



ФАРМАКОЛОГИЯ, ТОКСИКОЛОГИЯ, ФАРМАЦИЯ

УДК 574.632.08

DOI: 10.17238/issn2072-2419.2020.2.78

РОЛЬ ТОКСИКОЗОВ В ПРИСПОСОБЛЕНИИ ЭКОСИСТЕМ К АНТРОПОГЕННУМУ ЗАГРЯЗНЕНИЮ СРЕДЫ (НА ПРИМЕРЕ ТОКСИКОЗОВ ВОДНЫХ ЖИВОТНЫХ)

Макрушин А.В. д.б.н., в.н.с. Института биологии внутренних вод РАН; Васильев А.С. д.б.н., ведущий инженер Института биологии внутренних вод РАН; Аршаница Н.М. к.б.н., в.н.с., ГосНИОРХ, Ляшенко О.А. к.б.н., в.н.с., ГосНИОРХ; Стекольников А.А. к.б.н.; Гребцов М.Р., аспирант С.-Петербургского филиала ФГБНУ «ВНИРО».



РЕФЕРАТ

В прошедшие геологические эры в биосфере вымирание видов сопровождалось видообразованием. Экосистемы в той или иной степени приспосабливаются к сосуществованию с видом, деятельность которого превратилось в планетарный фактор и оказывает глобальное воздействие на биосферные процессы. Одним из них является масштабное загрязнение основных компонентов биосферы - геобиосферы, гидробиосферы и аэробииосферы. Следствием его становится развитие у живых организмов различных патологических процессов, связанных с воздействием токсикантов, - токсикозов.

Работы проводились в различных регионах СССР и России на водоемах различного типа и разных объектах аквакультуры. Исследовались различные виды и возрастные группы рыб. Их отлавливали тралом, сетями, подъемником и спортивными орудиями лова. Личинок рыб ловили планктонной сеткой и сачком. Для оценки состояния рыб использован патологоанатомический метод. В отдельных случаях применялась гистологическая методика.

Двустворчатые моллюски сем. Unionidae обследовались в 1990-2011 годы. Их собирали драгой в водохранилищах Волги, в оз. Ильмень, в оз. Красном Карельского перешейка Ленинградской области и в Финском заливе Балтийского моря. С помощью гистологической методики обследована печень у 399 экз. перловиц *Unio pictorum*, 474 экз. *U. tumidus* и 298 экз. беззубок *Anodonta* sp. [9]. Ветвистоусые рачки обследовались в 1989-2016 годы. Они собирались планктонной сеткой в водохранилищах Волги, в Нювчимском водохранилище (бассейн р. Вычегда Республика Коми), в Финском и Куршском заливах Балтийского моря, в Ладожском озере, в оз. Севан (Республика Армения) и в озерах Карельского перешейка Ленинградской области, в горных озерах Западного Саяна (Красноярский край), в озерах Дарвиновского заповедника (Вологодская область) и в лужах бассейна Харбейских озер Большеземельской тундры (Воркутинский район Республика Коми). Фиксация в 4% формалине. Рачков осматривали в камере Богорова под микроскопом МБС-9.

Ключевые слова: экологический кризис, токсикозы гидробионтов. Key words: microevolution, environmental crisis, toxicosis of aquatic organisms.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие жизни на Земле, насколько это представляется по палеонтологической летописи, сопровождалось глобальными экологическими кризисами, которые приводили к массовому вымиранию видов и одновременно являлись стимулом для видообразования.

По закону константности количества живого вещества В. И. Вернадского количество живого вещества биосферы в пределах рассматриваемого геологического периода константно, поэтому приспособление к изменившимся условиям происходило как на уровне отдельных видов, так и на уровне экосистем и биосферы в целом.

