

## **ЗАГРЯЗНЕНИЕ ВОДОЕМОВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ**

**Аринжанов А.Е., Сарычева А.В.**  
**ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет»,**  
**г. Оренбург**

Загрязнение большинства используемых человеком водоёмов тяжёлыми металлами, приводит к ухудшению товарных качеств добываемой и разводимой рыбы – это одна из проблем, имеющая ряд теоретических и практических аспектов, важных для современных рыболовных и рыбоводных хозяйств. Количество токсических веществ, поступающих в водоёмы с промышленными, хозяйственными и бытовыми стоками, исчисляется десятками тысяч, и с каждым годом этот список пополняется множеством новых, синтезированных человеком химических соединений, которые могут составить опасность для животных, в том числе гидробионтов. Многие из этих веществ проявляют мутагенные, канцерогенные свойства, нарушают структурно-функциональные системы клетки, оказывая влияние на мембранные образования, ферментный и генетический аппараты. Поллютанты, входящие в промышленные стоки, изменяют физические и химические свойства воды, отрицательно воздействуют на водные сообщества.

В результате многочисленных исследований установлены, прямой и косвенный, пути влияния токсикантов на рыбопродуктивность водоёмов, то есть непосредственное токсическое влияние на все стадии жизненного цикла рыб, начиная с оплодотворённой икринки и кончая взрослым организмом, а также на кормовую базу рыб и условия обитания, на физико-химический и гидробиологический режимы водоёмов.

Попавшие в озеро тяжёлые металлы в основном депонируются в донных отложениях, часть их поступает в пищевые цепи и по ним переходит в другие компоненты природной среды, а при определённых условиях – в воду. Загрязняющие вещества аккумулируются донными отложениями и затем в результате жизнедеятельности попадают в водные организмы. Биоаккумуляция и переход загрязняющих веществ по пищевым цепям – сложные процессы, на которые влияют геохимические особенности окружающей среды, физиологические и биохимические особенности организма.

Анализ территориального распределения тяжёлых металлов в донных отложениях озёр северо-запада Мурманской обл. показал, что ареалы высоких концентраций загрязняющих элементов, таких как Ni, Cu, Co и Hg, совпадают и ограничены 50-километровой местной зоной вокруг металлургических предприятий. Увеличение содержания Pb прослеживается с востока на запад, что отражает общий поток загрязнения веществ от центра Европы на северо-восток в Арктику. Наряду с Pb, глобальными загрязняющими элементами являются также другие халькофильные элементы – Cd, As и Hg. Максимальные концентрации Ni и Cu, которые превышают их фоновое содержание в 10–130 раз, зарегистрированы в пределах 10-километровой зоны от комбината «Печенганикель». На расстояниях 10–30 км от источника загрязнения эти

концентрации только в 3–7 раз превышают фоновое содержание. Концентрации  $\text{Co}$  в 4–10 раз больше фонового содержания в пределах 15 км от источника загрязнения и до 3 раз больше в других озерах на большем расстоянии, что указывает на загрязнение атмосферных выбросов плавильными цехами комбината «Печенганикель». Высокие концентрации  $\text{Cd}$ ,  $\text{Pb}$ ,  $\text{Hg}$  и  $\text{As}$  найдены также в донных отложениях некоторых озер, удаленных от комбината «Печенганикель», что связано с глобальным загрязнением этими элементами в последние 20–30 лет [1].

Загрязнение тяжелыми металлами также возможно и для крупных водоемов, в частности водохранилищ.

В Оренбургской области учеными было исследовано самое крупное водохранилище области - Ириклинское. В результате установлено превышение предельно допустимых концентраций (ПДК) в воде водохранилища соединений  $\text{Cu}$  – в 3–10 раз,  $\text{Fe}$  – в 2–10 раз,  $\text{Mn}$  – в 2–22 раза,  $\text{Al}$  – в 4–5 раза. Для донных отложений было характерно превышение ПДК на всех исследуемых участках только для  $\text{Cu}$  (в 5–6 раз) и  $\text{Zn}$  (в 5–7 раз) [2].

Новиковым В.В. и другими было проведено исследование Волгоградского водохранилища. Установлено, что в заливах Калиновая Балка и Антиповка наблюдается закономерное увеличение содержания цинка и свинца. Особенно напряжённая ситуация в заливах на протяжении трёх лет отмечается по содержанию хрома: ежегодно уровни содержания этого металла превышают ПДК [3].

