



УДК 574.632+574.583:575.8

ПРОЯВЛЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОГО ЭКОЛОГИЧЕСКОГО КРИЗИСА НА ОРГАНИЗМЕННОМ УРОВНЕ (НА ПРИМЕРЕ ВЕТВИСТОУСЫХ РАКООБРАЗНЫХ И ДВУСТВОРЧАТЫХ МОЛЛЮСКОВ UNIONIDAE)

А.В. Макрушин¹, С.М. Голубков², Т.А. Асанова³, Е.А. Заботкина¹, Е.С. Макарецва⁴
и О.Ю. Кузьмина¹

¹Институт биологии внутренних вод Российской академии наук, 152742 Борок, Ярославская обл., Россия;
e-mail: makru@ibiv.yaroslavl.ru;

²Зоологический институт Российской академии наук, Университетская наб. 1, 199034 Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: golubkov@zin.ru;

³Новгородская лаборатория Государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства, ул. Знаменская 23, 173000 Великий Новгород, Россия; e-mail: asanova@rambler.ru;

⁴Институт озерадения Российской академии наук, ул. Севастьянова 9, 196105 Санкт-Петербург, Россия;
e-mail: bardos777@mail.ru

РЕЗЮМЕ

Токсикозы гидробионтов, вызванные загрязнением вод, – одно из проявлений глобального экологического кризиса. С них начинается вымирание популяций одних видов и антропогенная эволюция других. Скорость вымирания и антропогенной эволюции беспозвоночных пресных вод находятся в обратной зависимости от степени минерализованности воды водоема, в котором они обитают.

Ключевые слова: антропогенная эволюция, ветвистоусые ракообразные, Волга, вымирание, загрязнение вод, Ильмень, униониды, Финский залив

MANIFESTATION OF THE GLOBAL ECOLOGICAL CRISIS AT THE ORGANISM LEVEL (ON THE EXAMPLE OF CLADOCERANS CRUSTACEA AND MOLLUSKS UNIONIDAE)

A.V. Makrushin¹, S.M. Golubkov², T.A. Asanova³, E.A. Zabotkina¹, E.S. Makartseva⁴
and O.Ju. Kuzmina¹

¹Institute of Biology of Inland Waters of the Russian Academy of Science, 152742 Borok, Yaroslavskaia Province, Russia;
e-mail: makru@ibiv.yaroslavl.ru;

²Zoological Institute of the Russian Academy of Science, Universitetskaya Emb. 1, 199034 Saint Petersburg, Russia;
e-mail: golubkov@zin.ru;

³Novgorod department of the State Research Institute on Lake and River Fisheries, Znamenskaya Str. 23, 173000 Veliky Novgorod, Russia; e-mail: asanova@rambler.ru;

⁴Institute of Limnology of the Russian Academy of Science, Sevastyanova, 9, 196105 Saint Petersburg, Russia;
e-mail: bardos777@mail.ru

ABSTRACT

Toxicosis of aquatic organisms, due to water pollution – one of the manifestations of the global ecological crisis. With them in fresh water begins extinction of populations of some species and anthropogenic evolution of others. The rate of extinction and anthropogenic evolution are inversely proportional to the degree of salt content of water

Key words: anthropogenic evolution, Cladocera, Volga, extinctions, water pollution, Ilmen, Unionidae, Gulf of Finland

ВВЕДЕНИЕ

Продолжительные периоды роста биоразнообразия на Земле чередуются с короткими (в геологическом масштабе времени) периодами кризисов, во время которых биоразнообразие быстро и сильно снижается, а скорость эволюции резко возрастает. Ритмичность развития биосферы – ее внутреннее свойство, обусловленное эволюцией составляющих ее видов (Пономаренко, 1993; Раутиан, Жерихин, 1997; Раутиан, 2003). Экологические кризисы захватывают биосферный, биоценотический, видовой и популяционный уровни организации жизни. А как проявляется современный глобальный экологический кризис на уровне организма? Статья посвящена рассмотрению этого вопроса на примере населяющих загрязненные воды ветвистоусых ракообразных и двусторчатых моллюсков унионид Unionidae.

