

**АДАПТИВНЫЕ РЕАКЦИИ ГИДРОБИОНТОВ
НА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫЕ ВЕЩЕСТВА
АНТРОПОГЕННОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Описаны реакции ряда групп гидробионтов на экзогенные биологически активные вещества (БАВ) антропогенного происхождения. Выявлено повреждающее воздействие антропогенных БАВ как на организменном, так и на экосистемном уровнях.

This article describes the response of hydrobionts to exogenous biologically active substances (BAS) of anthropogenic origin through the example of different taxa ranging from the Infusoria and Spongia to the Crustacea and confirms the harmful effect of anthropogenic pressure at the levels of a single organism and the whole ecosystem.

Ключевые слова: экзогенные биологически активные вещества, водные беспозвоночные, антропогенный пресс, адаптивные реакции.

Keywords: exogenous biologically active substances, water invertebrates, anthropogenic pressure, adaptive reactions.

Материал, изложенный в этой статье, базируется на многолетних исследованиях реакции водных беспозвоночных на экзогенные гормональные соединения и изменения химизма среды, включая увеличение концентрации загрязняющих веществ. Для рыбохозяйственных водоемов с различной степенью антропогенного воздействия приводимые ниже результаты могут иметь определенное значение при проведении экомониторинга.

Большинство изученных гидробионтов было собрано на реках Немонин и Преголя (в черте Калининграда). Инфузории и дафнии взяты из лабораторных культур.

Во всех экспериментах учитывали: выживаемость, пищевую и двигательную активность (ДА), особенности размножения и роста, изменчивость формы тела, наличие деструктивных процессов и особенности регенерации. Проводилась стандартная статистическая обработка результатов.

Показателями токсического воздействия на инфузорий является нарушение ДА ресничного аппарата. В среде с Na_2S (от 10 до 0,25 ПДК) время появления вращения изменялось от $2,1 \pm 0,3$ до $42,8 \pm 5,6$ минуты. Продолжительность вращения возрастает по мере уменьшения концентрации раствора (от $5,2 \pm 0,4$ до $30,3 \pm 3,8$ минуты). Время остановки вращения от начала эксперимента зависит от величины ПДК (10; 1,0; 0,5 и 0,25): $7,4 \pm 0,7$ – $76,1 \pm 8,3$ минут. Соответственно 100%-ный лизис инфузорий (в порядке уменьшения ПДК среды) наступает через $17,5 \pm 1,4$ – $79,3 \pm 4,2$ мин.

Сульфосоли натрия и тетрагидрат парамолибдата аммония (ТПА) нарушают работу выделительного аппарата инфузорий. В среде с Na_2S отекает одна из вакуолей и животное по форме напоминает электрическую лампочку. В среде с Na_2SO_4 с отеком обеих вакуолей инфузория похожа на гантели. В среде с ТПА инфузории становятся шарообразными. При 100 ПДК отек и гибель отмечены в 1–2-ю секунды; при 10 ПДК это время увеличивается до 30 секунд; при 1 ПДК – от 1,5 (Na_2S) до 25 минут в ТПА. В среде с 0,50 и 0,25 ПДК максимальное время выживания 50 % инфузорий 35–40 минут. С 72 и до 144 часов опыта скорость популяционного роста в эксперименте при 0,125 ПДК меньше контрольного значения в 1,3–2,9 раза. Различия возрастали по мере увеличения продолжительности опыта. В присутствии токсических соединений у инфузорий прекращается размножение. Наиболее токсична соль Na_2SO_4 , в среде с которой парамеции не воспроизвели даже первого поколения. В остальных средах практически исчезает третья, а в половине случаев и второе поколение.

