

# ЭЛЕМЕНТНЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ИМАГО ЭНДЕМИЧНЫХ РУЧЕЙНИКОВ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Бойко С.М., Рожкова Н.А., Куликова Н.Н., Сутурин А.Н., Тимошкин О.А.

Впервые методом ICP-MS изучен химический элементный состав самцов и самок эндемичного вида ручейников *Baicalina bellicosa* Mart. оз. Байкал. Установлено присутствие в теле имаго широкого круга элементов, причём в самцах в более высоких концентрациях, нежели в самках.

## ВВЕДЕНИЕ

Байкал уникальное олиготрофное озеро, с многообразной флорой и фауной с большим количеством эндемиков. Одной из доминирующих групп зообентоса каменистой литорали озера являются эндемичные виды ручейников, водные стадии которых (кладки, куколки, личинки) развиваются в течение 2-3 лет, а вылетевшие на сушу имаго живут лишь несколько дней [1]. В силу своей многочисленности и распространённости ручейники являются важным и необходимым звеном в цепи сложных биогеохимических процессов, протекающих в мелководной зоне оз. Байкал.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Материалом для исследования послужил эндемичный вид *Baicalina bellicosa* Mart., наиболее массовый в литорали оз. Байкал. Насекомых отлавливали в прибрежной зоне энтомологическим сачком в начале июня в период массового лёта. Пробы сушили до воздушно-сухого состояния при температуре +30 °С, затем истирали в агатовой ступке. Каждая растертая проба высушивалась до постоянного веса при температуре +105 °С, в течение 5-6 часов. Подготовку проб к анализу проводили методом кислотной минерализации в стаканах из фторопласта. Элементный состав проб определяли методом ICP-MS. Анализ выполняли на квадрупольном масс-спектрометре "PlasmaQuad" PQ2<sup>+</sup> (Thermo Elemental).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В химическом составе имаго ручейников *B. bellicosa* преобладают биофильные элементы P, S, B, Ca, Mg, Mn, Fe, Cu, Zn, K, Na и др. При одинаковых условиях обитания самцы обладают более высокими концентрациями большинства изученных элементов, нежели самки. Так, самцы обогащены Be, Na, Mg, Al, Si, K, Sc, Ti, V, Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Ga, Rb, Y, Zr, Mo, Nb, Cd, Cs, PЗЭ, Th, U, в самках, напротив, больше B, P, S, Ca, Mn, Zn, Se, Sr, Ag, Sb, Ba, Pb, Hf, W, Bi. Половые особенности накопления элементов в *B. bellicosa* наиболее четко проявлены для B, Si, Al, K, Ca, Fe, Sc, Ti, V, Se, Cr, Ga, Y, Nb, Cs, PЗЭ, Pb, Th, концентрации которых различаются в самцах и самках в 1.5-4.0 раза (табл. 1).

Таблица 1

Результаты количественного анализа методом ICP-MS имаго *B. bellicosa*, мкг/г сухой массы

Элемент	Содержание элементов		Отношение содержаний самцы/самки	Элемент	Содержание элементов		Отношение содержаний самцы/самки
	самки	самцы			самки	самцы	
Be	0.007	0.011	1.6	Mo	6.20	7.97	1.3
B	1.93	0.62	0.3	Ag	0.027	0.021	0.8
Na	3567	3901	1.1	Cd	0.086	0.089	1.03
Mg	1550	1643	1.1	Sn	0.040	0.039	1.0
Al	123.5	207.8	1.7	Sb	0.090	0.078	0.9
Si	268.3	414.3	1.5	Cs	0.009	0.017	1.9
P	8610	8436	0.98	Ba	45.50	39.37	0.86
S	8235	7939	0.96	La	0.22	0.43	2.0
K	7444	9656	1.31	Ce	0.40	1.32	3.3
Ca	2865	2117	0.74	Pr	0.054	0.137	2.5
Sc	0.005	0.012	2.4	Nd	0.207	0.591	2.8
Ti	12.08	29.93	2.5	Sm	0.049	0.151	3.1
V	0.38	0.78	2.1	Eu	0.027	0.034	1.3
Cr	0.22	0.37	1.7	Tb	0.013	0.042	3.2
Mn	209.2	170.4	0.84	Gd	0.084	0.235	2.8
Fe	370.4	541.2	1.46	Dy	0.074	0.251	3.4