ГосНИОРХ (GOSNIORKH), Федеральное государственное научное учреждение Государственный научно-исследовательский институт озерного и речного рыбного хозяйства Новгородская лаборатория (Великий Новгород, Россия); ЗИН (ZIN), Учреждение Российской академии наук Зоологический институт (Санкт-Петербург, Россия); ИБВВ (IBIW), Учреждение Российской академии наук Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина (пос. Борок Ярославской области, Россия); ИНОЗ (INOZ), Учреждение Институт озерадения Российской академии наук (Санкт-Петербург, Россия).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Для обследования беспозвоночных применялась гистологическая методика. Сиды *Sida crystallina* (O.F. Müller, 1776) (Sididae) были пойманы сачком с берега в июле 2004 г. в р. Которосль в Ярославле, а эврицеркусы *Eurycercus lamellatus* (O.F. Müller, 1785) (Chydoridae) – таким же способом в августе 2005 г. в р. Черемуха в Рыбинске. Битотрефесы *Bythotrephes longimanus* Leydig, 1860 (Cercopagidae) и лимносиды *Limnospira frontosa* Sars, 1862 (Sididae) ловили с судна в июле и августе 2010 г. в волжских водохранилищах – Рыбинском (14 станций), Горьковском (11 станций) и Чебоксарском (16 станций). Обследованы 60 сид, 40 эврицеркусов, 230 битотрефесов и 20 лимносид. Моллюски были собраны с судна драгой в

июле и августе 2011 г. на 11 станциях в восточной части Финского залива. Обследована печень 43 *Unio tumidus* Philippson, 1788, одной *U. pictorum* (L., 1758) и 9 *Anodonta* sp. Фиксацию ветвистоусых и печени моллюсков проводилась в жидкости Буэна. Толщина парафиновых срезов была 7 мкм. Окраска – железным гематоксилином по Гейденгайну. Вместо покровных стекол использовался полистирол по способу, предложенному Д.С. Саркисовым (1951).

У некоторых ветвистоусых в загрязненных водах повреждается раковинка (Маркушин, 2003; Маркушин, Голубков, 2010). Для оценки ее состояния были просмотрены в камере В.Г. Богорова зафиксированные в жидкости Буэна пробы планктона перечисленных станций волжских водохранилищ и фиксированные в этой жидкости пробы, собранные в июле 2011 г. с судна на трех станциях оз. Ильмень. Просмотрены также фиксированные в 4% растворе формалина 28 проб, собранных в июле 2010 г. на озерах Карельского перешейка Ленинградской области – Красном, Вишневском, Журавлевском, Большом Морозовском, Светлом, Правдинском, Охотничьем, Мичуринском, Жемчужном, Суздальском, Нахимовском, Волочаевском, Луговском и Борковском. Доля особей с патологически измененной раковинкой определена путем осмотра 1281 лимносиды из волжских водохранилищ, 600 лимносид из Ильменя, 457 лимносид из озер Карельского перешейка и 595 лептодор *Leptodora kindti* (Focke, 1844) (Leptodoridae) из волжских водохранилищ. Неполовозрелые лептодоры, у которых раковинка еще не сформировалась или не полностью сформировалась, не учитывали.

РЕЗУЛЬТАТЫ

У сид и эврицеркусов патологических изменений не обнаружено. У битотрефесов была изменена средняя кишка. Ее эпителий подвергался эрозии. Его клетки отрывались от базальной мембраны, и она местами обнажалась. Оторвавшиеся и отрывающиеся от нее клетки на рис. 1, А–В указаны короткими толстыми стрелками, а обнажившиеся ее участки на рис. 1, А, Б – тонкими длинными стрелками. Степень поврежденности пищеварительного эпителия у разных особей была разная. Битотрефесы с совершенно здоровой кишкой встречались редко.