Высокие концентрации Na_2S и Na_2SO_4 вызвали гибель гидр (100 %) в первые минуты опыта, с эффектом «коагуляции» белков. Гибель 50 % гидр при ПДК 0,5 произошла через 1,5–3,0-м суток. При ПДК 0,25 – к 6,5 суток; 100%-ный лизис наступил на 3–5-е и 16-е сутки соответственно. В среде с ТПА (1 ПДК) 50%-ная гибель отмечена в 1-е сутки, 100%-ная – к 11-м суткам. При добавлении гидрокортизона в среду с 0,5 ПДК Na_2S отмечены единичные случаи почкования на 3–4-е сутки опыта, увеличение на 3 суток времени до гибели 50 % гидр и продолжительности жизни оставшихся на 6 суток. В среде 0,25 ПДК влияние гормона увеличило время до гибели 50 % гидр на 9–13-е сутки. Первой реакцией гидр на воздействие был цикл спонтанных сжатий и расслаблений в течение 1–30 минут – в зависимости от соединения и его концентрации. Нарушалась и пищевая активность (неполное поедание пищи, «отказ» от нее). Внесение в среду гидрокортизона снимало нарушение пищевого процесса. В контроле у гидр восстановление орального и аборального регенерантов завершалось на 7-е сутки. Сульфосоли (0,5–0,25 ПДК) тормозили регенерацию, и к 7-м суткам были отмечены первые признаки лизиса.

Средний балл ДА планарий в разведениях стоков ЦБЗ и в наиболее загрязненных участках р. Преголи колебался от $0,84 \pm 0,14$ до $1,30 \pm 0,21$ балла. Гидрокортизон нормализовал среднюю активность планарий в этих

средах до $0,55 \pm 0,09 - 0,78 \pm 0,16$ балла (в контроле — $0,48 \pm 0,08 - 0,60 \pm 0,09$ балла). Одна ПДК ТПА ингибирует регенерацию головного и туловищного регенерантов. Гирокортизон активизирует этот процесс, особенно на стадии формирования центральной нервной системы и фоторецепторов. На 5-е сутки глаза были у 73 % особей в контроле, у 87 % — в среде с гидрокортизоном, 33 % — в среде с ТПА. Внесение гормона в среду с ТПА повысило процент особей с глазами до 53 %. Таким образом, гидрокортизон хотя и незначительно, но постоянно уменьшает отрицательный эффект ТПА [4].

Продолжительность жизни колоний мшанок контрольной и опытных групп при воздействии ТПА и Na_2SO_4 достоверно не различалась (3,3–3,6 месяца), но они погибли на месяц позже, чем в естественной среде. Масса колоний по мере их старения постоянно и равномерно снижалась. Достоверные различия ($P = 0,05$) в уменьшении массы колоний мшанок были выявлены только при одновременном воздействии различных сочетаний ТПА (1 ПДК) и Na_2SO_4 (0,20–0,08 ПДК). Размеры статобластов, сформированных в средах с Na_2SO_4 , ТПА и их сочетаниями, превосходили контрольные в 1,2–2,0 раза. Распределение массы в контроле равно $55,4 \text{ мг} \cdot 10^{-3} / \text{мм}^2$. В среде с ТПА этот показатель уменьшается до 29,2–2,2, в среде с Na_2SO_4 — до 6,1–2,0, а при комбинированном воздействии этих соединений — до 2,8–1,2 $\text{мг} \cdot 10^{-3} / \text{мм}^2$, т.е. при увеличении размера статобластов произошло значительное уменьшение их массы. Статобласты всех экспериментальных групп не имели внутри живых клеток.

При разведении 1:18 стоков Калининградского целлюлозно-бумажного комбината (ОО «Цепрус») в трех поколениях дафний выживаемость по сравнению с контролем снизилась на 22,5–33,1 %. При увеличении концентраций стоков и в средах с ТПА, Na_2S , ТПА + Na_2S замедлялся темп их роста, удлинялся период наступления половой зрелости, увеличивалось время между двумя выметами, возрастала в ряду поколений эмбриональная смертность.

У рыб Вислинского залива и реки Преголи обнаружены многочисленные паразитические организмы [1; 3], в том числе миксоспоридии с атипичными спорами и с неправильным расположением полярных капсул, иногда с отсутствием одной из них, искривлением створок, исчезновением амебويدного зародыша. У паразитических инфузорий, также как у парамеции, нарушается активность двигательного ресничного аппарата, а нарушение водного обмена приводит к их гибели. С загрязнением вод залива и реки, возможно, связано уменьшение видового состава и интенсивности инвазии рыб паразитическими инфузориями. На фоне общего обеднения видового состава паразитических инфузорий в реке и заливе и низкой экстенсивности инвазии хозяев *Trichodina urinaria* заражает окуня на 66 %.

