

# БИОТОП И ДИЕТА ГИДРОБИОНТОВ, КАК ВАЖНЫЕ ФАКТОРЫ БИОАККУМУЛЯЦИИ РТУТИ

Пастухов М.В.

Институт геохимии им. А.П.Виноградова СО РАН, г. Иркутск,  
e-mail: mpast@igc.irk.ru

Байкал является древнейшим и глубочайшим озером планеты с эндемичным животным и растительным миром. Относительно простые трофические связи в пелагической пищевой цепи Байкала, а также относительное постоянство химического состава вод озера позволяют рассматривать этот водоём, как наглядную систему для изучения природных процессов миграции и биоаккумуляции химических элементов в незагрязнённой водной среде.

Ртуть обладает чрезвычайно широким спектром и разнообразием токсического воздействия на биоту и накапливается в пищевых цепях гидробионтов преимущественно в наиболее токсичной метилированной форме [Кузубова и др., 2000; Lucotte et al., 1999]. Главную роль в реакции образования метилртути (MeHg), протекающая даже при низких содержания металла, в природных условиях играют микроорганизмы [Silver, 1984]. Образованная биохимическим путем в воде и донных отложениях водоемов, метилртуть более интенсивно аккумулируется гидробионтами. При этом у метилртути наблюдается более высокая степень проникновения через биологические мембраны, по сравнению с неорганическими формами ртути [Methylmercury..., 1990], в результате своей липофильности и возможности образования связей с клеточными белками.

Ртуть способна биоаккумуляроваться по пищевым цепям водных экосистем. Концентрирование металла происходит в цепи: вода – донные отложения – биота (бентос, фито-, зоопланктон и др.) – рыбы – птицы и животные, питающиеся рыбой [Мур, Рамамурти, 1987]. Накопление ртути определяется не только скоростью прямых процессов аккумуляции металла конкретным трофическим уровнем, но и временными характеристиками естественных биологических процессов, т.е. совокупностью абиотических и биотических факторов среды, находящихся в постоянной взаимосвязи и существенно влияющих друг на друга. К биотическим факторам следует отнести – питание (трофический статус), экологические и морфо-биологические характеристики гидробионтов, к абиотическим – гидрохимические, физико-химические и гидрологические показатели окружающей среды.

Результатам исследований содержания и распределения ртути в абиотических и биотических компонентах пресноводных водоемов в последние два десятилетия посвящено большое количество публикаций. Однако, и в настоящее время многие проблемы, касающиеся биотических и абиотических факторов, влияющих на процессы миграции, аккумуляции и трансформации ртути в гидробионтах различных трофических уровней, остаются недостаточно изученными. Целью исследований являлось изучение влияния таких факторов, как биотоп обитания и пищевое поведение гидробионтов, на аккумуляцию и распределение ртути в оз. Байкал.

Для исследования факторов, влияющих на биоаккумуляцию ртути в экосистеме озера Байкал, было выбрано десять видов рыб. Байкальские рогатковидные пелагические рыбы включали большую голомянку (*Comephorus baicalensis*), малую голомянку (*C. dybowski*), длиннокрылую широколобку (*Cottocomephorus inermis*), желтокрылую широколобку (*C. grewingkii*), северобайкальскую желтокрылку (*C. alexandrae*). Глубоководные донные рыбы в работе представлены жирной широколобкой (*Batrachocottus nikolskii*), пестрокрылой широколобкой (*B. multiradiatus*), плоской широколобкой (*Limnocottus bergianus*), глубоководной широколобкой (*Asprocottus abyssalis*) и большой широколобкой (*Procottus major*).

Глубоководные рыбы, обитающие на дне озера, накапливают ртуть на порядок больше, чем пелагические (рис. 1). Такие значительные отличия обусловлены как разными концентрациями общей ртути в воде (0.00025 мкг/л) [Meuleman et al, 1995] и донных осадках

(0.04 мкг/г) [Leermakers et al., 1996], так и процессами метилирования ртути, преимущественно проходящих в анаэробных условиях на дне озера. В объектах питания пелагических рыб (зоопланктоне, пелагических амфиподах и молоди рыб) доля MeHg заметно ниже (от 16 до 37%), чем у аналогичных глубоководных донных обитателей (от 30 до 92%), что, несомненно, сказывается и на уровне аккумуляции MeHg рыбами из разных биотопов (рис. 1).