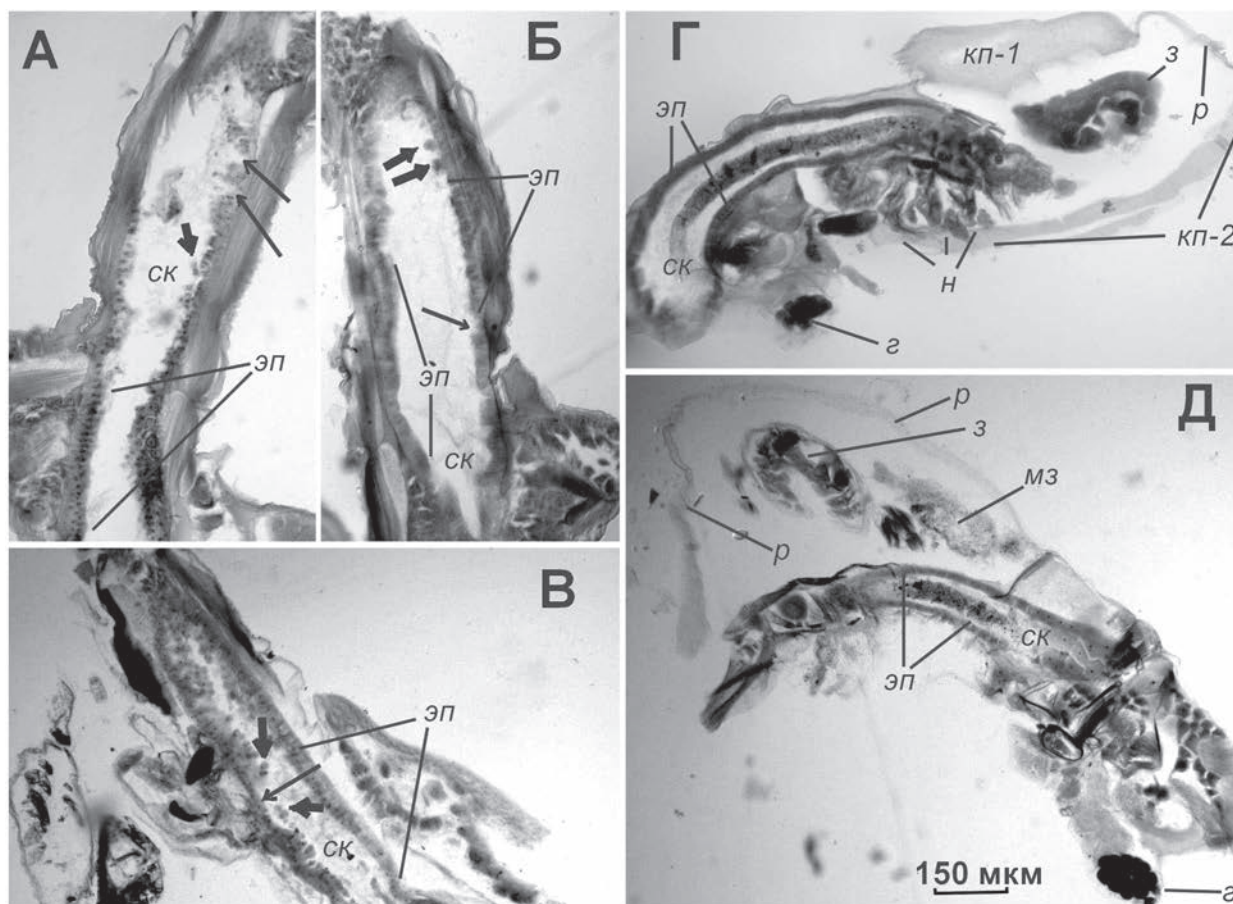


Рис. 1. Продольные срезы ветвистоусых рачков из волжских водохранилищ: А–В – патологически измененная задняя часть средней кишки *Bythotrephes longimanus* (рачки на рисунке расположены головой вниз); толстые стрелки указывают на отрывающиеся и оторвавшиеся от базальной мембраны клетки пищеварительного эпителия, тонкие стрелки указывают на обнажившиеся участки базальной мембраны средней кишки; Г – *Limnospira frontosa* с расслоившейся раковинкой; Д – *L. frontosa*, один зародыш в выводковой сумке которой мертв. Обозначения: ск – средняя кишка; эп – участки пищеварительного эпителия, находящиеся в нормальном состоянии; р – раковинка; кп-1 – выпуклый кровяной пузырь на спинной стороне раковинки; у живых особей его поверхность была гладкая, здесь она фиксацией изменена; кп-2 – плоский кровяной пузырь на боковой и брюшной стороне раковинки; з – зародыш в выводковой сумке; мз – мертвый зародыш в выводковой сумке; з – глаз; н – ноги.

Fig. 1. Longitudinal sections of cladocerans, caught in polluted waters: А–В – the pathologically altered rear end of the midgut of *Bythotrephes longimanus* (crustaceans in the figure are upside down), short thick arrows point to detached and detached from the basement membrane of the digestive cells of the epithelium, long thin arrows point to the exposed areas of the basement membrane of the midgut; Г – *Limnospira frontosa* with flaked shell; Д – *L. frontosa*, an embryo in the brood pouch which is dead; Legend: ск – midgut; эп – areas of the digestive epithelium, which are in good condition; р – shell; кп-1 – bulging blood blister on the dorsal side of shell; from living specimens, the surface of blood blisters which was convex and smooth, this changed; кп-2 – flat blood blister on the lateral and ventral side of the shell; з – the embryo; мз – a dead embryo; з – the eyes.

Раковинка у ветвистоусых состоит из двух слоев гиподермы, соединенных протоплазматическими мостиками (рис. 1, Г, Д, р). Между слоями, омывая мостики, течет кровь. Разрушение мостиков вело к расхождению слоев и к заполнению образовавшегося между ними пространства гемолимфой. В результате у лимносид (рис. 1, Г кп-1 и

кп-2), диафаносом и лептодор на раковинке возникал кровяной пузырь, стороны которого были обращены одна наружу, а другая – внутрь выводковой сумки. Описание расслоившейся раковинки лептодор есть в работе одного из нас (Макрушин, 2003). Раковинка расслаивалась частично или вся. У лимносид (рис. 2, А) и лептодор в случае

расслоения всей раковинки она превращалась в шар. При этом пространство выводковой сумки переставало существовать, и яйца при овуляции, видимо, выбрасывались во внешнюю среду.

