

EFFECT OF INDUSTRIAL ATMOSPHERE
POLLUTION ON ECOLOGOGENETIC
PARAMETERS OF DROSOPHILA AND
CLETHRIONOMYS GLAREOLUS
POPULATIONS

S. M. Okulova, R. A. Grinko,
T. B. Kalinnikova

Summary

The three year researches of *Clethrionomys glareolus* and *Drosophila melanogaster* populations are presented. The experiment was

pursued in Nizhnekamsk, the controlled region was situated in Sarali of the Volga—Kama zapovednic without atmosphere pollutions. There has been shown that the levels of pre-natal mortality and potential fecundity are arised in the Nizhnekamsk populations. The latter is thought to be the compensation mechanism which stabilizes the reproduction of population. There has been stown that the induced mutagenesis (dominant and recessive lethal mutations) in the populations of *Drosophila* which were exposed in Nizhnekamck.

ДК 504.53.054

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В КОМПОНЕНТАХ
ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ КУЙБЫШЕВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА

С. Р. Муратов, В. А. Бойко, Б. Р. Григорьян, И. И. Халиуллин

*Институт экологии природных систем (директор — канд. техн. наук
Р. А. Шагимарданов) АН РТ*

В последние пять лет объектом исследований стали экосистемы водохранилищ Среднего Поволжья. Водохранилища, создание которых особенно характерно для XX века, представляют особый интерес как в хозяйственном, так и в природоохранном отношении. Равнинные водохранилища, существующие за счет огромных водосборных территорий и искусственного регулирования стока, служат, с одной стороны, источником водоснабжения населения городов, предприятий промышленного и сельскохозяйственного производства, а с другой, являются, по существу, конечным звеном коллектора промышленных, сельскохозяйственных и бытовых отходов. Все это формирует особый статус окружающей среды в трансформированном интразональном ландшафте, где биологические системы, еще не завершившие перестройку своих структур после создания водохранилища, подвергаются одновременно и многоаспектному, все возрастающему воздействию возмущающих факторов антропогенного характера.

За 35 лет существования Куйбышевского водохранилища в его акватории выполнен значительный объем работ по гидрологии, гидрохимии, гидробиологии, посукцессионным процессам в фитоценозах побережий, островов и мелководий, по структурной организации гетеротрофов островных и прибрежных экосистем. Вместе с тем со-

держанию тяжелых металлов (ТМ) в компонентах водных и сухопутных экосистем Куйбышевского водохранилища посвящено ограниченное число работ, в частности в 1988 г. Институт водных проблем АН СССР провел исследования загрязнения каскада Волжских водохранилищ, в 1964—1987 гг. В. В. Батоян [2] — исследования микроэлементов в гидробионтах, водах и донных отложениях Куйбышевского водохранилища, в 1987—1989 гг. сотрудники Казанского университета [6] — летние экспедиционные обследования стокилометровой зоны вниз по течению от г. Казани. С 1989 г. на Куйбышевском водохранилище ведутся систематические исследования растворенных в воде фракций ТМ [3]. Тем не менее проблема содержания ТМ в водных экосистемах водохранилища остается в центре внимания ученых. Наиболее ценными являются научные изыскания, ориентированные на целостное изучение экосистемы.

Наши исследования велись на мелководьях устья рек Меши и Камы в течение 1988—1991 гг. Содержание ТМ изучали в следующих компонентах водной экосистемы: воде, донных отложениях, растительности, фито- и зоопланктоне, беспозвоночных, рыбах и земноводных. Пробы отбирали по общепринятым методам. Содержание ТМ определяли путем атомной абсорбции на ААС-3.

Пробы воды регулярно отбирали в поверхностном и придонном горизонтах. В каждой пробе оценивали концентрацию водорастворимых и взвешенных форм ТМ. Для разделения растворенных и взвешенных форм ТМ пробы речной воды фильтровали через мембранные фильтры с диаметром пор 0,45 мкм [5], затем в фильтрате определяли концентрацию водорастворимых форм ТМ, в осадке — взвешенных.

