

УДК 556.11:639.3

Канд. геогр. наук Т.Я. Лопарева *
Н.Н. Садырбаева *
О.А. Шарипова *
А.С. Мукашева *

**НАКОПЛЕНИЕ ТОКСИКАНТОВ В ПЛАНКТОННЫХ
БЕСПОЗВОНОЧНЫХ И ИХ ТРАНСФОРМАЦИЯ В ЭКОСИСТЕМЕ
ОЗЕРА БАЛХАШ**

*ЭКОСИСТЕМА, ЗООПЛАНКТОН, ТРАНСФОРМАЦИЯ, АК-
КУМУЛЯЦИЯ, МИКРОЭЛЕМЕНТЫ, БИОМАССА, ВАЛОВАЯ
ПРОДУКЦИЯ*

В результате обобщения данных за многолетний период, определены некоторые закономерности аккумуляции зоопланктоном микроэлементов и пути их трансформации в экосистеме водоема. Из общего количества аккумулируемых зоопланктоном токси- кантов (10921,0 т), утилизируется с пищей молодью рыб 2528,7 т, потребляется хищными формами планктона и бентоса 2297,1 т, поступает в ионно-растворимой форме в водную среду 1705,2 т, осаждается с органикой в виде нерастворимых соединений на дон- ный субстрат 4390,0 т.

Озеро Балхаш расположено в районе крупнейших месторождений полиметаллических руд, что определяет повышенный естественный фон содержания микроэлементов в различных звеньях экосистемы. Выбросы и стоки промышленных предприятий создают жесткий антропогенный пресс, изменяя естественный баланс водного объекта, что может привести к нарушению биологического равновесия биоты. Поступая в биосферу, микроэлементы активно включаются в миграционные циклы, аккумули- руются в различных составляющих трофической цепи водоема, в том чис- ле и в гидробионтах. В связи с этим вопросы изучения накопления и ми- грации токси- кантов в водных организмах озера являются актуальными в современных условиях.

* Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, г. Балхаш

В статье, на основе многолетней базы данных, представлена комплексная оценка количественного развития зоопланктонных сообществ, биомассы и валовой продукции, а также биокумуляция микроэлементов и их дальнейшая трансформация в биоте оз. Балхаш. Для сравнения полученных результатов в статье использованы опубликованные литературные сведения ряда авторов по данной тематике [1, 2, 6, 7].

Цель настоящей работы заключается в анализе динамики биокумуляции планктонными беспозвоночными микроэлементами и распределение их в экосистеме озера. Особое внимание уделено изучению механизма и характера биохимических циклов минерального обмена в биогеохимической пищевой цепи – водная среда – первичная продукция – зоопланктон – зообентос – рыбы – донные отложения.

Зоопланктон оз. Балхаш является важной частью кормовой базы, составляя основу пищевого рациона молоди рыб и частично отдельных форм бентосных организмов.

Зоопланктон водоема представлен тремя основными группами – коловратками, ветвистоусыми и веслоногими ракообразными. Видовое разнообразие не остается постоянным и меняется в пределах 40...218 таксонов.

Многолетние исследования свидетельствуют, что количественные показатели и видовой состав водных сообществ оз. Балхаш подвержены значительным межгодовым и сезонным флуктуациям в зависимости от изменения комплекса природных и антропогенных факторов [3, 4, 5].

За период 2011...2014 гг. в зоопланктоне озера было выявлено 88 таксонов, из них 58 коловраток, 12 ветвистоусых и 16 веслоногих. Основной комплекс зоопланктона Западного Балхаша состоял из 72 таксонов, Восточного – из 56 видов. Основу численности и биомассы оз. Балхаш создавали ракообразные – по численности доминировали веслоногие (70,8 %), а по биомассе – ветвистоусые (52,4 %)

В исследуемый период численность зоопланктона и показатели биомассы варьировали в пределах 41,6...125,0 тыс. экз./м³ и 1,06...3,82 г/м³. Биопродуктивность водоема, как в целом, так и по западной и восточной частям изменялась от α -мезотрофного типа умеренного класса до β -мезотрофного среднего класса.

Средние показатели биомассы зоопланктона по озеру в 2014 г. (2,382 г/м³) соответствуют мезотрофному типу водоема со средним классом кормности.