Моногенеи — эктопаразиты рыб — испытывают влияние окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла. На развитие их яиц и онкомирацидии оказывают воздействие резкие смены температуры воды. Загрязняющие воду биологически активные вещества нарушают работу ресничного (онкомирацидии) и выделительного аппаратов моногеней, которые практически исчезают с плавников и поверхности тела рыб, локализуясь на жабрах.

Экзогенные соединения нарушают эмбриогенез моллюсков, формирование яйцевых мешков свободноживущих и паразитических копепод и влияют на развитие их личиночных стадий.

С 1952 по 2001 г. в Вислинском заливе [2], испытывающем антропогенный пресс, сократился видовой состав брюхоногих моллюсков с 22 до 5 видов, двустворчатых — с 16 до 5 видов. Также резко сократилось разнообразие донных ракообразных (с 26 до 18 видов), водных насекомых (с 22 до 2 видов), олигохет (с 20 до 11 видов). Это в свою очередь привело к уменьшению видов цестод, нематод, скребней, так как экзогенные соединения влияют не только на свободноживущие стадии паразитов рыб и эктопаразитов, но и — через промежуточных хозяев — на виды, имеющие их в своем жизненном цикле.

Подводя итог вышесказанному, отметим, что чувствительность к загрязнению представителей первых уровней гетеротрофов в пресноводных экосистемах находится на уровне 0,5–0,125 ПДК для водоемов рыбохозяйственного пользования, т.е. существенно выше, чем у стандартных тест-объектов, используемых для установления ПДК [5]. При этих же концентрациях отмечены морфофункциональные изменения инфузорий, гидр и мшанок, ингибирование у них полового и бесполого размножения, изменение поисковой активности паразитов рыб на разных стадиях развития.

Заключение

Представители низшего уровня гетеротрофов в водоемах испытывают негативное воздействие антропогенных биологически активных веществ, изученных в данном исследовании, в концентрациях, существенно меньших ПДК, для водоемов рыбохозяйственного пользования. Нарушение работы выделительного и пищеварительного аппаратов приводит к гибели животных. Угнетение митозов вызывает уменьшение численности (инфузории, гидры и др.). Ингибирование репродукции может стать причиной «выпадения» их из водных экосистем. Компенсаторная роль экзогенного гидрокортизона (в экспериментах) и отсутствие массовых видов гидробионтов свободноживущих (и паразитических) в особо загрязненных зонах водоемов свидетельствует о том, что эндогенные системы, обеспечивающие выживание и размножение животных, не в состоянии противостоять антропогенному прессу.

Список литературы

1. *Авдеева Е.В., Евдокимова Е.Б.* Результаты эколого-паразитологического исследования рыб некоторых водоемов Калининградской области // Современные проблемы паразитологии, зоологии и экологии. Материалы международных чтений, посвященных памяти и 85-летию со дня рождения С.С. Шульмана: сб. докл. Калининград, 2004. С. 188–201.
2. *Ежова Е.Е., Павленко М.В.* Новые данные по макробентосу Вислинского залива Балтийского моря // Состав и структура морского донного населения: сб. науч. тр. М., 2001. С.40–45.
3. *Заостровцева С.К.* Эколого-фаунистический анализ паразитофауны рыб Вислинского залива, рек Преголи и Прохладной: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Калининград, 2006.
4. *Никитина С.М.* Участие глюкокортикоидов в адаптации беспозвоночных гидробионтов к изменяющимся условиям среды // Современные проблемы физиологии и биохимии водных организмов: тез. докл. Междунар. конф. (6–9 сентября 2004 г., г. Петрозаводск). Петрозаводск, 2004. С. 102.
5. *Никитина С.М., Шеламкова Г.В.* Реакция гидробионтов разного таксономического уровня на изменение химизма среды // К 40-летию Калининградского отделения Гидробиологического общества РАН: сб. науч. тр. Калининград, 2005. С. 102–115.

Об авторах

С.М. Никитина — доктор биологических наук, профессор РГУ им. И. Канта.

Е.Б. Евдокимова — кандидат биологических наук, доцент КГТУ, e-mail: Swetmih@Gmail.com

Authors

Prof. S. Nikitina, IKSUR.

Dr. Ye. Yevdokimova, Associate Professor, Kaliningrad State Technical University, e-mail: Swetmih@Gmail.com