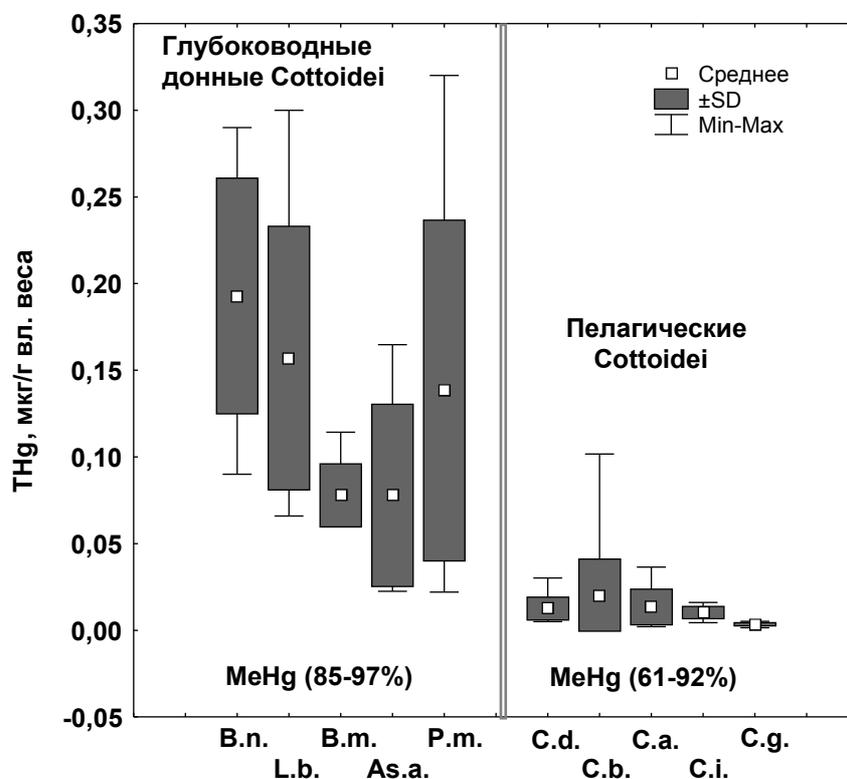


Рис. 1. Биоаккумуляция общей ртути (THg) байкальскими рогатковидными рыбами из различных биотопов. В.п. – *Batrachocottus nikolskii*, В.м. – *B. multiradiatus*, Л.б. – *Limnocottus bergianus*, А.а. – *Asprocottus abyssalis*, Р.м. – *Procottus major*, С.д. – *Comephorus dybowski*, С.б. – *C. baicalensis*, С.а. – *Cottocomephorus alexandrae*, С.и. – *C. inermis*, С.г. – *C. grewinkii*

Накопление ртути байкальскими амфиподами, занимающими различные экологические ниши, прежде всего, зависит от их диеты, а, следовательно, и от их трофического уровня [Perrot et al., 2012]. Так, например, представители рода *Ommatogammarus*, являясь облигатными некрофагами, питаются трупами погибших животных, преимущественно рыб, которые уже содержат высокие процентные концентрации MeHg (до 95 %), имеют самые высокие уровни биоаккумуляции ртути среди амфипод (рис. 2).

В то время, как в пелагических амфиподах *Macrohectopus branickii* обнаружены самые низкие уровни аккумуляции ртути (рис. 2), т.к. объектами питания этих ракообразных является фито- и зоопланктон, накапливающие ртуть в низких концентрациях и с малой долей MeHg (8 и 16 %, соответственно).

Таким образом, на примере эндемичных обитателей оз. Байкал – рогатковидных рыбах и амфиподах, показано, как кардинально отличающаяся среда обитания – открытые воды и дно озера, влияет на уровни накопления ртути гидробионтами в неподверженном техногенному воздействию водоеме. Проведенные исследования гидробионтов оз. Байкал выявили, что биотоп обитания и объекты их питания являются основополагающими факторами биоаккумуляции ртути.

