

УДК: 619.615.9.

DOI: 10.17238/issn2072-2419.2020.1.63

ДВА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ПРЕСНОВОДНЫХ ВОДОЕМОВ

Аршаница Н.М. -к. б. н., в. н. с. Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО»; Макрушин А.В. -д. б.н., в. н. с. Института биологии внутренних вод РАН; Васильев А.С. -д. б. н., вед. инженер Института биологии внутренних вод РАН; Стекольников А.А. -к. б. н., Гребцов М.Р.-соискатель Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО»

Ключевые слова: Биологический анализ качества вод, рыбы, ветвистоусые ракообразные, токсичность. **Keywords:** biological analysis of water quality, fish, cladocera, toxicit.



РЕФЕРАТ

Опыт основан на оценке качества вод по состоянию организма рыб и ветвистоусых ракообразных. Рыбы обследовались в 1970-2016 годы. Работы проводились в различных регионах СССР и России на водоемах различного типа, на рыбоводных заводах и рыбоводных хозяйствах по выращиванию рыбы. Исследовались различные виды и возрастные группы рыб. Они

отлавливались тралом, сетями, подъемником и спортивными орудиями лова, личинок рыб ловили планктонной сеткой и сачком. Для оценки состояния рыб использован патологоанатомический метод.

Ветвистоусые рачки обследовались в 1989-2016 годы. Пробы собраны планктонной сеткой в водохранилищах Волги, в озерах Карельского перешейка, в горных озерах Западного Саяна (Вост. Сибирь), в озерах Ильмень и Севан (Республика Армения) и в Ладожском озере, в Нювчинском водохранилище (бассейн р. Вычегра), в лужах Большеземельской тундры, в Куршском и Финском заливах Балтийского моря. Фиксировались пробы 4% формалином и просматривались под бинокулярным микроскопом МБС-9.

Предложены два метода оценки уровня загрязнённости пресноводных водоемов. Первый: оценка уровня загрязнения по состоянию организма рыб. Токсикологические исследования на водоемах и в экспериментальных условиях показали, что рыбы оказались самыми информативными индикаторами загрязнения рыбохозяйственных водоемов. Экологический подход к биоиндикации среды с использованием рыб на уровне особи связан с изменением разнообразных показателей, характеризующих отдельные стороны биологии рыб (весовой и линейный темп роста, упитанность, плодовитость, процесс размножения, эмбриональное и раннее постэмбриональное развитие, патологии и пр.). И второй метод-оценка уровня загрязнения по состоянию организма пелагических ветвистоусых ракообразных. Второй предлагаемый экспресс-метод оценки качества воды – основан на использовании для этой цели пелагических ветвистоусых ракообразных.

ВВЕДЕНИЕ

Качество пресных вод в России ухудшается. Необходимое условие успешного противодействия этому – токсикологическая паспортизация важных в рыбохозяйственной отрасли водоемов, необходимость которой давно назрела. Как показы-

вает практика, наиболее эффективные методы слежения за их качеством биологические. В 1974 г. вышло в свет руководство по биологическому анализу качества вод [14]. Оно познакомило советских санитарных гидробиологов с используемыми в мире, в основном в Зап. Европе, ме-

тодами этого анализа. Но в СССР они широко применяться не стали. Не применяются они широко и в современной России. Причина этого в том, что условия, в которых работают санитарные гидробиологи и токсикологи Зап. Европы, отличаются от условий, в которых работали советские санитарные гидробиологи и токсикологи и работают а наше время российские. Западно-европейские специалисты следят за качеством вод акваторий, по площади значительно меньших, чем акватории, за качеством вод которых должны следить мы. Для слежения за качеством наших вод необходимы иные подходы. Какие именно – общего мнения нет. Поэтому слежение за качеством вод России ведется плохо. Это является одной из причин роста уровня их загрязненности и все более широкого распространения экологически зависимых заболеваний, в том числе рака. По числу онкологических больных на 100 тыс. населения в мире лидирует Россия [20]. Громадность наших акваторий и немногочисленность персонала, призванных следить за качеством их вод, требуют применения экспресс-методов, позволяющих быстро оценивать уровень загрязненности больших площадей. Цель статьи – предложить два метода, которые по нашему мнению соответствуют условиям работы российских санитарных гидробиологов и токсикологов и применение которых может улучшить контроль за качеством наших пресных вод.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Изложенное ниже, основано на опыте оценки качества вод по состоянию организма рыб и ветвистоусых ракообразных. Рыбы обследовались в 1970-2016 годы. Работы проводились в различных регионах СССР и России на водоемах различного типа, на рыбоводных завода и рыбоводных хозяйствах по выращиванию рыбы. Исследовались различные виды и возрастные группы рыб. Они отлавливались тралом, сетями, подъемником и спортивными орудиями лова, личинок рыб ловили планктонной сеткой и сачком. Для оценки состояния рыб использован патологоанатомический метод [4, 5]