У дафний и босмин в результате расслоения части раковинки, вероятно, тоже иногда образовывались такие пузыри, но если они были, то выпуклая их сторона была обращена внутрь выводковой сумки, и их поэтому не было видно. Для их выявления необходимо применение гистологической методики, чего не делалось. Но когда у этих рачков расслаивалась вся раковинка или значительная ее часть, то пузырь рассмотреть было можно. Он заполнял все пространство между створками раковинки, вытесняя из него туловище рачка (рис. 2, Б). При этом створки раковинки у дафний иногда из-за давления пузыря раздвигались (у босмин нет), а пузырь своим краем, помеченным на рис. 2, Б буквой «в», выступал наружу между створками раковинки сзади. Пространство выводковой сумки в этом случае тоже переставало существовать.

Особи с расслоившейся раковинкой в водохранилищах Волги встречались среди лептодор и лимносид, в Ильмене – среди лимносид, в озерах Карельского перешейка – среди лимносид, диафаносом *Diaphanosoma brachyurum* (Lievin, 1848) (Sididae), видов родов дафния *Daphnia* (Daphniidae) и *Bosmina* (Bosminidae). В пробах из Ильмена и озер Карельского перешейка лептодор было очень мало, и среди них особи с расслоившейся раковинкой не встречены. У лимносид из озер Карельского перешейка обычно расслаивалась вся раковинка (рис. 2, А), у диафаносом – вся или часть.

Доля лимносид с расслоившейся раковинкой в волжских водохранилищах колебалась от 0 до 44%, у лимносид Ильмена – от 1% до 8%. Среди волжских лептодор доля особей с расслоившейся раковинкой колебалась в пределах от 0 до 11%. В озерах Карельского перешейка доля лимносид с расслоившейся раковинкой колебалась от 50% до 93%. Доля особей с расслоившейся раковинкой у дафний, босмин и диафаносом не определена. У некоторых лимносид, собранных в Рыбинском водохранилище в зоне стоков Череповца, в выводковой сумке были мертвые зародыши (рис. 1, Д, мз).

Различий в строении печени у разных видов унионид и в ее реакции на загрязнение нами не обнаружено (Маркушин, 1998; Голубков и др.

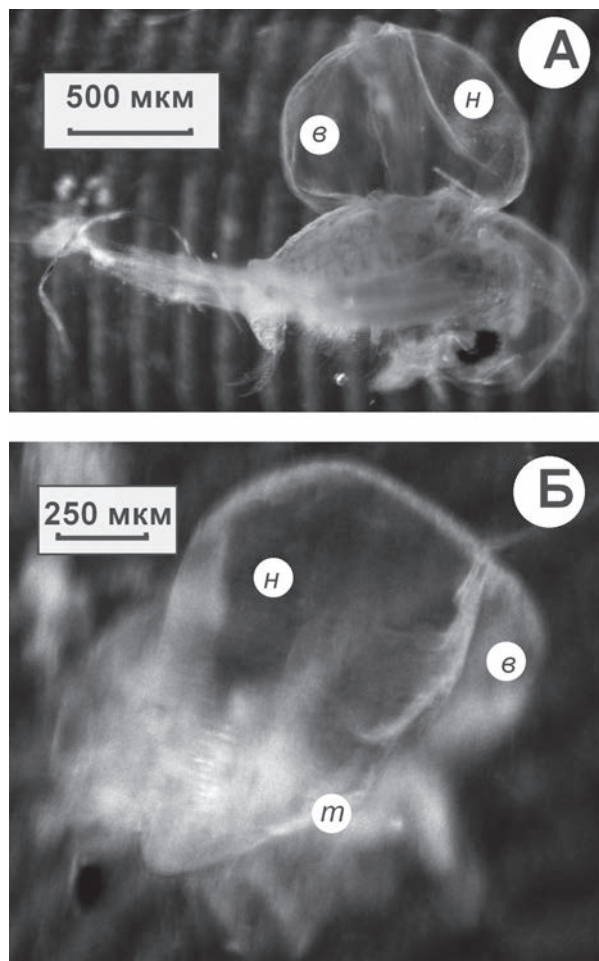


Рис. 2. Ветвистоусые рачки с полностью расслоившейся раковинкой, пойманные в озерах Карельского перешейка: А – *Limnosa frontosa*, раковинка превратилась в шар; Б – *Daphnia* sp. кровяной пузырь не уместается в выводковой сумке; он давит на туловище рачка, из-за чего оно на рисунке переместилось вниз; часть пузыря, на которой стоит буква «в», выпирает между створок раковинки; в нижнем левом углу рисунка виден глаз дафнии. Обозначения: н – наружный листок гиподермы раковинки; в – внутренний листок гиподермы раковинки; этой же буквой обозначена выступающая наружу из выводковой сумки часть кровяного пузыря; т – туловище дафнии.