Co	0.25	0.30	1.21	Ho	0.011	0.037	3.4
Ni	1.66	1.99	1.2	Er	0.026	0.090	3.5
Cu	20.39	21.88	1.1	Tm	0.003	0.012	4.0
Zn	76.69	63.05	0.8	Yb	0.022	0.073	3.3
Ga	0.13	0.19	1.5	Lu	0.003	0.010	3.3
Se	4.50	2.23	0.5	Hf	0.914	0.779	0.8
Rb	1.45	1.76	1.2	W	0.365	0.340	0.9
Sr	21.98	16.08	0.7	Pb	3.63	1.29	0.35
Y	0.22	0.70	3.2	Bi	0.024	0.021	0.9
Zr	0.46	0.47	1.02	Th	0.058	0.103	1.8
Nb	0.053	0.115	2.2	U	0.138	0.142	1.03

Перечисленные элементы в основном относятся к оксифильным (за исключением Pb и Se). Причины таких различий, видимо, определяются их ролью в биологических процессах, протекающих в имаго, как и в других организмах, перестройкой обмена веществ [2].

В изученных имаго, как в самцах, так и в самках, намечаются ассоциации элементов, аналогичные тем, что установлены в классической геохимии. Для самцов характерны: элементы группы железа – Fe, Ni, Co, Cr, V, примыкающие к ним переходные металлы – Ti, Zr, Sc, а также Cu и Mo; оксифильные – Si, Al, Ba, Ga, в том числе щелочные – K, Na, Rb, Cs; радиоактивные – U и Th, РЗЭ и Y. В самках можно выделить, в первую очередь, группу ярко выраженных биофилов – В, Р и S, и примыкающую к ним халькофильную ассоциацию – Zn, Pb, Sb, Bi, Ag; щелочно-земельную группу – Ca, Sr, Ba.

Контрастность химического состава самцов и самок еще в большей мере проявляется при сравнении отношений в них геохимически родственных элементов. Как следует из данных табл. 2, самцы обогащены: К по сравнению с Na и Rb; Ba по сравнению со Sr и Pb; Mg по сравнению с Ca и Zn; Fe по сравнению с Mn, Ni, Co; Ti по сравнению с Zr, Se, V, Fe; тяжелыми РЗЭ по сравнению с легкими. В самках больше Mn по сравнению с Fe, Mo, Ba, Rb, Co, Cu; Zn по сравнению с Cd, Cu, Mo; S по сравнению с Se; Ca по сравнению с Mg, Na, Mn; U по сравнению с Th; Zr по сравнению со Sc; Pb по сравнению с Ag и Zn; Sc по сравнению с Y. Одновременно с этим следует отметить, что отношения геохимических пар элементов Na:Mg, Si:Al, S:P, Ca:Sr, Ni:Co, Sb:Bi, Zr:Hf, Mn:Zn одинаковы и для самцов, и для самок.