В периоды глобальных вымираний у биосферы включался приспособительный механизм, с помощью которого она, компенсировала снижение биологического разнообразия появлением новых видов [5]. В период глобального экологического кризиса, вызванного деятельностью человека, видовое разнообразие биосферы сокращается и признаков описанного палеонтологами [5] механизма противодействия снижению биоразнообразия в настоящее время не наблюдается. Цель статьи – на примере пресноводных экосистем обсудить роль токсикозов в работе приспособительного механизма биосферы к такому глобальному фактору антропогенного воздействия, как загрязнение гидробиосферы.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Рыбы обследовались в 1970-2016 годы. Работы проводились в различных регионах СССР и России на водоемах различного типа и разных объектах аквакультуры. Исследовались различные виды и возрастные группы рыб. Их отлавливали тралом, сетями, подъемником и спортивными орудиями лова. Личинок рыб ловили планктонной сеткой и сачком. Для оценки состояния рыб использован патологоанатомический метод [2, 4]. В отдельных случаях применялась гистологическая методика.

Двустворчатые моллюски сем. Unionidae обследовались в 1990-2011 годы.

Их собирали драгой в водохранилищах Волги, в оз. Ильмень, в оз. Красном Карельского перешейка Ленинградской области и в Финском заливе Балтийского моря. С помощью гистологической методики обследована печень у 399 экз. перловиц *Unio pictorum*, 474 экз. *U. tumidus* и 298 экз. беззубок *Anodonta* sp. [9]. Ветви-стоусые рачки обследовались в 1989-2016 годы. Они собирались планктонной сеткой в водохранилищах Волги, в Нювчимском водохранилище (бассейн р. Вычегда Республика Коми), в Финском и Куршском заливах Балтийского моря, в Ладожском озере, в оз. Севан (Республика Армения) и в озерах Карельского перешейка Ленинградской области, в горных озерах Западного Саяна (Красноярский край), в озерах Дарвиновского заповедника (Вологодская область) и в лужах бассейна Харбейских озер Большеземельской тундры (Воркутинский район Республика Коми). Фиксация в 4% формалине. Рачков осматривали в камере Богорова под микроскопом МБС-9 [10].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Загрязнения поверхностных вод в результате поступления сточных вод и аэрогенного поступления токсикантов приобрело глобальный характер. Следствием этого стало широкое распространение у пресноводных животных токсикозов. Эколого-токсикологическое состояние многих рыбохозяйственных водоемов достигло критического уровня и их экосистемы находятся на разных стадиях деградации. У рыб токсикозы стали повсеместным явлением. В основе патологических процессов у них лежит расстройство сосудистой системы. Оно сопровождается трансудацией, экссудацией и эритродиapedезом. У рыб достаточно четко выражены неспецифические механизмы общей резистентности, а также специфические факторы защиты, выполняющие компенсаторно-приспособительные функции при болезнях разной этиологии, включая токсикозы. Токсикозы нередко приводят к анемии, следствием чего является пораже-

ние гемопоэтической ткани и сдвиги в лейкоцитарной формуле.

Характерны воспаление, различные дистрофии, некрозы и регенеративные процессы. Встречаются язвенные процессы, некрозы мягких тканей и злокачественные опухоли. На проявления токсикоза накладываются патологические последствия воздействия бактерий и грибов. Рыбы одного вида и возраста, как правило, имеют разную степень выраженности патологического процесса – от визуально здоровых, с легкими обратимыми повреждениями до экземпляров с тяжелыми необратимыми патологиями [3, 6, 8, 14]. Период раннего онтогенеза – самый уязвимый для действия токсикантов в жизненном цикле рыб. Наиболее чувствительны к загрязнению сиговые рыбы. Лососевые занимают промежуточное положение, а карповые наиболее устойчивы к загрязнению воды [3]. Вызванные загрязнением патологии приводят к пагубным последствиям, что сказывается на видовом разнообразии и численности рыб в водоемах. Считается, что восстановление природного состояния водоемов после продолжительного токсического воздействия проблематично, оно приводит к необратимым последствиям.