Fig. 2. Cladocerans, caught in the lakes of the Karelian isthmus, with a completely flaked shell. А – *Limnosa frontosa*, shell into a ball; Б – *Daphnia* sp. blood bubble does not fit in the brood pouch, and he presses on the body of the crustacean, which is why it is moved down in the figure, part of the bladder, which is the letter “в”, sticks out between the valves of shell, and in the lower left corner of the figure seen eye of daphnia. Legend: н – outer layer of the epidermis of shell; в – the inner layer of shell epidermis, the same letter denotes the serving out of the brood pouch of the bladder blood; т – the body of daphnia.

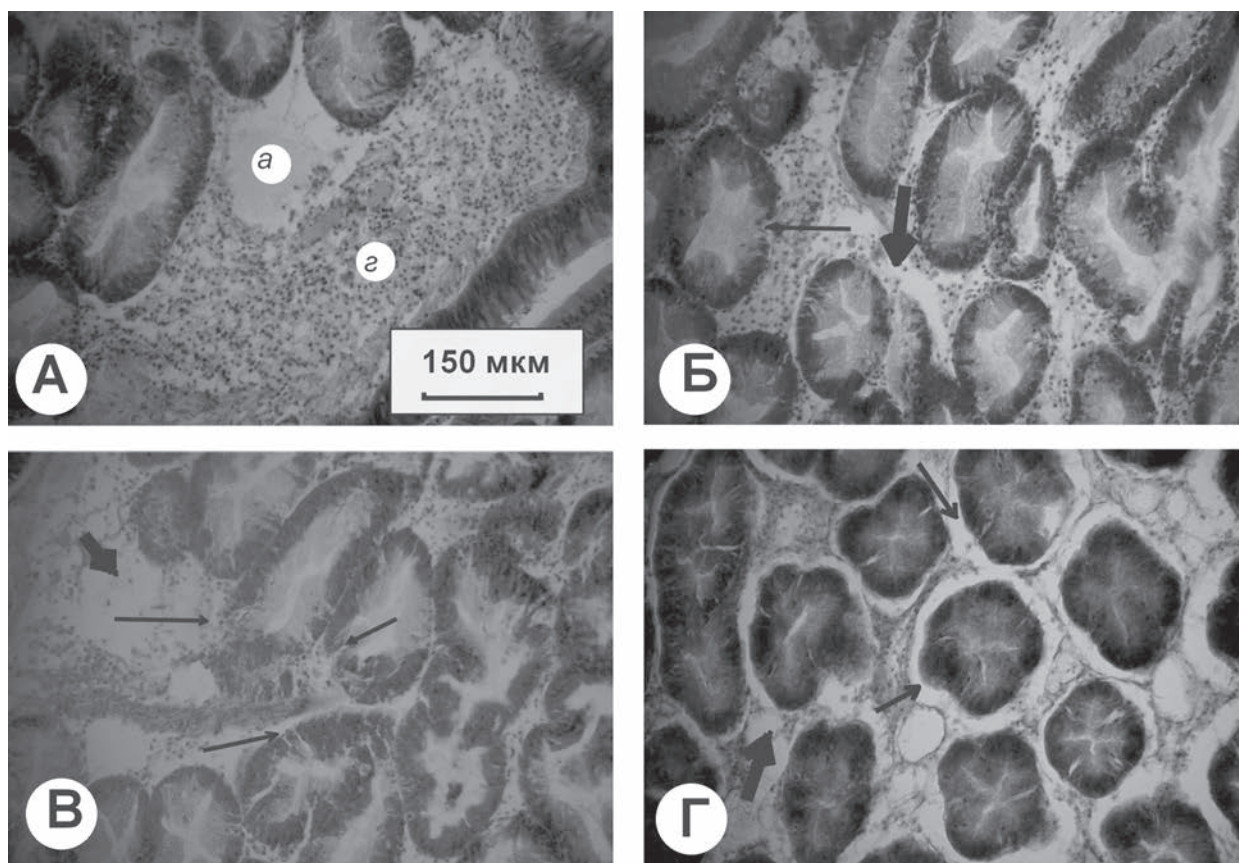


Рис. 3. Срезы печени Unionidae: А, Б – *Anodonta* sp.; В, Г – *Unio tumidus*; тонкие стрелки на Б и В указывают места у трубочек, где произошло отслоение клеток эпителия; тонкие стрелки на Г указывают отек – слой жидкости, окружающий трубочки; толстые стрелки – на Б и В указывают на участки дезорганизованной соединительной ткани. Обозначения: а – амилоподобная структура; з – воспаленный участок соединительной ткани, инфильтрованной гемоцитами.