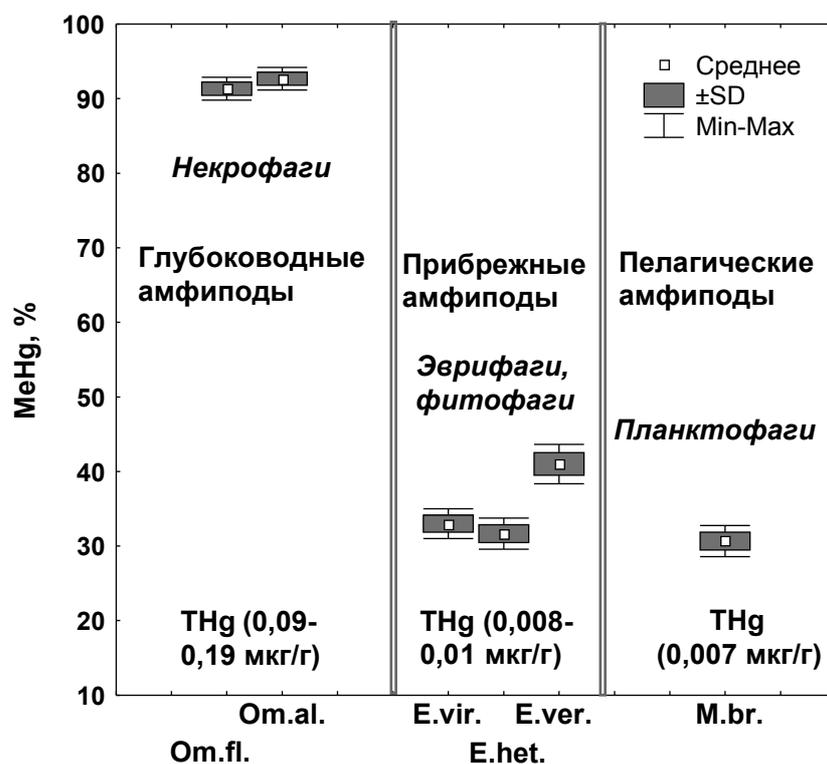


Рис. 2. Биоаккумуляция метилртути (MeHg) в байкальских амфиподах, занимающих различные экологические ниши. Om. fl. – *Ommatogammarus flavus*, Om.al. – *O. albinus*, E.vir. – *Eulimnogammarus viridis*, E.het. – *E. heterochirus*, E.ver. – *E. verrucosus*, M. br. – *Macrohectopus branickii*

### Литература

Кузубова Л.И., Шуваева О.В., Аношин Г.Н. Метилртуть в окружающей среде: распространение, образование в природе, методы определения. Аналитический обзор. – Новосибирск: Изд-во ГПНТБ СО РАН, 2000. – 82 с.

Мур Д.В., Рамамурти С. Тяжелые металлы в природных водах. Контроль и оценка влияния. – М.: Мир, 1987. – 288 с.

Leermakers M., Meuleman C., Baeyens W. Mercury Distribution and Fluxes in Lake Baikal // In: Baeyens W., Edinghaus R., Vasiliev O. (Eds). Global and Regional Mercury Cycles: Sources, Fluxes and Mass Balances. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. – Netherlands, 1996. P. 303-315.

Lucotte M., Schetagne R., Thérien N., Langlois C., Tremblay A. Mercury in the Biogeochemical Cycle // Natural Environments and Hydroelectric Reservoirs of Northern Québec. – Berlin Heidelberg: Springer-Verlag, 1999. – 334 p.

Methylmercury (Environmental health criteria, 101) / World Health Organization (WHO). – Geneva, 1990. – 145 p.

Meuleman C., Leermakers M, Baeyens W. Mercury speciation in Lake Baikal // Water, Air and Soil Pollution, 1995. V. 80. P. 539-551.

Perrot V., Pastukhov M.V., Epov V.N., Husted S., Donard O.F.X., Amouroux D. High mass-independent fractionation of Hg in the pelagic food web of Lake Baikal (Russia) // Environmental Science & Technology, 2012. V. 46. P. 5902-5911.

Silver S. Bacterial transformations of and resistances to heavy metals / Changing metal cycles and human health. – Rept. Dahlem Workshop, Berlin, 1983. – Springer, 1984. P. 199-223.