Ветвистоусые рачки обследовались в 1989-2016 годы. Пробы собраны планктонной сеткой в водохранилищах Волги, в озерах Карельского перешейка, в горных озерах Западного Саяна (Вост. Сибирь), в озерах Ильмень и Севан (Республика Армения) и в Ладожском озере, в Нювчинском водохранилище (бассейн р. Вычегда), в лужах Большеземельской тундры, в Куршском и Финском заливах Балтийского моря. Фиксировались пробы 4% формалином и просматривались под бинокулярным микроскопом МБС-9 [16].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оценка уровня загрязнения по состоянию организма рыб. Токсикологические исследования на водоемах и в экспериментальных условиях показали, что рыбы оказались самыми информативными индикаторами загрязнения рыбохозяйственных водоемов [1-3, 5, 6, 10, 24, 25 и др.]. Рыбы обладают длительным жизненным циклом и благодаря этому способны накапливать патологическую информацию об антропогенном влиянии на водные экосистемы, которые проявляются на уровне особи, популяции и ихтиоценоза. Экологический подход к биоиндикации среды с использованием рыб на уровне особи связан с изменением разнообразных показателей, характеризующих отдельные стороны биологии рыб (весовой и линейный темп роста, упитанность, плодовитость, процесс размножения, эмбриональное и раннее постэмбриональное развитие, патологии и пр.). Из популяционных параметров принимается во внимание возрастной и размерный состав стада, численность и т.д. Рыбы выступают как носители интегральной информации об экотоксикологическом состоянии водной среды и имеет в этом отношении преимущество по сравнению с другими группами водных организмов [13]. У рыб четко дифференцированы органы и ткани и к ним применим патологоанатомический метод исследования, давно и успешно используемый в медицине и ветеринарии, но его возможности в ихтиопатологии намного шире.

В основе патологических процессов у рыб лежит расстройство сосудистой системы. Оно сопровождается транссудацией, экссудацией и эритродиapedезом. У рыб достаточно четко выражены неспецифические механизмы общей резистентности, а также специфические факторы защиты, выполняющие компенсаторно-приспособительные функции защиты при болезнях разной этиологии, включая токсикозы. Токсикозы приводят к различным патологиям на организменном уровне. Характерны воспаление, различные дистрофии, некрозы и регенеративные процессы. Встречаются язвенные процессы, некрозы мягких тканей и злокачественные опухоли. На проявления токсикоза, особенно в аквакультуре, накладываются патологические следствия воздействия бактерий и паразитирующих грибов. Многие регистрируемые у рыб нарушения необратимы. Рыбы, ведущие придонный образ жизни поражаются сильнее, чем пелагические виды. В водоемах с мягкой водой процент поражения токсикозом рыб больше, а симптомы токсикоза более выражены, чем в водоемах с жесткой водой. Основными органами рыб, которые наиболее быстро и часто повреждаются, является кожа, жабры, почки, селезенка и печень. Поражения костяной ткани рыб (деформация скелета) также связаны с токсикозом в эмбриональный и ранний постэмбриональный периоды.