Валовое содержание ТМ в придонном и поверхностном слоях воды реки Мечи оказалось статистически неразличимым. Вместе с тем были выявлены некоторые особенности в распределении растворимых и взвешенных форм элементов в исследуемых горизонтах. Как в поверхностном, так и в придонном слоях взвешенные формы меди и никеля преобладают над водорастворимыми соответственно в 3 и 2,5 раза. Содержание взвешенных форм других металлов хотя и превышает в абсолютных значениях количество водорастворимых, однако эти различия статистически недостоверны. В отдельные сезоны концентрация некоторых элементов резко увеличивалась: например цинка — в зимний и кадия — в осенний периоды.

Представляет интерес динамика содержания ТМ в воде реки Мечи в связи с уровенным режимом Куйбышевского водохранилища. В 1988—1989 гг. наблюдался сравнительно низкий уровень воды. В 1988 г. уровень водохранилища варьировал в течение теплого периода года от 52,8 до 52,2 абс. м (нормальный подпорный уровень — 53,0 абс. м), а в 1989 г. — от 52,8 до 50,4 абс. м. 1990—1991 гг. характеризовались относительно высоким уровнем с максимальными отметками до 54,2 (1991) и 54,4 (1990) абс. м. Уровенный режим выше нормального держался в 1990 г. с апреля до середины августа, а в 1991 г. — с апреля по июнь.

Валовое содержание ТМ в воде в годы низкого уровня оказалось существенно выше, чем в годы высокого уровня. Отмечая наблюдаемое повышение ТМ, мы не можем исключить, что на повышение концентрации ТМ в воде в 1988—1989 гг. оказали прямое влияние и атмосферные осадки, содержание элементов в которых достоверно превышало их содержание в

осадках, выпавших за 1990—1991 гг. То, что атмосферные осадки играют далеко не последнюю роль в круговороте элементов в водных системах, подтверждают наши данные. За период исследований с атмосферными осадками (дождевыми и снеговыми) в водорастворимой форме поступило 4,7 мкг/л свинца, 3,3 мкг/л — меди, 31,9 мкг/л — никеля, 68,9 мкг/л — цинка, 22,4 мкг/л — марганца. Содержание водонерастворимых форм было существенно ниже и лишь для свинца составляло 3,4 мкг/л, что косвенно может свидетельствовать о преобладании техногенных источников поступления этого элемента в атмосферу. Концентрации металлов в снежных и дождевых осадках сильно варьируют, подчиняясь колебанию климатических и других природных и техногенных параметров в этом регионе.

При сравнении концентраций ТМ в воде рек Мечи и Камы было установлено, что в придонном и поверхностном слоях воды Камы, как и Мечи, взвешенные формы меди, никеля и марганца превосходят их водорастворимые формы в 4,5, 2,0 и 5,2 раза соответственно. Валовое же содержание ТМ в водах двух рек статистически не различается.

Изменения содержания ТМ в водах рек Мечи и Камы по сезонам года в общих чертах характеризуются некоторым повышением концентрации практически всех элементов в весеннем периоде, особенно во время паводка (май), последующим снижением концентрации элементов в летнем периоде (июль) и дальнейшим увеличением содержания ТМ в переходном осеннем периоде. Обращает на себя внимание поведение цинка в периоде паводка: в это время концентрация его водорастворимых форм превышает таковую водонерастворимых, что объясняется, очевидно, изменением рН воды в кислую сторону и обусловленной этим большей растворимостью цинка. Понижение же концентраций металлов в воде летом связано, в первую очередь, с их поглощением водной растительностью и водорослями [8].

При исследовании 48 видов сосудистых растений, широко распространенных по островам и мелководиям водохранилища, установлена выраженная индивидуальная и видовая специфика растительных организмов в накопле-

нии ТМ. Разброс концентраций варьировал по отдельным элементам от 3 до 22 раз. Выявлена тенденция к увеличению абсолютных показателей ТМ у видов травянистой, кустарниковой и древесной растительности водного и околоводного комплексов в сравнении с таковыми у видов сухопутного комплекса.