Обычны токсикозы и у обследованных нами беспозвоночных. Практически у всех исследованных моллюсков печень была патологически изменена, причем у разных особей в разной степени. Наблюдалась атрофия пищеварительных трубочек, дистрофия их эпителия. В соединительной ткани были очаги дезинтеграции, сопровождавшиеся отеками. Наиболее сильно эти изменения были выражены у особей, собранных в устьях загрязненных рек, впадающих в водохранилища Волги. [9]. У ветвистоусых рачков распространены отеки раковинки. Особи с этой патологией были во всех обследованных нами популяциях. В годы с наиболее высокими летними температурами отеки были более обширными и наблюдались у большего числа особей. В воде с низкой минерализацией дей-

ствие токсикантов на этих рачков проявлялось наиболее интенсивно [10]. Наиболее пораженные токсикозами организмы зоопланктона с наиболее выраженными признаками токсикоза погибали [12]. В результате массовой гибели снижалась численность и бентосных организмов, их биомасса в отдельных случаях создавалась за счет одного-двух видов [13].

ОБСУЖДЕНИЕ

Пресноводные экосистемы наиболее уязвимы к антропогенному воздействию. В них вымирание видов идет быстрее, чем в наиболее затронутых загрязнением наземных экосистемах [18, 20]. Некоторые популяции рыб и пресноводных беспозвоночных находятся на грани вымирания [15, 16, 18]. Одной из основных причин этого является загрязнение вод и вызываемые им токсикозы. Устойчивость к воздействию токсикантов – генетически обусловленное свойство каждого организма, поэтому из любой популяции в первую очередь элиминируются наименее устойчивые особи.

В результате естественного отбора генофонд популяции изменяется и надорганизменная система приспосабливается к среде, с повышенным содержанием токсичных веществ [1, 7].

В загрязненных водоемах отмирают преимущественно наиболее чувствительные к загрязнению виды и отдельные особи, в результате доля устойчивых особей в популяции возрастает и способность популяции переносить загрязнение увеличивается.

В целом за счёт изменения генофонда популяций экосистемы приспосабливаются к существованию в загрязненной среде, однако, их видовое разнообразие при загрязнении снижается, поскольку у части видов уровень токсичного воздействия превышает их диапазон толерантности. В то же время на определённом этапе обусловленной загрязнением сукцессии возможно вселение новых видов, более устойчивых к токсикантам.

Таким образом, токсикозы являются эволюционным фактором, обеспечивающим изменение генофонда популяции и

экосистемы в целом в направлении большей устойчивости к существованию в условиях хронического загрязнения. В то же время увеличение уровня загрязнения неизбежно приводит к деградации любой экосистемы.

Приспособительная генетическая перестройка популяций и экосистем, происходящая вследствие токсикозов, – ее антропогенная приспособительная микроэволюция [11, 17, 19]. Микроэволюционные процессы в популяциях могут генерировать макроэволюционные тенденции [17], однако, признаков увеличения видового разнообразия под влиянием загрязнения не наблюдается, поскольку действует закон физико-химического единства живого вещества, из которого следует, что нет такого физического или химического агента, который был бы губителен для одних организмов и безвреден для других.

Эволюция биосферы в настоящее время идет, скорей, по сценарию экосистемы, в которую внедрился инвазивный вид, не ограниченный в скорости увеличения численности своей популяции природными факторами. Фактически, сейчас эту роль в биосфере выполняет вид *Homo sapiens*, который вышел из под контроля естественного отбора и неограниченно потребляет ресурсы, уничтожая другие виды и загрязняя среду их обитания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Токсикозы рыб, моллюсков и ракообразных, развивающихся в условиях загрязнения гидросферы, могут быть эволюционным фактором, способствующим изменению генофонда популяций и водных экосистем в целом в направлении отбора генотипов, наиболее приспособленным к условиям загрязнения, однако, увеличение уровня загрязнения, как правило, сопровождается снижением биологического разнообразия, поскольку воздействие токсикантов после определённого уровня превышает диапазон толерантности отдельных видов и обуславливает их элиминацию. При этом, при определённом уровне загрязнения, не исключено более интенсивное развитие токсико-

резистентных видов, использующих освободившиеся кормовые ресурсы и даже вселение новых, также устойчивых к загрязнению.

