

УДК 556.574.550.4

А.С. Мукашева \*

Канд. геогр. наук Т.Я. Лопарева \*

**ОЦЕНКА УРОВНЯ БИОНАКОПЛЕНИЯ ТОКСИКАНТОВ В  
ГИДРОБИОНТАХ ОЗЕРА БАЛХАШ.****Сообщение 3. Водная растительность и ее роль в седиментации и  
транзите тяжелых металлов из воды в донные отложения***НАКОПИТЕЛЬНАЯ СПОСОБНОСТЬ, МАКРОФИТЫ, ФИТО-  
ПЛАНКТОН, ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ, ЗАГРЯЗНЕНИЕ, ДИНАМИКА,  
БИОМАССА*

*В статье представлен анализ степени накопления тяжелых металлов водной растительностью: фитопланктоном и макрофитами. Изучена многолетняя динамика аккумуляции тяжелых металлов растениями в экосистеме озера Балхаш. Определены некоторые закономерности в распределении тяжелых металлов в растениях, в зависимости от антропогенного загрязнения водоема.*

Изучение содержания и динамики тяжелых металлов в экосистеме оз. Балхаш является одной из актуальнейших проблем в связи с существующим техногенным прессом на водоем. Данная статья посвящена накоплению тяжелых металлов в фитопланктоне и макрофитах оз. Балхаш. Материал, представленный в обобщающем виде, является результатом наших исследований в 2001...2011 гг. Для характеристики многолетней динамики бионакопления микроэлементов использованы фондовые материалы исследований в 1992...1994 гг.

В биологической продуктивности водоемов большую роль играют водоросли и высшие водные макрофиты. Они, как создатели первичной продукции водоемов, способствуют повышению продуктивности других трофических цепей водной экосистемы. Водными макрофитами питаются свыше 500 видов водных животных. Фитомасса в пищевом рационе многих рыб составляет 40...100 % (каarp, белый амур, толстолобик) [7].

---

\* Балхашский филиал ТОО КазНИИ рыбного хозяйства, г. Балхаш

Растения, также участвуют в равновесных процессах перераспределения тяжелых металлов в системе [6]. Фитопланктон и макрофиты способны накапливать в своем составе широкий спектр микроэлементов, переводя их растворимые формы в труднорастворимую, выпадающую на поверхности растений, а затем с частями отмерших растений и на дно водоема [3].

Фитопланктон, являясь первым звеном трофической цепи и одним из основных продуцентов органического вещества в водоеме, непосредственно определяет структуру функционирования водных экосистем. Загрязняющие вещества ассимилируются водорослями, что предопределяет их роль в процессах самоочищения и оценке состояния водоема [4].

В крупных формах фитопланктона, представленных сине-зелеными и диатомовыми водорослями, активно накапливается марганец в концентрациях 133...463 мг/кг, с коэффициентами накопления 31...112. В меньших концентрациях – от 3,3 до 45 мг/кг кумулируются медь, цинк, свинец, с коэффициентами накопления в пределах 13...65. В небольших количествах 0,40...2,40 мг/кг содержится никель и кадмий, мышьяк обнаружен в количестве 0,17...0,20 мг/кг. Исследования, выполненные в 1992...1994 гг., также регистрировали значительное накопление марганца до 449 мг/кг, в меньших количествах присутствовали медь, цинк, никель свинец, в пределах 11,2...16,8 мг/кг, с коэффициентами накопления никеля и марганца в пределах 101...105, меди, свинца и цинка до – 51,4. Как показали анализы, заметных изменений в кумуляции тяжелых металлов фитопланктоном в многолетнем аспекте не выявлено.

Динамика распределения водорослей по акватории озера имеет неравномерный характер, что обусловлено различной минерализацией воды западной и восточной частей, содержанием биогенов, термическим режимом, а также изменениями величины прозрачности с запада на восток. Антропогенные факторы, воздействуя на водоем, образуют зоны загрязнения, где нарушаются естественные гидрохимические и гидробиологические процессы. По данным исследований Л.П. Пономаревой [1], в зоне сильного загрязнения экосистемы тяжелыми металлами, включающей бухту Бертис и залив Торангалык, видовой состав водорослей немногочислен и представлен 5...10 видами. Биомасса фитопланктона в этих заливах невысокая и составляет 0,2...0,3 г/м<sup>3</sup>. На акватории не загрязненной воздушными выбросами биомасса фитопланктона значительно выше и составляет 1,4...1,7 г/м<sup>3</sup>, видовой состав фитопланктона более разнообразен.

Виды фитопланктона – индикаторы загрязнения в Западном Балхаше составляют 34 % от общего количества, в Восточном – 39 %. В заливах, подверженных техногенному воздействию (б. Бертыс и залив Торангалык), количество видов-показателей загрязнения составляет 90 % от их общего количества. Анализ многолетних исследований свидетельствует, что техногенное загрязнение отдельных заливов приводит к обеднению видового состава и снижению показателей биомассы фитопланктона, что в конечном итоге способствует снижению рыбопродуктивности данных участков.