Исследования, проведенные в периоде репродукционной активности водорослей (июль — август), свидетельствуют о существенных отличиях общей массы неорганического вещества в пробах. Если во второй декаде июля общая масса неорганического вещества составляла в среднем 14,7%, то в первой декаде августа — 63,8%. Аналогично этому в первой декаде августа в фитопланктоне значительно возросло и содержание всех исследованных ТМ: меди — от 8,8 (в июле) до 122,3 мг/кг (в августе), цинка — от 31,4 до 144,1, марганца — от 26,8 до 42,5; свинца — от 2,0 до 14,9; никеля — от 74,4 до 248,8; кадмия — от 0,5 до 9,6 мкг/кг.

У обследованных 22 массовых на водохранилище видов членистоногих животных содержание ТМ варьировало в широких пределах. Так, в группе сухопутных фитофагов максимальная концентрация отдельных элементов превосходила минимальную в 2—30 раз, в группе сухопутных зоофагов — в 2—12 раз, водных зоофагов — в 25—1700 раз. Выявлено более высокое содержание ТМ на личиночных фазах развития (в 1,5—3,4 раза) сетчатокрылых, жесткокрылых и двукрылых, чем у взрослых особей. Сравнительно низкое содержание ТМ у взрослых особей насекомых-гидрофилов обусловлено активной эвакуацией избытка элементов с фекальными массами личинок, а также с личиночными шкурками в процессе метаморфоза.

Что касается группы гетеротрофов бентоса, то сравнительно высокое содержание отмечено у олигохет и личинок хирономид, питающихся органическим веществом донных отложений, а также у моллюсков-скарификаторов — прудовика обыкновенного, живородки речной, потребляющих мелкие водоросли. Меньшие концентрации ТМ характерны для бентосных форм, фильтрующих из водной среды взвешенный детрит (двустворчатые моллюски). По способности накапливать тяжелые металлы исследованные виды моллюсков распределяются следующим обра-

зом: прудовик обыкновенный > живородка речная > беззубка европейская > дрейссена обыкновенная > го-рошинка = вольвата.

В качестве тест-организмов на загрязнение водоемов ряд авторов [1, 7] предлагают использовать рыб. Данные В. В. Батояна [2] свидетельствуют, что содержание элементов в органах и тканях одного вида рыб может различаться более чем на порядок. На содержание ТМ нами обследовано 8 видов рыб, которые по типу питания объединены в четыре группы: бентофаги, планктонфаги, планктонобентофаги и ихтиофаги. При сравнении содержания ТМ в икре различных видов рыб, а также в мышцах и икре статистически достоверных отличий не установлено.

Значительные концентрации ТМ (в 3—100 раз превышающие содержание в икре и мышцах) обнаружены в содержимом желудка рыб и в их фекальных массах. С пищей рыбы потребляют значительное количество ТМ, однако активное удаление последних с фекальными массами избавляет организм от их избытка. Косвенным подтверждением этого является в несколько раз большее содержание всех металлов в личинках леща по сравнению с таковым у половозрелых особей. Недифференцированная система выделения на стадии личинки содействует накоплению ТМ в организме, что может быть и одним из факторов их гибели при избыточной концентрации ТМ в среде обитания.

У рассмотренных шести видов земноводных, обитающих на островах водохранилища, видовые и половые отличия по содержанию ТМ были невелики: от нескольких процентов до 2—3 раз. В икре земноводных содержание ТМ незначительно отличалось от их содержания в организмах сеголеток и взрослых особей, но у личинок установлены весьма высокие уровни практически всех исследованных элементов. По аналогии с личинками рыб у личинок земноводных в результате недифференцированной системы выделения эвакуация ТМ затруднена.

Стабильным накопителем ТМ в экосистеме является биокосный компонент — донные отложения: поступление ТМ осуществляется за счет осадения взвешенных форм как биогенного, так и абиогенного происхождения. Некоторые авторы [9] рассмат-

ривают донные отложения как депо и источник элементов-загрязнителей в процессах самоочищения.

