



УДК 504.064.2:504.054  
ББК 20.18

## ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО НОРМИРОВАНИЯ И ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВОДНЫХ ЭКОСИСТЕМ НА ПРИМЕРЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

*В.М. Шишкунов, М.А. Мытарев*

В статье обосновывается необходимость разработки методологии экологического нормирования. Проведен анализ содержания тяжелых металлов в водных экосистемах рек Донского бассейна и Волгоградского водохранилища у различных видов гидробионтов, их накопления в организмах с учетом пищевых рационов. Полученные результаты могут быть использованы для предварительного заключения об экологически допустимых концентрациях тяжелых металлов в водных экосистемах и фоновых уровнях.

**Ключевые слова:** нормирование, гигиенические нормативы, тяжелые металлы, содержание кадмия, ртути, свинца, мышьяка, меди, донные отложения, гидробионты.

Проблема научно обоснованного нормирования токсического воздействия загрязняющих веществ в качестве прикладной задачи тесно связана с экономикой [2, с. 579]. Существующая система стандартизации загрязняющих веществ в различных средах (воде, почве, воздухе, продуктах питания), ориентированная в первую очередь на защиту здоровья человека, не позволяет обеспечить сохранение природных комплексов. Наблюдаемые нарушения гомеостаза экосистем, и в частности в бассейне реки Волги, сопровождаются деградацией наиболее чувствительных компонентов [4, с. 158]. Становится очевидным, что существующие санитарно-гигиенические нормативы не позволяют обеспечить экологическое благополучие природных компонентов.

В настоящее время получение экологически безопасной сельскохозяйственной продукции, сохранение природных ландшафтов и систем закреплено Экологической доктриной РФ [1]. В связи с этим экологическое нормирование, учитывающее региональные особенности (лан-

дшафтно-геохимические, емкость природных экосистем, пространственно-временные техногенные нагрузки и др.), приобретает особую значимость. Методология подобного нормирования до настоящего времени официально не утверждена (в отличие от санитарно-гигиенического), однако именно экологический потенциал (включая процессы естественного самоочищения) обеспечивает сохранение состояния экосистем различного уровня и биосферные функции. Кроме того, подобная процедура позволит обосновать техногенные нагрузки на отдельные природные комплексы и лимитирующие показатели, выявить приоритетные и уязвимые компоненты экосистем. На этом этапе, с учетом выявленных сдвигов, возможна корректировка действующих стандартов.

В аспекте изложенного и в целях практической реализации данных экологического мониторинга, осуществляемого Комитетом природных ресурсов и охраны окружающей среды Администрации Волгоградской области, объективной оценки техногенного воздействия на окружающую среду предпринята попытка выявить уровни содержания некоторых элементов, относящихся к группе тяжелых металлов, в отдельных компонентах водных экосистем Волгоградского водохранилища и малых рек Донского бассейна.

В настоящее время тяжелые металлы, оказывающие негативное воздействие на экосистемы, отнесены к приоритетным загрязнителям, подлежащим контролю в объектах окружающей природной среды.

В отдельных компонентах (воде, донных отложениях и мышечной ткани гидробионтов) водных экосистем (Волгоградского водохранилища и малых рек Донского бассейна – Терса, Арчеда, Кумылга, Тишанка, Акишевка) определено содержание кадмия, ртути, свинца и мышьяка (I класс опасности) и меди (II класс опасности, ГОСТ 17.4.1.02-83). Перечисленные водные объекты характеризуются различной техногенной нагрузкой (массой загрязняющих веществ, поступающих в составе сточных вод).

Отбор проб осуществлялся в соответствии с действующими нормативными документами (ГОСТ Р 51.593-2000, ГОСТ 17.1.5.01-80, ГОСТ 7631-85, ПНД Ф 12.1...3.2-03). Измерение массовой доли кислоторастворимых форм тяжелых металлов и токсичных элементов (Cd, Pb, Cu, As и Hg) в донных отложениях выполнено методом инверсионной вольтамперометрии (ПНД Ф 16.1:2:2.2:2.346-06). Всего отобрано и проанализировано 29 проб.

Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани гидробионтов определяли методом атомно-адсорбционной спектрометрии. Всего проанализировано 135 проб, в том числе моллюсков – 45, рыб – 90 экземпляров. Конкретные виды гидробионтов отбирали с учетом сопоставимости массы ( $\pm 50$  г), возраста ( $> 4$  лет) и размера ( $\pm 5$  см). Для рек Донского бассейна средние параметры исследованных рыб составляли: окунь – 15,4 см, 133,2 г; беззубка – 10,4 см, 119,0 г. Для Волгоградского водохранилища: судак – 36,8 см, 821,9 г; беззубка – 11,6 см, 149,2 г.