Значительную роль в очищении воды от тяжелых металлов выполняют макрофиты. Макрофиты занимают важную экологическую нишу: это и среда обитания для многих животных, и пища для них, и место нагула рыб. Их прибрежные заросли создают благоприятные условия для осаждения взвешенных веществ, часть седиментов, скапливаясь на поверхности растений, образуют органо-минеральные комплексы, которые затем поступают в донные отложения. Другая часть подвергается деструкции водными организмами. Однако, в связи с вышеперечисленными положительными свойствами, растения накапливают в себе токсиканты и при отмирании вторично способны загрязнять водную среду и донные отложения.

Нами были обследованы растения из всех районов озера. Воздушно-водные представлены тростником, рогозом, камышом; погруженные – водной сосенкой, роголистником, нитчаткой; плавающие – рдестом, ряской.

Все представленные растения накапливают тяжелые металлы примерно в одинаковых соотношениях. Уровень накопления меди находится в пределах от 5,78 мг/кг до 9,03 мг/кг, цинка от 11,08 мг/кг до 22,06 мг/кг, свинца от 0,92 мг/кг до 2,29 мг/кг, кадмия от 0,08 до 0,18 мг/кг, никеля от 0,90 до 2,65 мг/кг. Анализы показали, что больше всего в растениях содержится цинка – более 50 %, медь составляет 22...29 %, свинец и никель находятся примерно в одинаковых соотношениях (4...5 %). Содержание кадмия составляет минимальный процент – 0,4...0,5.

Среди макрофитов приоритетными накопителями тяжелых металлов являются погруженные растения топняк (хара) и нитчатка. Концентрация меди в отдельных экземплярах может достигать до 37...94 мг/кг, цинка – до 48...54 мг/кг, свинца – до 23 мг/кг, кадмия – до 1,3, что в 1,2...1,5 раза выше, чем в плавающих растениях и в 1,7...2,4 раза, чем в воздушно-водных. Из плавающих доминирует по накоплению цинка и меди – ряска; из погруженных больше накапливают свинца, меди и цинка харовые водоросли; нитчатка больше кумулирует цинк; из воздушно-

водных растений менее загрязнен камыш. Содержание мышьяка в макрофитах невысокое 0,10...0,15 мг/кг, для сравнения в Европейской части СССР он был обнаружен в количестве 0,15...0,40 мг/кг, а в Азиатской части в пределах 0,26...1,4 мг/кг [2].

Установлено, что водная растительность оз. Балхаш аккумулирует металлы в следующей последовательности:  $Zn > Cu > Ni > Pb > Cd > As$ . С.М. Романовой представлена несколько иная последовательность расположения металлов в растениях  $Mn > Zn > Cd > Cu > Pb$  в экосистеме оз. Балхаш [5].

Из литературных источников [6] следует, что полупогруженные высшие водные растения с мощными корневыми системами выносят из воды и аккумулируют в донных отложениях большое количество металлов, нами исследована корневая система жесткой водной растительности – тростника и мягкой – рдеста на накопление в них тяжелых металлов (табл. 1).

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в корневой системе и верхней части растений бухты Бертыс, мг/кг

Растения	Zn	Си	Pb	Cd	As
Надводная часть тростника	69,6	16	49,8	0,6	0,10
Корневая система тростника	123	183	1050	3,2	0,10
Стебли, листья рдесты	72,8	38,6	28,4	0,6	0,10
Корневая система рдеста	133	175	1312	2,2	0,10

Анализ показал, что корневая система, как жесткой водной растительности – тростника, так и мягкой – рдеста накапливает значительно больше тяжелых металлов, чем надводная часть и стебли растений. Так, цинка в 1,8 раза, меди – 4,5...11,4 раза, свинца – 21...46 раз, кадмия – в 3,7...5,3 раза. Такая способность корневой системы аккумулировать тяжелые металлы еще больше усиливает роль этих растений в процессах самоочищения водоема. Пространственная динамика тяжелых металлов в водных растениях выражена слабо, определенной зависимости от токсикологического режима водной среды не выявлено (табл. 2).

Однако, материалы многолетних исследований свидетельствуют о более высокой концентрации в растениях меди, свинца и цинка в IV гидрохимическом районе, в большей степени подверженному техногенному загрязнению. Вследствие этого, содержание тяжелых металлов в растениях Западного Балхаша ненамного выше, чем в Восточном: меди – в 1,3 раза, цинка, свинца – в

1,1 раза. Никель и кадмий в Западном и в Восточном Балхаше находится в одинаковых количествах 1,67...1,75 мг/кг и 0,69...0,70 мг/кг соответственно.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в водных растениях по станциям оз. Балхаш, мг/кг