Репродуктивная система рыб повреждается реже и позднее, чем жабры и паренхиматозные органы и в то же время эмбриональный период развития и личинки до перехода на экзогенное питание очень чувствительны к воздействию токсикантов, и это одна из основных причин снижения запасов рыб в рыбохозяйственных водоемах. Разные виды рыб по-разному реагируют на действие загрязняющих веществ, что подтвердили эксперименты с тремя видами рыб (каrp, форель и пелядь) при воздействии на них токсикантов, отражающих некоторые из основных типов загрязнения водоемов, как в остром, так и в хроническом экспериментах. Наиболее устойчивым оказался карп,

форель заняла промежуточное положение, а пелядь (представитель сиговых) оказалась наиболее чувствительной [9]. По-разному реагируют на загрязнение и особи одного и того же вида. Эта их разноточественность обусловлена генетически, а также тем, что особи одного вида и возраста, существенно отличаются друг от друга по биохимическим, физиологическим, морфологическим характеристикам. Показано, что даже при тотальном (100%) поражении наблюдаются особи разной степени выраженности патологического процесса – от легких повреждений, средних и тяжелых [11, 12, 22]. Для оценки состояния организма рыб при загрязнении водоема и в условиях аквакультуры оказалось недостаточно описательного метода и возникла необходимость введения балльной системы, которая была предложена рядом исследователей [4, 5, 17, 18, 21]. В экспериментах хорошо себя зарекомендовала трехбалльная система [6]. Для удобства статистической обработки результатов патологоанатомического исследования приводится деление симптомов состояния рыб по пятибалльной системе [5]. Эта система наиболее простая по выполнению и может производиться прямо на водоеме и представляется, как экспресс-метод.

1 балл – во время осмотра и вскрытия не выявляются визуально наблюдаемые патологоанатомические изменения, которые можно было квалифицировать, как реакции на воздействие загрязняющих веществ. Нарушение естественного воспроизводства не отмечено.

2 балла – наблюдаются легкие обратимые повреждения, не угрожающие рыбам гибелью. Отмечены слабо выраженные нарушения процесса естественного воспроизводства рыб по состоянию личинок и частично мальков (10-20%).

3 балла – наблюдаются повреждения средней тяжести в жаберной ткани и паренхиматозных органах. Патологические изменения в указанных органах довольно часто обратимы. Нарушения гемодинамики носят выраженный характер. Отмечено массовое поражение личинок, достигающее 30-40%.

4 балла – серьезные поражения рыб, угрожающие им гибелью, особенно в период зимовки и при действии стресс-факторов. Выраженное поражение паренхиматозных органов и гемопоэтической ткани – анемия. Наблюдается отход наиболее пораженных особей. Нарушено естественное воспроизводство рыб и количество пораженных личинок может достигать 60% и более с последующей их гибелью. На водоемах или отдельных их акваториях ихтиофауна малочисленна и представлена отдельными видами.

5 баллов – наблюдаются признаки предсмертного состояния рыб с последующей гибелью. Нарушена координация движений и гидростатическое равновесие. Воспроизводство рыб нарушено. Личинки малочисленны, повреждения достигают 80 % при высоком проценте деформированных особей.

Исходя из патологоанатомического состояния рыб и показания нарушения естественного воспроизводства их, уже в первом приближении можно оценить уровень загрязнения водоема или отдельных его акваторий, используя пятибалльную шкалу их поражения токсикозом и состояние воспроизводства [8, 9]. Исследования рыб в водоемах и рыбоводных хозяйствах показали, что оценка состояния рыб и среды их обитания с использованием патологоанатомического метода хорошо согласуется с результатами комплексных гидробиологических и токсикологических исследований, включающих определение содержания основных токсикантов и биотестирование. А сопоставление различных методов анализа качества вод показало, что результаты патологоанатомического и патоморфологического исследования рыб являются наиболее правдивым показателем состояния водоема [7, 15, 19, 22, 23].

Исходя из оценки патологоанатомического состояния рыб, как индикаторных организмов и используя пятибалльную шкалу их поражения, дается возможность оценить уровень загрязнения водоема или отдельных его акваторий. Показана прямая связь между уровнем загрязнения

водоема и естественным воспроизводством рыб.