Fig. 3. Slices of digestive gland of Unionidae: А, Б – *Anodonta* sp.; В, Г – *Unio tumidus*; thin arrows in Б and В indicate the location in tubes where there was a detachment of epithelial cells; thin arrows in Г indicate the swelling – a layer of fluid surrounding the tube; thick arrows – in Б and В indicate areas disorganized connective tissue. Legend: а – structure similar to amyloid; з – inflamed area of connective tissue, infiltrated hemocytes.

2011; Макрушин и др., 2012), поэтому патологические изменения в этом органе у разных видов рассматриваются вместе. Печень двусторчатых моллюсков представляет собой скопление пищеварительных трубочек, между которыми находится соединительная ткань (рис. 3). Особей с совершенно здоровой печенью не попалось. В трубочках наблюдалось сужение и исчезновение просвета (рис. 3, Г), отслоение пищеварительного эпителия (рис. 3, В, Б) и отечность (рис. 3, Г). Соединительная ткань местами была дезорганизована (рис. 3, В, Б), инфильтрована гемоцитами (рис. 3, Аз) и в ней встречались амилоидоподобные структуры (рис. 3, Аа), свидетельствующие о нарушении

белкового обмена. Существенных различий в состоянии печени у особей, собранных на разных станциях Финского залива, как и в 2009 и 2010 гг. (Голубков и др., 2011; Макрушин и др., 2012), не было. По сравнению с предыдущими годами было некоторое улучшение состояния этого органа.

ОБСУЖДЕНИЕ

Битотрефес, лептодора и лимносида – виды мезолимнические, т.е. вселившиеся из моря в пресные воды относительно недавно. Мезолимнические виды менее устойчивы к антропогенным

изменениям среды, чем палеолимнические, вселившиеся в них из моря раньше (Старобогатов, 1970). Этим, вероятно, объясняется, почему битотрефесы, лимносиды и лептодоры в водохранилищах Волги и в Ильмене были подвержены токсикозам (заболеваниям, вызванным отравлением веществами антропогенного происхождения), а палеолимнические сиды и эврицеркусы, хотя они обитали в очень загрязненных протекающих через городскую территорию реках, – нет. Эрозия пищеварительного эпителия битотрефеса – токсикоз. Об этом свидетельствует то, что такие же изменения средней кишки описаны и у других ветвистоусых, подвергнутых в лаборатории действию ядовитых веществ (Макрушин, 1974; Pautou et al., 2000; Rey et al., 2004).

Расслоение раковинки у ветвистоусых, видимо, – тоже токсикоз. В пользу этой точки зрения есть два довода.

1. Эта патология – бросающийся в глаза признак, не заметить его невозможно, но в прежних работах, посвященных размножению волжских лептодор (Мордухай-Болтовская, 1957; Ривьер, 1971; Кузичкин, 1975), и в более ранних работах о нем не упоминается. Не удалось найти сообщений о расслоении раковинки и у других ветвистоусых. Вероятно, это явление стало обычным лишь в последнее время в связи с усиливающимся загрязнением вод.

2. Волга загрязнена сильнее озер Карельского перешейка, однако у ветвистоусых, обитающих в ней, эта патология выражена слабее.

Так, в волжских водохранилищах доля лимносид с расслоившейся раковинкой колебалась, как сказано выше, от 0 до 44%, а в озерах Карельского перешейка – от 50% до 93%. В 2009 г. были обследованы лимносиды Финского залива. Он тоже загрязнен сильнее озер Карельского перешейка, тем не менее доля собранных в нем лимносид с расслоившейся раковинкой была ниже (от 7% до 50%) (Макрушин, Голубков, 2010), чем в озерах Карельского перешейка. У лимносид Финского залива (Макрушин, Голубков, 2010), волжских водохранилищ и Ильменя расслаивалась часть раковинки, а у лимносид озер Карельского перешейка – обычно вся. Среди ветвистоусых Финского залива (Макрушин, Голубков, 2010), волжских водохранилищ и Ильменя раковинка расслаивалась только у наиболее чувствительных к загрязнению мезолимнических видов, а в озерах Карельского

перешейка – и у более устойчивых к загрязнению палеолимнических дафний, диафаносом и босмин. Объяснить обратную зависимость между подверженностью ветвистоусых этой патологии и загрязненностью вод можно лишь тем, что она вызвана загрязнением, т.е. является токсикозом. Известно, что с ростом минерализованности воды вредное действие загрязняющих веществ на гидробионтов снижается, а воды Волги и Ильменя более минерализованы, чем воды озер Карельского перешейка (Баранов, 1961). Больше солей содержится по сравнению с водами озер Карельского перешейка и в воде Финского залива, поэтому в менее загрязненных озерах Карельского перешейка раковинка у ветвистоусых расслаивалась сильнее, чаще и у большего числа видов, чем в более загрязненных водохранилищах Волги и в Финском заливе.

