



Особенности накопления и распределения экотоксикантов в донных отложениях и водорослях

Е.А.Галатова¹, А.Ю.Шестаков², Г.Д.Капанадзе³

¹ Уральская государственная академия ветеринарной медицины, Троицк, Челябинская обл.

² РГАУ–МСХА имени К.А.Тимирязева, Москва

³ Научный Центр биомедицинских технологий РАМН, Московская область

В работе представлены данные по особенностям накопления и распределения тяжелых металлов в донных отложениях и водорослях реки Уй, которые являются важнейшим аспектом изучения экологического состояния водных объектов и наиболее адекватно отражающих их современное состояние и содержащих информацию о загрязнении водотока на данной территории.

Ключевые слова: тяжелые металлы, водоросли, донные отложения.

Важнейшим фактором, определяющим экологический статус водного объекта, являются донные отложения и водоросли. Исследование донных отложений является важнейшим аспектом изучения экологического состояния водных объектов, наиболее адекватно отражающих их современное состояние и содержащих информацию о загрязнении водотока на данной территории [3, 8, 11, 12].

Водоросли могут отражать кумулятивный эффект загрязняющих веществ. Особо опасными оказываются загрязнения тяжелыми металлами – поллютантами со множественными путями их поступления в гидросферу.

Изучение миграции химических элементов по пищевым цепям водных экосистем представляет не только научный

интерес, но имеет и большое практическое значение. Несмотря на очевидную важность, этот вопрос остается одним из самых малоисследованных в биогеохимии химических элементов.

Материалы и методы

Нами изучены содержание тяжелых металлов в донных отложениях речной экосистемы реки Уй. В работе мы использовали наиболее распространенный метод – сравнение полученных массовых концентраций тяжелых металлов со значением величины кларка, фоновыми концентрациями, официально установленными допустимыми уровнями или другими, ранее полученными натуральными данными [1, 7, 10]. Уровнем за-

грязненности в этом методе служит коэффициент обогащения (КО), показывающий, во сколько раз содержание тяжелых металлов в донных отложениях превышает их кларковые или фоновые значения [2, 4, 6].

Результаты и их обсуждение

Анализ данных (табл. 1, 2) показал, что содержание марганца в донных отложениях составило $176,52 \pm 8,06$ мг/кг, что превышает кларковые значения данного элемента в литосфере в 160,47 раза.

Сравнение полученных результатов с допустимыми значениями марганца для пресноводных донных отложений, не подверженных антропогенному загрязнению, показали превышение в 235,36 раза.

Можно считать, что одним из факторов, повлиявших на значительное накопление марганца в донных отложениях, является установленное нами смещение рН воды в реке Уй в кислую сторону (рН

6,5) на фоне повышения концентрации азотсодержащих ионов (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+).

Кислая реакция среды и избыток органических соединений изменяют окислительно-восстановительные условия природных вод и, тем самым, снижают мобильность марганца в донных отложениях. Вероятно, по этой же причине достаточно высоким является коэффициент обогащения донных осадков железом, содержание которого в донных отложениях составило $516,9 \pm 2,59$ мг/кг. Расчет коэффициента обогащения железом по кларку литосферы составил 11,1, а по пресноводным донным отложениям, не подверженным антропогенному загрязнению – 11,89.

Создавшиеся условия в речной экосистеме, тестируемые нами по активной реакции среды воды реки Уй, создают благоприятные условия для мобильности кадмия. Несмотря на хорошую мобильность кадмия, содержание его оказалось достоверно высоким – 2,0. Коэф-

Таблица 1

Содержание тяжелых металлов в донных отложениях, мг/кг сухого вещества ($\bar{X} \pm S_x$, n=5)

Химические элементы	Содержание в донных отложениях	Кларки литосферы*	Пресноводные ДО**
Fe	$516,90 \pm 2,59$	46,5	43,5
Cu	$6,65 \pm 0,59$	47	43
Zn	$44,18 \pm 0,99$	83	110
Co	$2,67 \pm 0,09$	18	–
Pb	$3,90 \pm 0,19$	16	28
Mn	$176,52 \pm 8,06$	1,10	0,75
Cd	$0,26 \pm 0,003$	0,13	0,35
Ni	$9,29 \pm 0,48$	58	55

Примечание:

* – кларки литосферы (А.П.Виноградов, 1967)

** – пресноводные донные отложения (U.Forstner, 1977)

Коэффициент обогащения по кларку литосферы и пресноводным донным отложениям

Химический элемент	КО ₁ [*]	КО ₂ ^{**}
Fe	11,11	11,18
Cu	0,14	0,15
Zn	0,53	0,40
Co	0,14	–
Pb	0,24	0,13
Mn	160,47	235,36
Cd	2,0	0,74
Ni	0,16	0,16

Примечание:

* – КО, рассчитанные по кларкам литосферы (А.П.Виноградов, 1967)

** – КО, рассчитанные по пресноводным донным отложениям, не подверженным антропогенному воздействию (U.Forstner, 1977)

фициент оказался несколько ниже при сравнении с нормативными данными для пресноводных донных отложений (0,74).