1 балл – не отмечено загрязнения;

2 балла – слабовыраженный сублетальный уровень загрязнения;

3 балла – средневыраженный условно сублетальный уровень загрязнения;

4 балла – высокий и хронически летальный уровень загрязнения;

5 баллов – остролетальный или особо высокий хронический летальный уровень загрязнения

Оценка уровня загрязнения по состоянию организма пелагических ветвистоусых ракообразных. Второй предлагаемый экспресс-метод оценки качества воды – основан на использовании для этой цели пелагических ветвистоусых ракообразных. Не было встречено ни одного водоема, в котором бы популяции этих рачков были свободны от отека раковинки. Ее отек у них – это токсикоз. На живых особях его можно наблюдать только у *Leptodora kindtii*. Другие виды очень подвижны, что мешает их рассматриванию. У них отек раковинки удастся увидеть только у обездвиженных фиксированием особей. По наличию или отсутствию отека раковинки, обширности отека и доли особей, у которых раковинка отечна, можно судить о качестве воды водоемов.

Но сила действия токсических веществ зависит не только от их концентрации и степени ядовитости, но и от минерализованности воды, в которой они растворены. В водоемах с мягкой водой их действие сильнее, чем в водоемах с жесткой. Наиболее высокий процент пораженных отеком раковин особей и наиболее обширные отеки наблюдались в водоемах с мягкой водой – в Ладожском озере, и в озерах Карельского перешейка. В водохранилищах Волги и в Финском заливе, которые загрязнены сильнее Ладожского озера и озер Карельского перешейка, процент пораженных отеком раковин особей был ниже, а отеки раковинки были менее обширные. В заросших высшей водной растительностью прудах и в заросшей литорали озер рачки с отечной раковинкой встречаются реже, чем в

пелагиали. Вероятно, органические вещества, выделяемые растениями, снижают токсичность растворенных в воде поллютантов.

Продолжительность жизни ветвистоусых рачков небольшая. Поэтому, в отличие от рыб, состояние их организма характеризует качество воды за короткий период, предшествующий их лову. Ветвистоусые на большие расстояния не перемещаются. Поэтому они характеризуют качество воды в реке только выше по течению и на месте поймки, а в стоячих водоемах – только на месте их поймки [16]. В ходе практического использования этого экспресс-метода в будущем можно будет разработать балльную оценку повреждения ветвистоусых ракообразных загрязняющими воду веществами. Исследования в этом направлении нами продолжаются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методы, изложенные в руководстве «Биологический анализ качества вод» [14], для России малоприменимы. Вместо них предлагаются два экспресс-метода, позволяющие повысить эффективность слежения за качеством пресных вод.

Two express methods of contamination evaluation of fresh water reservoirs. Arshanitsa N. M.- Ph. D., senior scientific worker St. Petersburg branch of the FGBNU "VNIRO"; Makrushin A.V.-Ph. D., senior scientific worker; Vasiliev A. S.- Doctor of Biol.Sciences, leading engineer "Institute of internal water biology of the Russian Academy of Sciences"; Stekolnikov A. A. – PhD of Biol. Sciences; Grebtsov M. R. –post graduate student Saint Petersburg branch of "VNIRO"

ABSTRACT

The experiment is based on the assessment of water quality, based on the state of the organism of fish and crustaceans. Fish were surveyed in 1970-2016 years. The work was carried out in various regions of the USSR and Russia on reservoirs of various types, on fish farms. Various species and age groups of fish were studied. They were caught with a trawl, nets, a lift and sports

fishing gear, and fish larvae were caught with a plankton net. A patho-anatomic method was used to assess the condition of fish.

Branched crustaceans were examined in 1989-2016. Samples were collected by plankton grid in reservoirs of the Volga, in lakes of the Karelian isthmus, in mountain lakes of the Western Sayan (East. Siberia), in lakes Ilmen and Sevan (Republic of Armenia) and in lake Ladoga, in the Nyvchim reservoir (Vychevda river basin), in pools of the Bolshezemelskaya tundra, in the Curonian and Finnish bays of the Baltic sea. Samples were stabilized with 4% formalin and viewed under the MBS-9 binocular microscope.