В последние годы количество малых водоемов в Свердловской области в значительной степени увеличивается в связи с появлением новых техногенных водоемов. Формирование их обусловлено как добычей полезных ископаемых, так и строительством различных хвосто-шламохранилищ и отстойников. В пределах территории г. Екатеринбурга подобные водоемы формируются в пределах выемок карьеров по добыче кирпичных глин, грунтов для дорожного строительства, реже – других причин. Изучение учеными подобных водоемов показывает, что в них, как и в пресноводных естественных озерах, происходит накопление донных отложений значительной мощности. В пределах территории известны исследования донных отложений для Городского и Нижнеисетского прудов. Установлено, что в Городской пруд весной поступает в сутки 8520 кг взвешенных веществ, до 2190 кг нефтепродуктов, до 494 кг органических веществ. Содержание  $\text{Cu}$ ,  $\text{Zn}$ ,  $\text{Ni}$ ,  $\text{Cd}$  Нижнеисетского пруда выше ПДК рыбохозяйственных, но ниже ПДК общесанитарных, допустимых для рекреационных водоемов. Концентрации  $\text{Fe}$  (II),  $\text{Mn}$ ,  $\text{Pb}$  превышают нормативы, установленные для водоемов рекреационного назначения [4].

Исследования проведенные учеными на озере Чебаркуль, расположенное на территории Абзелиловского района Республики Башкортостан показали, что в донных отложениях содержание меди, цинка и железа превышает геохимический фон. Суммарный показатель содержания тяжелых металлов в донных отложениях образует следующий ряд убывания:  $\text{Fe} > \text{Mn} > \text{Zn} > \text{Cu} > \text{Cd}$ .

По содержанию тяжелых металлов донные отложения озера Чебаркуль относятся к категориям «слабо загрязненные» и «допустимо загрязненные» [5].

В Республике Башкортостан также были проведены исследования на озере Асылыкуль. В ходе исследований установлен доминирующие по массовой концентрации элементы – железо и марганец (таблица 1). Превышение марганца и железа можно объяснить физико-географическими условиями территории Башкортостана, оказывающими определяющее влияние на питание, распределение и формирование поверхностных и подземных вод. Условия формирования подземных вод в первую очередь определяются геологотектоническими особенностями и историей развития геологических структур Урала и сопредельных регионов [6].

Таблица 1 – Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях озера Асылыкуль, мг/кг сухого вещества [7]

Химический элемент	Содержание в донных осадках (ДО) о. Асылыкуль	ПДК
Zn	21,90 ±6,60	23,0
Cu	7,00±2,10	3,0
Mn	612,00 ±184,00	1500
Cd	0,16±0,05	0,5
Fe	9680,00±1204,00	-

Судить о загрязнении водоема можно не только опираясь на данных анализа воды и донных отложений, но и по содержанию тяжелых металлов в организме гидробионтов, в частности моллюсков. Так исследование моллюсков *N.reticulatus* в Черном море показали, что содержание тяжёлых металлов в раковинах моллюсков значительно превышает их содержимое в воде и напрямую зависит от концентрации ионов металла в воде и прибрежном иле [8].

Исследования накопительной способности пресноводных моллюсков дельты р. Волга по отношению к тяжёлым металлам. Проведённые исследования показали, что моллюски (*Unio* и *Anadonta*) осуществляют детоксикацию особо опасных загрязнителей, что играет положительную роль в процессах самоочищения рек и являются барьером для поступающих взвешенных минеральных веществ. При попадании в организм моллюсков тяжёлых металлов активизируются транспортные системы, которые способствуют перераспределению металла и оказывают связывание тяжёлых металлов со специфическими белками металлотионеинами, которые участвуют в механизме детоксикации организма от избытка металлов, выполняя защитную функцию.

Результаты исследования по содержанию металлов в составе донных отложений дельты р. Волга позволили представить ряд убывания данных элементов в следующем виде: Fe > Mn > Cr > Ni > Zn > Cu > Co > Mo > Pb > Cd [9].

Исследования загрязнения р. Енисей на участках выше и ниже г. Красноярска показали, что ниже г. Красноярска содержание Fe, Cu, Mn, Ni, Cr, фенолов, нитритов и нитратов в воде статистически достоверно больше

такового на условно фоновом участке. Кроме этого, на участке ниже г. Красноярска донные отложения характеризуется повышенным содержанием Cu, Zn и Pb, не превышающим уровень вредного воздействия на биоту [10].

Исследование тяжелых металлов в мышечных тканях рыб р. Амур показали, что концентрация соединений цинка в мышцах амурских видов рыб по сравнению с другими металлами была высокой и измерялась в широких пределах, что может свидетельствовать об активном участии этого металла в обменных процессах. Высокие показатели цинка отмечены у отловленных осенью белого толстолобика (ниже значений ПДК) и карася, но уже с превышением ПДК.