Станция	Вид	Си	Zn	Pb	Cd	Ni
Тасарал	воздушно-водные	7,54	22,06	1,65	0,15	2,51
Гульшад	воздушно-водные	6,66	19,13	1,79	0,08	2,93
	погруженные	9,03	15,30	1,29	0,18	0,90
Торангалык	воздушно-водные	7,65	18,14	2,07	0,11	2,47
	погруженные	7,86	12,42	1,25	0,15	1,15
Бертыс	воздушно-водные	5,78	15,8	1,57	0,09	2,22
	погруженные	8,54	11,08	0,92	0,11	0,85
Малый Сары-Шаган	воздушно-водные	7,49	18,31	2,29	0,11	2,65
Акжайдак	воздушно-водные	8,45	14,76	1,65	0,18	2,45

Многолетняя динамика по накоплению металлов водной растительностью выражается в следующем: по сравнению с 1992...1994 гг. снизилась концентрация меди в 1,3...1,5 раза, цинка – в 4 раза, никеля сократилась в 2,0...2,2 раза, а содержание свинца увеличилось почти в 2 раза (табл. 3).

Таблица 3

Среднее содержание микроэлементов в макрофитах оз. Балхаш

Компоненты	Содержание в растениях, мг/кг	
	1992...1994 гг.	2011 г.
Медь	11,57	7,67
Цинк	6,69	1,61
Свинец	8,34	16,3
Никель	4,22	2,01

Таким образом, водные растения накапливают тяжелые металлы и участвуют в седиментации и транзите загрязнителей из водной среды в донные отложения озера, тем самым осуществляют важную роль в процессах очистки водоемов. В оз. Балхаш из водных растений большей накопительной способностью обладают погруженные – хара и нитчатка, плавающие – ряска. Из воздушно-водных менее загрязнен камыш. Выявлено, что в районах более подверженных загрязнению содержание тяжелых металлов в растениях больше, чем в менее загрязненных участках озера. Приоритетными накопителями являются цинк, медь и свинец. По сравнению с данными 1994 года, в результате прекращения в 1995 году промышленных сбросов в озеро и подъема уровня воды, с 1998 года заметно снижение концентрации тяжелых металлов в выс-

шей и низшей водной растительности, что способствует как обогащению их видового состава, так и росту показателей биомассы.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Асылбекова С.Ж., Воробьева Н.Б., Лопарева Т.Я., Пономарева Л.П., Хузина Г.Г., Анурьева А.Н., Садырбаева Н.Н. Эколого-биологическая оценка озера Балхаш // Вестник сельскохозяйственной науки Казахстана – Алматы, Изд. «Бастау», 2010. – С. 51-54
2. Мониторинг и методы контроля окружающей среды // Под ред. Афанасьева Ю.А., Фомина С.А. – М: Изд. МНЭПУ, 2001. – С. 178-197.
3. Пономарева Л.П., Шаухарбаева Д.С., Лопарева Т.Я. Гидрохимические показатели и фитопланктон как индикаторы трофности оз. Балхаш и водоемов нижней дельты р. Или // Рыбохозяйственные исследования в Республике Казахстан: история и современное состояние. – Алматы: Бастау, 2005. – С. 366-376.
4. Пономарева Л.П., Фокина А.С. Сукцессии фитопланктона оз. Балхаш под антропогенным воздействием // Материалы конф. «Проблема сохранения озера Балхаш и рационального использования его сырьевых ресурсов» – Балхаш: 1992. – С. 63-64
5. Романова С.М. Эколого-химические аспекты загрязнения водных систем Казахстана тяжелыми металлами и другими токсикантами // Гидрометеорология и экология. – 2004. – №1 – С. 103-114.
6. Смирнова Н.Н. Макрофиты и их роль в процессах седиментации и транзита веществ из воды в донные отложения // Взаимодействие между водой и седиментами в озерах и водохранилищах. – Л.: Наука. 1984. – С. 133-138.
7. Таубаев Т.Т., Бахадирова З. Водная растительность – ценный источник повышения продуктивности рыбоводных водоемов // Биологические основы рыбного хозяйства водоемов Средней Азии и Казахстана. – Ташкент: Изд. «Фан», 1983.

Поступила 31.05.2013

А.С. Мукашева

Геогр. ғылымд. канд. Т.Я. Лопарева

#### **БАЛҚАШ КӨЛІНДЕГІ ГИДРОБИОНТАРДЫҢ УЛЫ ЗАТТАРДЫ ЖИНАҚТАУ ДЕҢГЕЙІН БАҒАЛАУ.**

**3 хабарлама. Су өсімдіктері және олардың седиментациялау және ауыр металдардың судан шөгінділер қабатына тасымалдануындағы ролі**

*Бұл мақалада су өсімдіктерінің: фитопланктон және макрофиттердің ауыр металдарды жинақтау деңгейі сарапталған. Балқаш көлінің экожүйесінде су өсімдіктерінің көп жылдық жинақтау динамикасы зерттелді. Көлдің антропогендік ластануына байланысты, ауыр металдардың өсімдіктерде таралуының кейбір заңдылықтары анықталған.*