Two methods for assessing the level of contamination of freshwater reservoirs were suggested. First: assessment of the level of pollution by the state of the fish organism. Toxicological studies of reservoirs and in experimental conditions have shown that fish were the most informative indicators of pollution of fishery reservoirs. The ecological approach to bioindication of the environment using fish as the individual level is associated with changes in various indicators that characterize certain aspects of fish biology (weight and linear growth rate, fatness, fertility, reproduction process, embryonic and early post-embryonic development, pathologies, etc.). And the second method is to assess the level of contamination based on the state of the organism of pelagic branched crustaceans.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аршаница, Н.М. Использование патологоанатомического и гистологического методов для оценки состояния рыб Ладожского озера / Н.М. Аршаница, Л.С. Онищенко // Проблемы ихтиопатологии в начале XXI века : сб. науч. тр. ГосНИОРХ. – 2009. – №338. – С.11-15.
2. Аршаница, Н.М. Методика патологоанатомического исследования в водной токсикологии / Н.М. Аршаница // Памятная записка о Симпозиуме по основным методам определения длительного влияния токсичности вод на водные организмы / СЭВ.- Ленинград, 1970. – С. 79-84.

3. Аршаница, Н.М. Методические указания по рыбохозяйственному использованию пресных вод в зависимости от типа и уровня загрязнения / Н.М. Аршаница, Б.К. Каримов.- Ленинград : Изд-во ГосНИОРХ, 1985.- 14 с.
4. Аршаница, Н.М. Патологоморфологический анализ рыб в полевых и экспериментальных условиях / Н.М. Аршаница, Л.А. Лесников // Методы ихтиотоксикологических исследований.- Ленинград, 1987. - С.7-9.
5. Аршаница, Н.М. Патоморфология рыб и моллюсков, как показатель качества вод / Н.М. Аршаница, Т.А. Асанова // Экологические проблемы пресноводных рыбохозяйственных водоемов России.- Санкт-Петербург, 2011. - С. 29-35.
6. Аршаница, Н.М. Пелядь как тест-объект для биоиндикации природных и сточных вод / Н.М. Аршаница // Биоиндикация и биотестирование природных вод : Всесоюз. конф. - Ростов-на-Дону, 1986.- С. 16-17.
7. Аршаница, Н.М. Рыбы, как индикаторы качества вод / Н.М. Аршаница, О.А. Ляшенко // Биоиндикация и мониторинг пресноводных систем : тез. докл. междунар. конф. (23-27 окт. 2006 г.). - Санкт-Петербург : Ин-т озераведения РАН, 2006. - С. 9-10.
8. Браун, В.М. Рыбы, как индикаторы качества вод / В.М. Браун // Научные основы контроля качества вод по гидробиологическим показателям. - Ленинград, 1987. - С.194-208.
9. Географическое распространение отека раковинки у *Cladocera* (Crustacea) / А.В. Макрушин, А.С. Семенова, О.П. Дубовская, Е.Б. Фефилова, В.И. Лазарева // Вода: химия и экология. -2014. - №10. - С.69-72.
10. Гребцов, М.Р. Особенности весеннего проявления токсикоза рыб в Волховской губе Ладожского озера / М.Р. Гребцов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. - 2013. - №4.- С.108-112.
11. Кольчугина, О.А. Патологоанатомическое исследование рыб как эффективный метод оценки токсикологического статуса водного объекта / О.А. Кольчугина // Туполевские чтения : материалы XIV междунар. науч. конф. - Казань : Изд-во Казан. гос. тех. ун-та, 2006. - С.112-114.
12. Кудерский, Л. А. Исследования по ихтиологии, рыбному хозяйству и смежных дисциплинам / Л.А. Кудерский. - Москва, 2013.- 526 с.
13. Макрушин, А.В. Биологический анализ качества вод / А.В. Макрушин ; под ред. Г.Г. Винберга. - Ленинград, 1974. - 54 с.
14. Моисеенко, Т.И. Водная экотоксикология / Т.И. Моисеенко. - Москва : Наука, 2009.- 399 с.
15. Моисеенко, Т.И. Теоретические основы нормирования антропогенных нагрузок на водоемы Субарктики / Т.И. Моисеенко. - Аратиты, 1997. - 261 с.
16. Онищенко, Л.С. Сравнительная характеристика различных методик оценки качества сточных вод предприятий целлюлозно-бумажной промышленности и их влияния на водоем / Л.С. Онищенко, Н.М. Аршаница // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. - 1990. - № 313. - С. 78-122.
17. Онкологическая трагедия. Почему рак в России превращается в эпидемию?. - URL: <https://versia.ru/pochemu-rak-v-rossii-prevrashhaetsya-v-epidemiyu>.
18. Оценка токсикологического состояния бухты Петрокрепость Ладожского озера на основании исследования рыб и биотестирования / Н.М. Аршаница, О.А. Ляшенко, М.Р. Гребцов, А.А. Стекольников, С.Б. Екимов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. - 2017.- №3.- С.154-158.
19. Решетников, Ю.В. Метод экспертной оценки состояния особи и популяции сиговых рыб / Ю.В. Решетников // Биология и биотехника разведения сиговых рыб.- Санкт-Петербург : Изд-во ГосНИОРХ, 1994.- С. 115-118.
20. Составление результатов применения разных методов биологического анализа качества вод / А.В. Макрушин,

