личинки моллюсков (глохидии), некоторые паразитические ракообразные — эргазилус, аргулюс (см. рис. 5-6).

Локализуясь на поверхности тела, жабрах, плавниках рыб, упомянутые эктопаразиты в течение всего жизненного цикла подвергаются вместе с хозяином непосредственному прямому негативному воздействию окружающей среды. Благодаря этому наступает их гибель, что в свою очередь сопровождается резким снижением степени инвазии рыб. Что касается жаберных микроспоридий, то в их цистах, окруженных тонкой соединительно-тканной оболочкой, формирование спор паразита также нарушено. В цистах обычно регистрируются лишь единичные споры с нормальной морфологией. Основное же их количество имеет морфопатологические изменения (споры с одной капсулой или без них, отдельные створки и др.).

Сравнительно низка степень устойчивости к негативным факторам окружающей среды у различных видов ихтиогельминтов — кишечных трематод, цестод, скребней, нематод (см. рис. 7). Развитие их протекает с участием промежуточных хозяев — циклопов, гаммарид, моллюсков и др. В экстремальных условиях токсичные вещества одновременно отрицательно воздействуют как на беспозвоночные организмы, так и на ихтиогельминтов, которые на стадии яиц и свободноживущих личинок до проникновения в своих промежуточных хозяев обитают во внешней среде. В итоге это приводит к снижению степени заражения рыб гельминтами.

2. ПАЗАРИТЫ РЫБ С ВЫСОКОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ЗАГРЯЗНЕНИЮ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ

Эта группа ихтиопаразитов сравнительно немногочисленна и включает лишь эктопаразитов, развивающихся посредством прямого деления. У ладожских сигаов такими паразитами оказались дискокотилиды (см. рис. 4). Этот жаберный сосальщик постоянно находится под воздействием токсикантов, но, видимо, строение его наружных покровов более надежно защищает организм от токсикантов. В результате инвазия ими сигаов, преимущественно ладожского рипуса, достаточно высокая. Это наблюдается и у сига оз. Имандра.

Определенной устойчивостью к водным полдютантам обладает жаберный рачок — возбудитель ахтероза (см. рис. 5, а). Чаще всего этот паразит встречается у ладожского судака. Глубоко внедряясь в жаберную ткань мощным прикрепительным диском, рачок повреждает обширные участки жаберного аппарата рыб, что сопровождается нарушением у них газообмена и снижением сопротивляемости к заболеванию. В этих случаях иногда имеет место и массовое заражение судака миксоспоридиями (см. рис. 2). Это еще более усиливает патологические изменения жаберных лепестков и, следовательно, ухудшает общее состояние организма хозяина.

Таким образом, у рыб пресноводных водоемов в условиях техногенной нагрузки выявлены группы паразитов, достаточно четко реагирующие на загрязнение внешней среды. Они могут быть использованы в качестве биоиндикаторов для достаточно объективной и оперативной

оценки качества воды и загрязнения водоема. Осуществление паразитологического исследования рыб во многих участках одного водоема позволяет получить весьма ценную информацию о наличии очагов загрязнения и в целом о состоянии его экосистемы.

ЛИТЕРАТУРА

Александров А.К. 1988. Влияние загрязнения на рыбохозяйственные водоемы. — В сб.: I Всесоюз. конф. по рыбохозяйственной токсикологии. Рига.

Богданова Е.А. 1969. Фауна паразитов радужной форели и профилактика ее заболеваний. — Изв. ГосНИОРХ, 68.

Богданова Е.А. 1986. Паразитофауна рыб Ладожского озера и р. Волхов при их комплексном эвтрофировании. — Сб. науч. трудов ГосНИОРХ, 257.

Богданова Е.А. 1987. Паразитарный фактор как метод оценки экологической ситуации в водоеме. — В сб.: Методы ихтиотоксикологических исследований. Л.

Богданова Е.А. 1988. Паразиты рыб как биоиндикаторы загрязнения внешней среды. — В сб.: V Всесоюз. конф. по водной токсикологии. Одесса.

Богданова Е.А. 1989. Эпидемиологическая и эпизоотологическая ситуация в бассейне Ладожского озера в новых экологических условиях. — В сб.: Водные экосистемы Урала, их охрана и рациональное использование. Свердловск.

Богданова Е.А. 1990. Особенности заражения паразитами и инвазионные заболевания рыб Ладожского озера при антропогенном воздействии. — В сб.: Экспериментальная водная токсикология, 14. Рига.

Богданова Е.А. 1991. Распространение дифиллоботриид у рыб ряда водоемов Заполярья и Северо-Запада при антропогенном воздействии. — В сб.: Биологические ресурсы бассейна Балтийского моря. Петрозаводск.

Израэль Ю.А., Назаров И.М., Прессман А.П. и др. 1989. Кислотные дожди. Л.

Лукьяненко В.И. 1987. Экологические аспекты ихтиотоксикологии. М.

Лукьяненко В.И. 1988. Генеральная концепция охраны от загрязнения водоемов СССР. — В сб.: I Всесоюз. конф. по токсикологии, ч. 2. Рига.

Яблоков В.А. 1989. Сбережем ли среду обитания? Правда, 13 января