Таблица 2

Индикаторные отношения элементов в разнополых особях имаго *B. bellicosa*

Отношения	Самцы	Самки	Отношения	Самцы	Самки
K:Na	2.47	2.09	Ti:V	38.4	32.2
K:Rb	50483	5130	Ti:Zr	63.7	26.4
Rb:Cs	103	157	Ti:Sc	245	222
Sr:Rb	9.10	15.2	Sc:Y	0.17	0.25
Ca:Mg	1.29	1.85	Ba:Pb	30.6	12.5
Ca:Mn	12.4	13.7	Ba:Sr	2.40	2.07
Ca:Sr	132	130	Zn:Mo	7.90	12.4
Ca:Na	0.54	0.81	Zn:Pb	49.2	21.1
Si:Al	2.00	2.17	Zn:Cu	2.88	3.76
P:S	1.06	1.05	Zn:Cd	716	892
S:Se	1828	3565	Pb:Ag	62.0	132
Fe:Mn	3.17	1.77	Ba:Mo	4.90	7.30
Fe:Ti	18.1	30.6	Sb:Bi	3.71	3.75
Fe:V	694	1000	U:Th	1.40	2.40
Fe:Ni	273	223	Nd:Sm	3.90	4.20
Fe:Cr	1463	1684	La:Yb	5.90	9.90
Fe:Co	1804	1482	Zr:Hf	0.60	0.50
Ni:Co	6.60	6.7	Mn:Rb	96.8	144
Cr:V	0.47	0.58	Mn:Zn	2.70	2.73
Na:Mg	2.37	2.30	Mn:Sr	10.6	9.52
Mg:Zn	26.1	20.2	Mn:Co	564	844
Al:Ga	1093	935	Mn:Ba	4.33	4.60
Mo:W	23.4	17.0	Mn:Cu	7.80	10.3
Mn:Mo	21.4	33.7			

Более низкий уровень содержания металлов в теле самок *B. bellicosa*, по-видимому, свидетельствует о наличии биологического барьера, защищающего организм от вредного воздействия находящихся во внешней среде металлов. Самцы *B. bellicosa*, накапливающие в своем теле повышенные количества элементов, являются, по существу, эволюционным авангардом, на котором в природе осуществляется адаптация вида к изменяющимся биогеохимическим условиям среды обитания [3].

В общем виде можно рассматривать половые различия в содержании элементов в ручейниках *B. bellicosa* как стремление к максимальному сохранению выживаемости вида, что согласуется с высказыванием В.И. Вернадского [4]: « При эволюции видов выживают те организмы, которые своей жизнью увеличивают биогенную миграцию элементов».

### Благодарности

Работа выполнена в рамках тем «Исследование биогеохимических процессов в литорали Байкала: биоразнообразие бентоса, приуроченность гидробионтов к минералам, механизмы биодеструкции, ключевые бентосные сообщества и их взаимодействие со средой обитания» № 24.2.4; «Влияние ландшафтно-экологических факторов на формирование биоразнообразия, уникальных сообществ и процессы видообразования в мелководной зоне Байкала» и частично поддержана программой РАН № 11.14 «Биоразнообразие и динамика генофондов...» (рук. О.А. Тимошкин). Авторы признательны В.И. Ложкину, Н.Н. Пахомовой, Е.В. Смирновой сотрудникам Института геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН за выполнение анализов.

### Литература

1. *Blokhina A.V., Rozhkova N.A., Timoshkin O.A.* Phenological peculiarities and evolution of *Baicalina bellicosa* Mart. (Trichoptera, Apataniidae) - an endemic species of Lake Baikal // *Hydrobiologia*, Springer Netherlands. 2006. V. 568, № 1. P.103-106.
2. *Ковальский В.В.* Геохимическая экология. М.: Наука. 1974. 299 с.
3. *Жулидов А.В., Емец В.М.* О половых различиях в накоплении тяжёлых металлов у водных жуков // *Журнал общей биологии*. 1981. Т. 42, № 4. С.583-585.
4. *Вернадский В.И.* Биогеохимические очерки (1922-1932гг.). М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1940. 250 с.

### THE ELEMENTAL COMPOSITION OF ENDEMIC CADDIS FLIES IMAGO IN LAKE BAIKAL

*Bioko S.M., Rozhkova N.A., Kulikova N.N., Sutturin A.N., Timoshkin O.A.*

The first data are presented on the elemental composition of the endemic caddis flies *Baicalina bellicosa* Mart imago in Lake Baikal. A wide range of the elements was found in the imago bodies. At this, males were characterized by higher concentrations compared to those of females.