- Н.М. Аршаница, Т.К. Мосиенко, И.Д. Чинарева, Е.В. Сношкина // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. – 1989. – № 291. – С. 117-123.
21. Стекольников, А.А. К вопросу сезонного состояния рыб реки Волхов / А.А. Стекольников // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2013. – №4. – С. 62-65.
22. Стекольников, А.А. Особенности сезонного эколого-токсикологического состояния реки Волхов / А.А. Стекольников // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2014. – №3. – С. 236-241.
23. Токсикорезистентность рыб к основным типам загрязнения водоемов / Н.М. Аршаница, Д.С. Беляев, А.А. Стекольников, М.Р. Гребцов, Б.К. Каримов // Международный вестник ветеринарии. – 2018. – №3. – С. 110-123.
24. Attril, M.J. Community and population indicators of ecosystem health: targeting links between levels of biological organization / M.J. Attril, M.H. Dipledge // Aquat. toxicol. – 1997. – Vol. 38. – P. 183-197.
25. Whitfield, A.K. Fish as indicator of environmental and ecological changes within estuaries: a review at progress and suggestions for the future / A.K. Whitfield, M. Elliot // J. Fish. Biol. – 2002. – Vol. 61. – P. 229-250.

УДК 639.2.053.8:597.556

DOI: 10.17238/issn2072-2419.2020.1.69

ЭФФЕКТЫ СОДЕРЖАНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И МОЛОДИ РЫБ В РАСТВОРАХ ПОВАРЕННОЙ СОЛИ РАЗЛИЧНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ

Гарлов П.Е. – д.б.н., профессор, ФГБОУ ВО «СПбГАУ»; Аршаница Н.М. – к.б.н., ведущий научный сотрудник, Шинкарев Е.Д. – к. с-х н., Стекольников А.А. – к.б.н., Гребцов М.Р., Бугримов Б.С. Санкт-Петербургский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («ГосНИОРХ» им. Л.С. Берга).

Ключевые слова: рыбы, соленость, растворы поваренной соли, гипертонический стресс, эустресс, дистресс, аквакультура, токсические загрязнения водоемов. **Keywords:** fish, salinity, salt solutions, hypertonic stress, eustress, distress, aquaculture, toxic pollutions.



РЕФЕРАТ

Целью всей работы является разработка нового эффективного метода воспроизводства и выращивания рыб в полностью управляемых условиях среды. Главной задачей является морфо-физиологический и рыбоводно-биологический анализ эффектов содержания производителей и молоди изученных видов рыб в растворах поваренной соли различной концентрации.

Лабораторные и производственные опыты по содержанию рыб в средах различной солености – в морской воде и в растворах поваренной соли выполнены на особо ценных видах рыб: русском осетре и севрюге, радужной форели, клариевом соме и вобле. Впервые установлены эффекты повышения степени выживаемости и длительного сохранения рыбоводного качества производителей, усиления темпов роста молоди в диапазоне «критической» солености – 4-8‰.

Гистофизиологическим анализом состояния гипоталамо-гипофизарной нейросекре-