Основными компонентами водных экосистем, накапливающих большинство загрязнителей, являются донные отложения, которые формируют химический фон, служащий начальным звеном сложных пищевых цепей. В качестве индикаторных организмов выбраны широко распространенные виды различных трофических уровней: с ко-

роткой пищевой цепью (беззубка – *Anodonta cygnea*, L. 1758) и хищные виды рыб (судак – *Stizostedion lucioperca*, L. 1758, окунь – *Perca fluviatilis*, L. 1758) с более длинной пищевой цепью. Указанные виды также характеризуются различными пищевыми рационами и рекомендованы для проведения мониторинговых исследований [5, с. 220].

Необходимо отметить, что до настоящего времени оценка загрязнения донных отложений различными веществами, включая тяжелые металлы, затруднена, так как отсутствуют утвержденные нормативы. Поэтому заключение о загрязнении осуществляется путем выявления острого и хронического токсического воздействия методом биотестирования [3, с. 27].

Оценка уровней содержания тяжелых металлов в ихтиофауне возможна на основании утвержденных допустимых уровней (СанПиН 2.3.2.1078-01) только для четырех токсичных элементов: свинца (1,0 мг/кг), мышьяка (1,0 мг/кг), кадмия (0,2 мг/кг) и ртути (0,3 мг/кг – пресноводная нехищная, 0,6 мг/кг – пресноводная хищная и 1,0 мг/кг – белуга).

Уровни содержания тяжелых металлов в донных отложениях обследованных водных объектов представлены в табл. 1. При этом данные по Волгоградскому водохранилищу показаны как в целом, так и по отдельным створам отбора проб (граница с Саратовской областью – I створ, в районе р. п. Быково – II створ, перед плотиной Волжской ГЭС – III створ). Для сравнения представлены данные о содержании тяжелых металлов в донных отложениях прудов, расположенных в Дзержинском районе Волгограда («Ангарский» и «Парк Хаус»).

В донных отложениях обследованных водных объектов кадмий, в пределах чувствительности метода, не выявлен. Спектр содержания элементов в донных отложениях оценивается следующими рядами: в Волгоградском водохранилище Pb (1) – Cu (0,90) – As (0,14) – Hg (0,01); в реках Донского бассейна Cu (1) – Pb (0,31) – As (0,2); прудов: Pb (1) – Cu (0,54) – As (0,07).

Содержание тяжелых металлов в мышечной ткани моллюсков отражено в табл. 2.

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях, мг/кг

Тяжелый металл	Волгоградское вдхр.				Реки Донского бассейна	Пруды Волгограда
	В целом	Граница с Саратовской областью	р. п. Быково	Приплотинный створ		
Cd	С ср.	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
	min-max	–	–	–	–	–
Hg	С ср.	0,17	0,15	0,16	0,21	< 0,01
	min-max	0,11–0,23	0,11–0,2	0,13–0,18	0,19–0,23	
Pb	С ср.	16,8	11,3	14,3	24,7	1,0
	min-max	6,0–33,0	6,0–14,0	6,0–19,0	11,0–33,0	0,5–2,1
As	С ср.	2,4	1,8	2,1	3,3	0,9
	min-max	1,2–4,4	1,2–2,4	1,6–2,5	2,2–4,4	0,1–2,4
Cu	С ср.	15,2	12,3	20,0	13,3	3,2
	min-max	3,1–26,0	3,1–18,0	4,0–46,0	8,0–19,0	0,8–6,8

\* Здесь и далее в таблицах С ср. – среднее содержание.

Таблица 2

Содержание тяжелых металлов в моллюсках, мг/кг

Тяжелый металл	Волгоградское вдхр.				Реки Донского бассейна
	В целом	Граница с Саратовской областью	р. п. Быково	Приплотинный створ	
Cd	С ср.	0,11	0,10	0,12	0,09
	min-max	0,09–0,13	0,09–0,11	0,11–0,13	0,08–0,11
Hg	С ср.	0,008	0,01	0,007	0,006
	min-max	0,006–0,019	0,006–0,019	0,006–0,008	0,006–0,007
Pb	С ср.	0,15	0,13	0,19	0,12
	min-max	0,10–0,20	0,10–0,15	0,17–0,20	0,10–0,15
As	С ср.	0,07	0,08	0,06	0,007
	min-max	0,06–0,09	0,07–0,09	0,06–0,07	0,06–0,07
Cu	С ср.	0,35	0,40	0,35	0,30
	min-max	0,26–0,60	0,29–0,64	0,26–0,41	0,23–0,35