THE ROLE OF TOXICOSIS IN THE ADAPTION OF ECOSYSTEMS FOR ANTHROPOGENIC POLLUTION OF THE ENVIRONMENT (AT THE EXAMPLE OF TOXICOSIS OF WATER ANIMALS).

Makrushin A.V. Dr.Biol.Sc., Scenior Scien. Specialist, Vasiliev A. S. Dr.Biol.Scie, leading engineer of the "Institute of internal water biology of the Russian Academy of Sciences", Arshanitsa N. M., Ph. D., leading scientific researcher "Gosniorh", Lyashenko O. A., Ph. D., Leading Scientific researcher, "Gosniorh", Stekolnikov A. A., Ph. D., Grebtsov M. R., post-graduate student of the St. Petersburg branch of FGBU "VNIRO".

ABSTRACT

In the past geological eras in the biosphere, species extinction was accompanied by speciation. Ecosystems adapted to a greater or lesser extent to coexist with a species whose activity had become a planetary factor and had a global impact on biospheric processes. One of it is the massive pollution of the main components of the biosphere - geobiosphere, hydrobooster and air. Its consequence is the development in living organisms of various pathological processes associated with the impact of toxicants-toxicoses.

The work was carried out in various regions of the USSR and Russia on reservoirs of various types and different objects of aquaculture. Various species and age groups of fish were studied. They were caught with trawls, nets, lifts, and sport fishing gear. Fish larvae were caught with a plankton net. A pathoanatomic method was used to assess the condition of fish. In some cases, histological methods were used.

Clams of the family Unionidae were surveyed in 1990-2011. They were collected by dredging in the reservoirs of the Volga, in the lake Ilmen, in the red sea of the Karelian isthmus of the Leningrad region and

in the Gulf of Finland of the Baltic sea. The liver of 399 individuals was examined using histological methods. Also Perlovitz. *Unio pictorum*, 474 copies of *U. tumidus* and 298 copies. the mussels *Anodonta* sp. Branched crustaceans were examined in 1989-2016. They were collected in a plankton grid in the reservoirs of the Volga, in the Nivchinsky reservoir (the basin of the Volga river). Vychegda Komi Republic, in the Finnish and Kursk bays of the Baltic sea, in lake Ladoga, in the lake of Sevan (Armenia) and in lakes of the Karelian isthmus of Leningrad region, in the mountain lakes of West Sayan (Krasnoyarsk region), the lakes in Darwin reserve (Vologda region) and in the pools of Garbacki lakes Bolshezemelskaya tundra (Vorkuta district, Komi Republic). Fixation in 4% formalin by Rachkov method was examined in Bogorov's cell under the MBS-9 microscope.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агаджанян, Н.А. Экология человека / Н.А. Агаджанян, Ю.П. Гичев, В.И. Тюршин. – Москва ; Новосибирск : Рос. эколог. акад., 1997. – 354 с.
2. Аршаница, Н.М. Материалы ихтиотоксикологического исследования в бассейне Ладожского озера / Н.М. Аршаница // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. – Ленинград, 1988. – Вып. 285. – С. 12-23.
3. Аршаница, Н.М. Методика патологоанатомического исследования в водной токсикологии / Н.М. Аршаница // Памятная записка СЭВ. Симпозиум по водной токсикологии. – Ленинград, 1970. – С. 79-84.
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. Барсков, И.С. Проблемы эволюции биологического разнообразия / И.С. Барсков, В.В. Жерихин, А.С. Раутиан // Журнал общей биологии. – 1996. – Т. 57, №2. – С. 14-39.
6. Географическое распространение отека раковинки у *Cladocera* (Crustacea) / А.В. Макрушин, А.С. Семенова, О.П. Дубровская, Е.Б. Фефилова, В.И. Лазарева // Вода: химия и экология. – 2014. – №10. – С. 69-73.
7. Гребцов, М.Р. Экологотоксикологическое состояние Волховской губы Ладожского озера / М.Р. Гребцов // Вопросы нормативно-правового регулирования в ветеринарии. – 2014. – №3. – С. 229-235.
8. Давыдовский, И.В. Общая патология человека / И.В. Давыдовский. – Москва : Медицина, 1969. – 610 с.
9. Кольчугина, О.А. Патологоанатомическое исследование рыб как эффективный метод оценки токсикологического статуса водного объекта / О.А. Кольчугина // Материалы XIV международной молодежной научной конференции. – Казань : Изд-во Казанск. гос. тех. ун-та, 2006 – С. 112-114.
10. Макрушин, А.В. О состоянии популяций Unionidae (Bivalvia, Mollusca) в некоторых водоемах европейской России / А.В. Макрушин, Т.А. Асанова, С.М. Голубков // Вестник ТвГУ. Серия «Биология и эволюция». – 2012. – Вып. 28, №5. – С. 34-39.
11. Рожков, Н.И. Микроэволюционный процесс / Н.И. Рожков, А.В. Проняев. – Москва : ЦНИЛС, 1991. – 361 с.
12. Сергеева, В.А. Состояние и распределение зоопланктона в очагах загрязнения Ладожского озера / В.А. Сергеева // Сборник трудов ГосНИОРХ. – Ленинград, 1988. – Вып. 285. – С. 114-128.
13. Сношкина, Е.В. Оценка степени загрязнения водоемов системы оз. Ильмень – р. Волхов – Ладожское озеро – р. Нева – Невская губа по составу донных организмов / Е.В. Сношкина // Сборник научных трудов ГосНИОРХ. – Ленинград : ГосНИОРХ, 1988. – Вып. 285. – С. 85-98.
14. Стекольников, А.А. О токсикозах рыб реки Волхов / А.А. Стекольников // Материалы III международного конгресса ветеринарных фармакологов и токсикологов. – Санкт-Петербург, 2014. – С. 256-258.
15. Федорова, Г.В. Влияние токсических