В процессе жизненного цикла планктонные организмы способны аккумулировать широкий спектр микроэлементов. Благодаря своей биомиграционной активности, микроэлементы играют важную физиологическую роль в жизнедеятельности водных организмов, оказывая существенное влияние на процессы фотосинтеза, дыхания, выступают в качестве катализаторов окислительно-восстановительных процессов и стимуляторов роста. Однако при токсикологическом загрязнении среды обитания, в гидробионтах регистрируется значительное накопление поллютантов, вызывающее нарушение важных жизненных функций, приводящих к сокращению видового состава и снижению продуцируемой массы.

Анализ многолетних исследований показал, что накопление токсиантов в зоопланктоне западной и восточной акватории озера происходит практически идентично (табл. 1).

Таблица 1

Содержание микроэлементов в зоопланктоне оз. Балхаш, мг/кг сырой массы (среднемноголетние значения)

Микроэлемент	Западный Балхаш	Восточный Балхаш	Среднее значение
Медь	8,30	8,22	8,26
Цинк	10,12	9,48	9,80
Свинец	8,53	8,60	8,56
Марганец	10,96	9,94	10,45
Хром	1,01	0,98	1,00
Никель	0,60	0,59	0,60
Кадмий	0,31	0,30	0,30
Мышьяк	0,26	0,26	0,26
Суммарное содержание	40,09	38,37	39,23

Из экологического спектра микроэлементов к приоритетным накопителям относятся: марганец – 8,71...14,0 мг/кг, цинк – 8,10...12,73 мг/кг, свинец и медь – 5,29...12,9 мг/кг. Концентрация хрома, никеля, кадмия и мышьяка колеблется в пределах 0,15...1,62 мг/кг, что на порядок ниже аналогичных показателей для ранее рассмотренных элементов. Межгодовая вариабельность их незначительна. Ряд накопительной способности микроэлементов планктонными сообществами выглядит следующим образом: $Mn > Zn > Pb > Cu > Cr > Ni > Cd > As$.

Для определения степени биокумуляции микроэлементов зоопланктоном и дальнейшей миграции поллютантов в экосистеме озера, на основе биомассы, выполнены расчеты валовой продукции. По многолет-

ним показателям в Западном Балхаше продукция варьировала в интервале 194,6...659,9 тыс. т, в Восточном Балхаше – 123,5...844,7 тыс. т, при средних значениях 384,5 и 364,1 тыс. т соответственно (табл. 2).

При отсутствии в оз. Балхаш рыб-планктофагов, часть созданной зоопланктоном валовой продукции потребляется в пищу молодью рыб, в количестве 18,8 % в Западном Балхаше и 27,4 % в Восточном, также выедается хищными формами планктонных и бентосных организмов в пределах 20,7 % и 21,4 % соответственно.

Таблица 2

Показатели биомассы, валовой продукции зоопланктона и ее распределение в экосистеме (среднегодулетние значения)

Показатель	Западный Балхаш	Восточный Балхаш	Суммарное содержание
Биомасса, г/м ³	2,431	2,313	-
Валовая продукция, тыс. т	384,5	364,1	748,6
Продукция, потребляемая молодью рыб, тыс. т	72,29	99,76	172,05
Продукция, потребляемая хищными формами планктона и бентоса, тыс. т	79,59	77,77	157,36
Остаточная продукция, тыс. т	232,62	186,57	419,19

Опытным путем установлено, что остаточная величина продуцируемой массы планктона 419,2 тыс. т при отмирании разлагается на растворимые органические вещества в количестве 107,3 тыс. т, поступающие в водную среду, и нерастворимые соединения в сумме 311,9 тыс. т, оседающие на донный субстрат. Оседающие компоненты частично используются в процессе жизнедеятельности бентосными организмами, оставшаяся масса, в результате деструкции, образует сложные комплексы химических соединений.

Исследования показали, что в процессе жизненного цикла зоопланктонные организмы, при биомассе 2,43 г/м³ в Западном Балхаше и 2,31 г/м³ в Восточном, создают валовую продукцию, в которой аккумулируется 5391,9 т и 5529,1 т микроэлементов соответственно.

В состав доминантного комплекса токсикантов в биомассе зоопланктона входят марганец, цинк, свинец и медь, на долю которых приходится от 21 до 27 % общего содержания исследуемых микроэлементов, что в количественном выражении характеризуется значениями 2304,6...2915,6 т. Остальные элементы представлены величинами: хром – 279,0 т, никель – 167,4 т; кадмий – 83,7 т, мышьяк – 72,5 т, которые сум-

марно составляют 5,6 % аккумулируемой массы. Процентное соотношение отдельных количественных показателей компонентов отражает рисунок.