Полученные результаты свидетельствуют о наличии всех изученных тяжелых металлов в мышечной ткани моллюсков Волгоградского водохранилища, при этом их уровни оцениваются следующим рядом: Cu (1) – Pb (0,43) – Cd (0,31) – As (0,2) – Hg (0,02). Отметим появление кадмия и превалирование меди по сравнению с составом донных отложений. Для моллюсков Донского бассейна кадмий и ртуть не выявлены, что согласуется с полиэлементным составом донных отложений. Уровень содержания других элементов соответствовал (по Pb и As) или превосходил (по Cu) аналогичные показатели для малакофауны Волгоградского водохранилища. Соотношение уровней элементов в моллюсках (рек Донского бассейна) характеризуется следующим рядом: Cu (1) – Pb (0,22) – As (0,09).

В аспекте сравнительной оценки уровня содержания тяжелых металлов в мышечной ткани моллюсков и рыб (см. табл. 3) следует отметить, что полиэлементный состав гидробионтов Волгоградского водохранилища «обогащен» потенциальными загрязнителями I класса опасности, такими как ртуть и кадмий, которые не встречаются у гидробионтов Донского бассейна. Для моллюсков сравниваемых бассейнов уровни содержания свинца и мышьяка равны, а по меди различаются. Для хищных рыб Волгоградского водохранилища превалирующее содержание выявлено для меди, накопление кадмия и ртути (в мышцах хищных рыб) лишь подтверждает правило накопления экотоксикантов у видов животных высших трофических уровней.

Содержание тяжелых металлов в гидробионтах, мг/кг

Тяжелый металл	Моллюски (беззубка)		Хищные рыбы	
	Волгоградское вдхр.	Реки Донского бассейна	Волгоградское вдхр. (судак)	Реки Донского бассейна (окунь)
Cd	0,110	< 0,002	0,005	< 0,002
Hg	0,008	< 0,002	0,025	< 0,002
Pb	0,15	0,15	0,30	0,08
As	0,07	0,06	0,05	< 0,01
Cu	0,35	0,69	1,04	0,60

Представленные данные позволяют оценить существующий химический фон, количественно охарактеризовать уровни содержания ряда тяжелых металлов в отдельных компонентах водных экосистем. Учитывая, что естественные уровни содержания тяжелых металлов (ряд из которых принадлежит к микроэлементам) не оказывают влияния на экосистемы, а их токсичность и последующая опасность проявляются при их избытке. Поэтому при экологическом нормировании подобный класс веществ должен рассматриваться в двух аспектах: как необходимых природных элементов, так и потенциальных техногенных загрязнителей экосистем и агроландшафтов с регламентацией их допустимых уровней.

Результаты проведенного анализа позволяют рассматривать экосистемы приплотинной части Волгоградского водохранилища в качестве седиментационного геохимического барьера. При этом динамику развития экологической ситуации в качестве экспресс-теста отражает накопление тяже-

лых металлов в организме животных высших трофических уровней.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Об экологической доктрине Российской Федерации : распоряжение Правительства РФ от 31.08.2002 № 1225-р. Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Общая токсикология / под ред. Б. А. Курляндского, В. А. Филова. – М. : Медицина, 2002. – 608 с.
3. Руководство по определению методом биотестирования токсичности вод, донных отложений, загрязняющих веществ и буровых растворов. – М. : РЭФИА, НИА-Природа, 2002. – 118 с.
4. Сурков, А. Л. Антропогенное загрязнение и деградация водных экосистем / А. Л. Сурков, В. М. Шишкунов, С. А. Машакарян // Экологические проблемы загрязнения водоемов Волжского бассейна, современные методы и пути их решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. – Волгоград : РАСХН, 2004. – С. 158–161.
5. Фоновый мониторинг загрязнения экосистем суши хлорорганическими соединениями / Ф. Я. Ровинский [и др.]. – Л. : Гидрометеиздат, 1990. – 272 с.

**THE PROBLEMS OF ECOLOGICAL RATIONING AND ESTIMATION OF WATER ECOSYSTEM CONDITIONS ON THE EXAMPLE OF HEAVY METALS**

*V.M. Shishkunov, M.A. Mytarev*

In the article the necessity of working out ecological rationing methodology is considered. The analyses of heavy metals concentration in water ecosystems of the rivers of the Don pool and the Volgograd water basin at various kinds of hydrobionts and their accumulation in organisms (diets including) has been realized. The results can be used to decide on the ecologically admissible concentration of heavy metals in water ecosystems and background levels.

**Key words:** *rationing, hygienic specifications, heavy metals, concentration of cadmium, mercury, lead, arsenic, copper, ground adjournment, hydrobionts.*