веществ на популяции сигов / Г.В. Федорова, Н.М. Аршаница // V Всесоюзная конференция по водной токсикологии (Одесса, 18-22 апреля 1988) : материалы докл. – Москва, 1988. – С. 29-31.

16.Hendry, A.P. An introduction to microevolution: rate, pattern, process / A.P. Hendry, M.T. Kinnson // *Genetica*. –2001. – Vol. 112/113. – P.1-8.

17.Master, L. The imperiled status of North American aquatic animals / L. Master // *Biodiversity Network News*. – 1990. – Vol.3, №3. – P. 5-8.

18.Morgan, A.J. Microevolution and ecotoxicology of metal in Invertebrates / A.J. Morgan, P. Kile, S.R. Stürzenbaum // *Environmental Science Technology*. – 2007. – Vol. 41, №4. – P. 1085-1096.

19.Prospects for monitoring freshwater ecosystems towards the 2010 targets / C. Revenda, I. Campbell, R. Abel, P. de Villiers, M. Bryer // *Philosophical Transactions of The Royal Society. Biological Sciences*. – 2005. – Vol. 360. – P. 397-413.

20.Threads to imperiled freshwater fauna / D.R. Brian, D.P. Braun, M.A. Mendelson, L.I. Master // *Conservation Biology*. – 1997. – Vol. 11, №5. – P. 1081-1093.

ИНФОРМАЦИЯ

По заявкам ветспециалистов, граждан, юридических лиц проводим консультации, семинары по организационно-правовым вопросам, касающихся содержательного и текстуального анализа нормативных правовых актов по ветеринарии, практики их использования в отношении планирования, организации, проведения, ветеринарных мероприятий при заразных и незаразных болезнях животных и птиц.

Консультации и семинары могут быть проведены на базе Санкт-Петербургского университета ветеринарной медицины или с выездом специалистов в любой субъект России.

Тел/факс (812) 365-69-35,

Моб. тел.: 8(911) 176-81-53, 8(911) 913-85-49,

e-mail: 3656935@gmail.com