Таблица 3 – Сезонные изменения концентрации тяжелых металлов в мышцах отдельных видов рыб, мг/кг сырой массы

ПДК (для пищевых продуктов)	10,0	40,0	0,2	1,0
<b>Карась серебряный – <i>Carassius auratus</i> (Linnaeus, 1758)</b>				
Весна	0,29 – 0,84	2,33 – 4,88	0,001 – 0,02	0,001 – 0,02
	0,51	3,25	0,01	0,01
Лето	0,24 – 0,99	6,87 – 20,98	0,001 – 0,04	0,001 – 0,06
	0,76	17,73	0,02	0,02
Осень	0,24 – 8,06	16,90 – 42,48	0,001 – 0,02	0 – 0,05
	3,16	32,37	0,01	0,02
<b>Толстолобик белый – <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844)</b>				
Весна	0,64 – 1,41	0,96 – 5,06	0,03 – 0,09	0,001 – 0,03
	1,03	3,01	0,06	0,02
Лето	0,001 – 5,73	0,001 – 22,20	0 – 0,11	0 – 0,03
	1,75	7,74	0,05	0,006
Осень	0,66 – 1,61	13,18 – 29,42	Не обнаружено	0,02 – 0,06
	1,23	20,16		0,04

Примечание: в числителе – диапазон изменений, в знаменателе – среднее значение.

Медь в мышцах исследованных видов рыб содержится в небольших количествах, относительно ПДК для пищевых продуктов. Наивысшая концентрация кадмия (выше показателя ПДК для пищевых объектов) обнаружена у коня пестрого (0,26 мг/кг), отловленного летом и осенью, что предполагает миграцию кадмия в составе клеток других водных организмов, составляющих основу кормовой базы этих видов рыб. Также считают, что этот элемент обладает определенным влиянием на некоторые ферменты и гормоны и необходим организмам для углеродного обмена. Превышения ПДК для пищевых объектов по содержанию свинца в мышцах обнаружены у карася и косатки, отловленных осенью [11].

Исходя из представленного материала можно сказать, что проблема накопления тяжелых металлов в водоемах становится все более актуальной, так как тяжелые металлы обладают выраженной мутагенной и канцерогенной

активностью и попав в водоем, металл-токсикант распределяется между компонентами этой водной экосистемы: растворяется в воде, сорбируется и аккумулируется фитопланктоном, удерживается донными отложениями, находится в адсорбированной форме на частицах взвеси. Кроме того, рыбы обладают способностью накапливать сверхкритические концентрации загрязняющих веществ и соответственно могут быть опасны и для человека.

#### Список литературы

1. Дауальтер, В.А. Основные закономерности распределения тяжёлых металлов в донных отложениях Северо-Западной части Мурманской области и приграничной территории сопредельных стран / В.А. Дауальтер, Н.А. Камулин // Вестник Кольского научного центра РАН. - 2015. - № 1 (20). - С. 12.
2. Мирошникова, Е.П. Тяжёлые металлы в воде и донных отложениях Ириклинского водохранилища / Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов // Вестник Оренбургского государственного университета. - 2016. - № 6 (194). - С. 70-73.
3. Новиков, В.В. Пространственно-временная динамика распределения тяжёлых металлов в донных отложениях Волгоградского водохранилища / В.В. Новиков, М.Ю. Пучков, В.П. Звалинский // Фундаментальные исследования. - 2013. - № 6. - С.366-370.
4. Устимова, И.С. Тяжёлые металлы в донных отложениях техногенных водоемов города Екатеринбурга / И.С. Устимова // Минералогия техногенеза. - 2009. - Т. 10. - С. 226-227.
5. Соколов, Э.М. Антропогенное загрязнение окружающей среды тяжёлыми металлами / Э.М. Соколов // Экология и промышленность России. 2008. - № 11. - С. 5–6.
6. Бикташева, Ф.Х. Содержание тяжёлых металлов в донных отложениях озера Аслыкуль Республики Башкортостан / Ф.Х. Бикташева, Т.Ф. Латыпова // Известия Оренбургского аграрного университета. – 2012. - №34-1. – С.208-210.
7. Абдрахманов, Р.Ф. Пресные подземные воды Башкортостана / Р.Ф. Абдрахманов, Ю. Н. Чалов, Е.Р. Абдрахманова. - Уфа: Информреклама, 2007. - 184 с.
8. Богданова, Г.Г. Сезонные особенности накопления тяжёлых металлов в моллюсках *Nassarius Reticulatus* (L.) из кутовой части Севастопольской бухты (Черное море) / Г.Г. Богданова // Экологический мониторинг и биоразнообразие. 2016. - №1. - С. 29-33.
9. Шаплыгина, Ю. Н. Особенности воздействия тяжёлых металлов на донные организмы дельты р. Волга / Ю.Н. Шаплыгина, Т.Ф. Курочкина, Б.М. Насибулина // Естественные науки. - 2013. - № 3 (44). - С. 51-60.
10. Распределение и миграция металлов в трофических цепях экосистемы реки Енисей в районе г. Красноярска / О.В. Анищенко, М.И. Гладышев, Е.С. Кравчук // Водные ресурсы. - 2009. - Т. 36. № 5. - С. 623-632.
11. Чухлебова, Л.М. Особенности накопления тяжёлых металлов в воде, донных отложениях и мышцах рыб среднего течения р. Амур / Л.М. Чухлебова, Н.В. Бердников // Региональные проблемы. - 2011. - Т. 1. - С. 54-58.