Результаты наших исследований показывают, что в илах устьевых участков малых рек концентрация ТМ (за исключением цинка и меди) заметно превышала таковую на мелководьях: по марганцу в 1,7 раза, по свинцу в 1,5 раза, по никелю в 2,0 раза, по кадмию более чем в 5 раз. Это вполне естественно, так как водосборная территория малых рек, а также их долины, в значительной степени подвергнутые эрозионным процессам и антропогенному прессу, в настоящее время представляют собой, по существу, коллекторы отходов пормышленного и сельскохозяйственного производства. К этому следует добавить, что накоплению ТМ в илах устьев малых рек способствует превалирование взвешенных форм ТМ в водной среде и своеобразие гидрорежима этих участков акватории — слабая проточность, а периодами — и обратное течение в связи с нагоном водных масс с водохранилища.

Содержание меди в илах устья Меши составило в среднем $25,0 \pm 3,4$ мг/кг, цинка — $46,7 \pm 3,2$ мг/кг, марганца — $379,2 \pm 28,5$ мг/кг, свинца — $28,8 \pm 2,6$ мг/кг, никеля — $105,9 \pm 6,9$ мг/кг, кадмия — $3,4 \pm 1,12$ мг/кг.

Таким образом, в изучаемой мелководной экосистеме основным потенциальным аккумулятором ТМ является биокосный компонент. Биологические системы, формирующие автотрофный и гетеротрофный компоненты находятся в условиях относительного экологического оптимума.

ВЫВОДЫ

Концентрации ТМ в водной среде не превышают ПДК для водоемов хозяйственно-питьевого пользования. Для водоемов же рыбохозяйственного назначения содержания никеля, марганца, меди и цинка превышают нормативы в 2, 4, 5 и 1 раз соответственно.

В акватории Куйбышевского водо-

хранилища, в частности в атмосферных осадках, среднее содержание ТМ (никель, цинк) превышает аналогичные показатели в регионах мира, условно отнесенных к экологически «чистым», в 6—7 раз, в водной среде (цинк, никель, свинец, кадмий) — в 2—9 раз, в донных отложениях (никель) — в 7 раз, в рыбе (никель) — в 2—5 раз. В остальных компонентах мелководной экосистемы содержание ТМ соответствует их уровням в экологически «чистых» регионах планеты. Следовательно, обследованную экосистему в целом можно считать относительно благополучной.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрушайтис Г. П., Сейсула З. К., Куликова И. Р. Цинк, свинец, медь, марганец, кадмий и ртуть в гидробионтах Балтийского моря//Комплексный глобальный мониторинг состояния биосферы/Труды III Междунар. симпозиума.—Ташкент, 14—19 окт. 1985.—Л., 1986.—Т. 3.—С. 162—171.
2. Батоян В. В.//Гидробиологич. журнал.—1989.—№ 13с.—Деп. в ВИНТИ № 90—В89.
3. Выхристюк Л. А. Экологические исследования Волжского бассейна//Научно-информационный бюллетень.—Тольятти, 1991.
4. Глаголева М. А. Формы миграции элементов в речных водах.—М., 1959.
5. Демина Л. Л. Формы миграции тяжелых металлов в океане.—М., 1982.
6. Мингазова Н. М., Котов Ю. С. и др. Материалы VI съезда Всесоюзного гидробиологического общества.—Мурманск., 1991.
7. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния.—М., 1987.
8. Хрусталева М. А. Тяжелые металлы в окружающей среде.—М., 1980.
9. Kennedy V. C., Sebetich M. I.//Geolog. Sarveg Res.—Washington, D. C. 1976.—P. 208—209.

Поступила 22.11.93.

HEAVY METALS IN WATER ECOSYSTEMS COMPONENTS OF KUIBYSHEV RESERVOIR

S. R. Murotov, V. A. Boiko, B. R. Grigoryan, I. I. Khaliullin

Summary

Presented are the results of 4-years investigation in shallows of the rivers Mjoshka and Kama. The sources and distribution of heavy metals in water, bottom deposits, plants, fito- and zooplankton, invertabrates, fishes and amphibians are discussed.