Токсикозом являются и патологические изменения в печени унионид. Отсутствие у унионид, собранных в разных местах Финского залива, заметных различий в состоянии этого органа не позволяет связать степень его поврежденности с силой загрязнения. Это может вызвать сомнение, что причина обнаруженных патологических изменений тканей – действие загрязняющих воду веществ. Действительно, печень этих моллюсков патологически изменяется не только от ухудшения качества воды, но и от других вредных воздействий, абиотических и биотических, но в наше время основная причина ее патологических изменений – загрязнение. Об этом говорят результаты ее обследования у унионид, собранных в волжских водохранилищах (Макрушин, 1998). В них наиболее сильно печень была повреждена у тех особей, которые были собраны на наиболее загрязненных участках. Сходство состояния печени унионид из разных мест Финского залива объясняется, видимо, тем, что качество воды на этой акватории из-за ее перемешивания было на всех станциях примерно одинаковым.

Токсикозы гидробионтов – одна из причин вызванной человеком перестройки пресноводных биоценозов. Популяции состоят из особей, более устойчивых к вредным для них изменениям среды, и менее устойчивых. Эта разнокачественность особей обусловлена фенотипически и генетически. Генотипы, к антропогенному изменению среды неустойчивые, в наше время элиминируются. В результате генетический состав популяций

меняется, и их приспособленность к новым условиям растет (Кубанцев, 1990, 1994; Рожков, Проняев, 1991; Большаков, Моисеенко, 2009). Чем менее устойчива та или иная особь к загрязнению воды, тем более она подвержена токсикозам, тем малочисленнее ее потомство и тем, следовательно, меньше ее вклад в продолжение существования популяции. Снижая в популяции долю неустойчивых к загрязнению особей, токсикозы обеспечивают преимущественное размножение особей устойчивых. В результате устойчивость популяции к загрязнению повышается. Токсикозы, будучи вредными для особи, в этом случае полезны для популяции, а, значит, для вида и для всех более высоких уровней организации жизни.

Широкое распространение обследованных ветвистоусых и их многочисленность свидетельствуют, что они, несмотря на загрязнение вод, благодествуют. Видимо, они уже адаптировались к жизни в загрязненной воде, и их приспособленность с помощью токсикозов продолжает совершенствоваться. Поскольку загрязняющие вещества антропогенного происхождения сильнее действуют в мало минерализованных водах, чем в более минерализованных, следует думать, что скорость антропогенной эволюции гидробионтов в мало минерализованных водах идет быстрее, чем в более минерализованных.

С токсикозов начинается и вымирание гидробионтов. У популяций унионид приспособленность к жизни в загрязненной среде с помощью токсикозов, вероятно, тоже повышается, но этого повышения недостаточно для противодействия вносимых человеком в среду изменений. Количество видов этих моллюсков и их численность в Западной Европе, США и в Канаде снижаются, а ареалы сужаются (Weber, 2005; Bogan, 2008; Pou-Rovira et al., 2009). Обследование печени унионид, собранных в водохранилищах Волги, в Увудском водохранилище (Макрушин, 1998) и в Ильмене (Кузьмина и др., 2011), показало, что она у них, как и у особей из Финского залива, патологически изменена. Это дает основание думать, что и в России популяции унионид неблагополучны. Поскольку вредные вещества антропогенного происхождения сильнее действуют на гидробионтов в менее минерализованных водах, чем в более минерализованных, сохранность их популяций при одном и том же уровне загрязнения, вероятно, будет выше в более минерализованных водах.

Изложенное позволяет высказать предположение, относящееся к далекому прошлому. Во время предыдущего глобального экологического кризиса, среднемелового, на смену папоротникам и голосеменным пришли покрытосеменные растения. Их опад сильнее повышал сапробность почв, чем опад папоротников и голосеменных. Рост сапробности почв повысил ее в континентальных водах. Это вызвало вымирание большинства обитавших в них видов и ускорение эволюции сохранившихся (Раутиан, 2003). Вероятно, и во время (среднемелового) кризиса обитатели континентальных вод, прежде чем приспособиться к повышенной сапробности или прекратить свое существование, были, как и обследованные нами виды, в состоянии токсикоза. И, вероятно, скорость вымирания и эволюции пресноводных беспозвоночных тогда тоже находилась в обратной зависимости от содержания в воде солей.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Мы благодарны Г.М. Чуйко за помощь в сборе планктона в водохранилищах Волги.