Нормальное функционирование планктонных сообществ предполагает определенный баланс процессов поглощения и выделения, заключающийся в ассимиляции и миграции поллютантов (табл. 3).

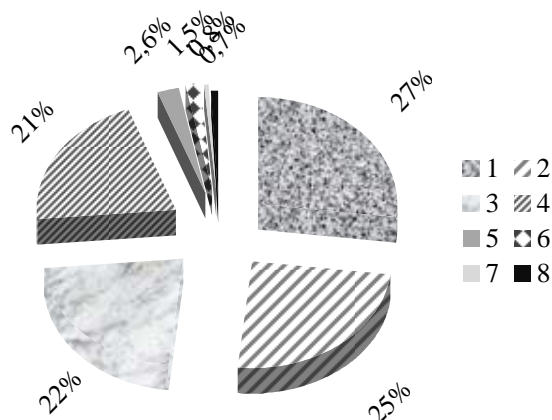


Рис. Процентное соотношение микроэлементов в зоопланктоне оз. Балхаш. 1 – марганец, 2 – цинк, 3 – свинец, 4 – медь, 5 – хром, 6 – никель, 7 – кадмий, 8 – мышьяк.

Из общей массы накопленных токсикантов в количестве 10921,0 т расходуется с кормом для молоди рыб 23,2 %, с пищей для хищных потребителей зоо- и бентофауны – 21,0 % . В ионно-растворимой форме в водную среду переходит 15,6 % и 40,2 % в виде нерастворимых соединений трансформируется в донный субстрат.

Таблица 3

Трансформация суммарного количества микроэлементов, аккумулируемого зоопланктоном, в экосистеме оз. Балхаш

Показатель	Западный Балхаш	Восточный Балхаш	Всего по озеру
Суммарное содержание в зоопланктоне, т	5391,9	5529,1	10921,0
Количество, потребляемое молодью рыб с пищей, т	1013,7	1515,0	2528,7
Количество, потребляемое хищными формами планктона и бентоса, т	1116,1	1181,0	2297,1
Количество, поступающее в воду в ионно-растворимой форме, т	835,1	870,1	1705,2
Количество, осаждаемое на донный субстрат в нерастворимой форме, т	2427,0	1963,0	4390,0

В табл. 4 представлены количественные показатели миграционного распределения отдельных компонентов, накопленных биомассой зоопланктона.

Таблица 4
Распределение отдельных микроэлементов, накопленных зоопланктоном в экосистеме оз. Балхаш

Токсикант	Количество, потребляемое, т		Поступление в водную среду, т	Осаждение на донный субстрат, т
	молодь рыб	гидробионтами-хищниками		
Марганец	673,5	612,3	454,8	1172,1
Цинк	631,6	574,2	426,6	1099,2
Свинец	552,0	501,5	372,6	960,1
Медь	532,0	484,0	359,5	926,4
Хром	64,4	58,6	43,5	112,2
Никель	38,7	35,1	26,1	67,3
Кадмий	19,3	17,6	13,1	33,6
Мышьяк	16,7	15,2	11,3	29,1

Резюмируя вышеизложенное, правомерно констатировать, что из общего количества аккумулируемых зоопланктоном токсикантов (10921,0 т), утилизируется с пищей молодь рыб 2528,7 т, потребляется хищными формами планктона и бентоса 2297,1 т, поступает в ионно-растворимой форме в водную среду 1705,2 т, осаждается с органикой в виде нерастворимых соединений на донный субстрат 4390,0 т. В пересчете на объем водной массы озера, при среднегодовом показателе 117,625 км³, дополнительно, в результате жизнедеятельности зоопланктона, в водную среду поступает 0,014 г/м³ поллютантов. С учетом площади озера (19,6 тыс. км²) в донные отложения на каждый квадратный метр осаждается 0,224 г загрязняющих веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асылбекова С.Ж., Лопарева Т.Я., Воробьева Н.Б., Анурьева А.Н., Садырбаева Н.Н. Влияние техногенного загрязнения на эколого-биологическое состояние озера Балхаш // Науч. труды ЮКГУ (Южно-Казахстанский Государственный университет) им. М. Ауэзова. – 2010. – №3(21) – С. 20-26.
2. Крупа Е.Г., Струге Т.С., Лопарева Т.Я., Шаухарбаева Д.С. Распределение планктонных ракообразных озера Балхаш в зависимости от факторов среды // Биология внутренних вод. – 2008. – №2. – С. 49-56.