ЛИТЕРАТУРА

- Баранов И.В. 1961. Лимнологические типы озер СССР. Ленинград: Гидрометеиздат, 275 с.
- Большаков В.Н., Моисеенко Т.И. 2009. Антропогенная эволюция животных: факты и интерпретация. *Экология*, № 5: 323–332.
- Голубков С.М., Макрушин А.В., Асанова, Т.А. и др. 2011. Состояние пищеварительной железы Unionidae (Mollusca, Bivalvia) – показатель степени антропогенного загрязнения акватории. *Гидробиологический журнал*, 47(2): 51–54.
- Кубанцев Б.С. 1990. Антропогенные изменения численности животных как одна из вероятных причин их микроэволюции. В кн: Фауна и экология позвоночных животных в антропогенных условиях. Межвузовский сборник. Волгоградский государственный педагогический институт, Волгоград: 3–10.
- Кубанцев Б.С. 1994. Антропогенный фактор – специфическая модификация движущей формы естественного отбора и его роль в микроэволюции животных. // Экологическая и морфологическая изменчивость животных под влиянием антропогенных факторов. Волгоград: Волгоградский государственный педагогический институт, с. 3–21.
- Кузичкин А.П. 1975. Влияние температуры на сезонную динамику численности и плодовитости

- Leptodora kindti* (Focke) (Cladocera) в районе подогретых вод Конаковской ГРЭС. *Гидробиологический журнал*, 11(2): 71–75.
- Кузьмина И.А., Кузнецова О.В., Асанова Т.А. 2011.** Гидрологическая, геохимическая и биоиндикационная характеристика озера Ильмень. *Известия Самарского научного центра РАН*, 13(1): 1438–1442.
- Макрушин А.В. 1974.** Применение гистологической методики в токсикологических исследованиях на дафниях. *Известия государственного научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства*, 98: 40–43.
- Макрушин А.В. 1998.** Опыт биоиндикации загрязнения пресных вод по результатам гистопатологического обследования печени моллюсков. *Биология внутренних вод*, № 3: 90–94.
- Макрушин А.В. 2003.** О нарушениях размножения *Leptodora kindti* (Cladocera, Crustacea) в Волге. *Гидробиологический журнал*, 39(2): 116–119.
- Макрушин А.В., Голубков С.М. 2010.** Гистопатологическое обследование Cladocera (Crustacea) из восточной части Финского залива. *Региональная экология*, №4(30): 36–39.
- Макрушин А.В., Голубков С.М., Асанова Т.А. 2012.** Гистопатологическое обследование печени Unionidae (Mollusca, Bivalvia) из Невской губы Финского залива. *Бюллетень Московского общества испытателей природы* Отдел биологический, 117(1): 77–80.
- Мордухай-Болтовская Э.Д. 1957.** О партеногенетическом размножении *Leptodora kindti* Focke и *Bythotrephes longimanus* Leydig. *Доклады АН СССР*, 112(6): 742–744.
- Пономаренко А.Г. 1993.** Основные события в эволюции биосферы. // Проблемы доантропогенной эволюции биосферы. Москва: Наука, с. 15–25.
- Раутиан А.С. 2003.** О началах теории эволюции многовидовых сообществ (филоценогенезе) и ее авторе. В кн. Жерихин В.В. Избранные труды по палеоэкологии и филоценогенетике. Товарищество научных изданий КМК, Москва: 1–12.
- Раутиан А.С., Жерихин В.В. 1997.** Модели филоценогенеза и уроки экологических кризисов прошлого. *Журнал общей биологии*, 58(4): 20–47.
- Ривьер И.К. 1971.** Материалы по размножению хищных Cladocera (*Leptodora kindti* и *Bythotrephes longimanus*) в Рыбинском водохранилище. *Труды Института биологии внутренних вод АН СССР*, Вып. 22(25): 105–112.
- Рожков Ю.И., Проняев А.В. 1991.** Микроэволюционный процесс. ЦНИЛ, Москва, 361 с.
- Саркисов Д.С. 1991.** О применении пластических масс в гистологической технике. Ленинград: Военно-морская медицинская академия, 16 с.
- Старобогатов Я.И. 1970.** Фауна моллюсков и зоогеографическое районирование континентальных водоемов. Ленинград: Наука, 371 с.
- Bogan A.E. 2008.** Global diversity of freshwater mussels in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 139–147. (цит. по: Pou-Rivira et al., 2009).
- Pautou M.-P., Rey D., Meyran J.-C. 2000.** Toxicity of vegetable tannins on Crustacea associated with alpine mosquito breeding sites. *Ecotoxicology and environmental safety*, 47(3): 323–332.
- Pou-Rovira Q., Araujo R., Boix D. et al. 2009.** Presence of the alien chinese mussel *Anodonta woodiana* (Lea, 1834) (Bivalvia, Unionidae) in the Iberian Peninsula. *Graellsia*, 65(1): 67–70.
- Rey D., Long A., Pautou M.P. et al. 2004.** Comparative histopathology of some Diptera and Crustacea of aquatic alpine ecosystems after treatment with *Bacillus thuringiensis* var. israelensis. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 88(3): 255–263.
- Weber E. 2005.** Population size and structure of the three mussel species (Bivalvia: Unionidae) in a northeastern German river with special regard to influences of environmental factors. *Hydrobiologia*, № 1–3: 169–183.