Коэффициенты обогащения в донных отложениях цинком и кобальтом, рассчитанные по кларку литосферы и допустимым уровням содержания этого элемента в пресноводных донных отложениях, составили 0,53; 0,14 и 0,40, соответственно. По свинцу, никелю и меди коэффициенты обогащения составили 0,24; 0,16; 0,14 и 0,13; 0,16; 0,15 – по допустимым уровням в пресноводных донных отложениях соответственно, что свидетельствует о хорошей мобильности данных элементов.

Водоросли-мониторы позволяют получать интегральную картину загрязнения водных экосистем, что особенно важно при осуществлении краткосрочных прогнозов при дискретном загрязнении водоема. При этом очень важно, что водоросли характеризуются высокой способностью к биоаккумуляции тяжелых металлов, что позволяет увеличить

точность химических анализов, используя их в качестве мониторов.

В настоящее время в составе альгофлоры водоемов Челябинской области зарегистрированы 1375 видов водорослей. В качестве материала для исследований нами были выбраны сине-зеленые водоросли [5, 11]. Данные, полученные при изучении элементного состава водорослей, представлены в табл. 3. В пробах водорослей содержание тяжелых металлов подчиняется следующей закономерности: Cd < Cu < Pb < Co < Ni < Zn < Fe < Cr < Mn.

Превышение допустимого содержания было установлено для хрома при коэффициенте биологического поглощения 1,6 и для марганца, коэффициент биологического поглощения которого составил 2,1. Содержание никеля при нормативном уровне 1-3 мг/кг составило 1,37±0,06 мг/кг.

Данные свидетельствуют, что при миграции из воды в гидробионты такие элементы, как Fe, Si, Zn, «теряются»

Содержание тяжелых металлов в водорослях, мг/кг сухого вещества ($\bar{X} \pm S_x$, n=5)

Химический элемент	Содержание в водорослях (летний сезон)	Нормативы для гидропонных кормов и водорослей*	Коэффициент биологического поглощения (КП)
Fe	3,65±0,169	100 – 200	0,018
Cu	0,55±0,02	до 30	0,018
Zn	1,71±0,03	50 – 100	0,017
Co	1,21±0,03	1 – 3	0,40
Pb	1,01±0,02	3 – 5	0,202
Mn	40,07±0,03	10 – 19	2,108
Cd	0,154±0,003	до 0,4	0,385
Ni	1,37±0,06	1 – 3	0,456
Cr	7,99±0,233	до 5	1,598

Примечание:

* – В.Н.Голубев, Т.Н.Назаренко (2001)

в большей степени, чем Mn, Cr, Ni, Pb, Cd. Это подтверждается и при сопоставлении с данными, полученными нами при изучении содержания тяжелых металлов в речной воде (табл. 3).

Выводы

Представляется возможным сделать вывод, что с повышением трофического уровня содержание в звеньях пищевой цепи рассмотренных микроэлементов закономерно должно понижаться, причем, для элементов с близкими физико-химическими свойствами степень этого понижения должна быть пропорциональна их концентрации в речной воде.

Список литературы

1. **Басс-Бекинг Л.Т.М.** Пределы колебаний рН и окислительно-восстановительных потенциалов природной среды // Геохимия литогенеза. – М.:

Изд-во иностр. лит., 1963. – С. 11-84.

2. **Белоконь В.Н.** Содержание тяжелых металлов, органических веществ и соединений биогенных элементов в донных отложения Дуная // Вод. ресурсы. – 1993. – Т. 20. – С.469-478.

3. **Васильева О.Ю.** Влияние бактериального фактора на переход тяжелых металлов из донных отложений в воду // Вопросы методологии гидрохимических исследований в условиях антропогенного влияния: М-лы XXVII Всесоюз. гидрохим. совещ. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – Ч.1. – С. 17.

4. **Виноградов А.П.** Химический элементарный состав планктона Черного, Азовского и Каспийского морей // Биохимия морских организмов. – Киев, 1967. – С. 70-83.

5. **Вышемирский В.С.** Органическое вещество в Мировом океане. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1986. – С. 73-89.

6. **Голубев Н.Н.** Обработка рыбы и морепродуктов: Учебник. – М. Ин-т

развития проф. образования. 2001. – С. 27-29.

7. *Линник П.Н.* Донные отложения водоёмов как потенциальный источник вторичного загрязнения водной среды соединениями тяжёлых металлов // Гидробиологический журнал. – 1999. – Т. 35. – № 2. – С. 97-107.

8. *Моисеенко Т.И.* Рассеянные элементы в поверхностных водах суши. – М.: Наука, 2006. – С. 115-217.

9. *Морозов Н.П.* Микроэлементы в промышленной ихтиофауне мирового океана. – М., 1986. – С. 160.

10. Фоновое содержание микроэлементов в природных средах (по мировым данным) // Мониторинг фонового загрязнения природных сред. – Л.: Гидрометеоздат, 1989. – Вып. 5. – С. 4-30.

11. *Трапезников А.В.* Радиоэкология пресноводных экосистем (на примере Уральского региона): Автореф. дис.... докт. биол. наук. – Екатеринбург, 2001. – 48 с.

12. *Трапезников А.В.* Радиоэкологическая ситуация в Уральском регионе // Научные основы профилактики и лечения болезней животных. – Екатеринбург, 2005. – С. 563-566.

The peculiarities of accumulation and distribution of heavy metals in bottom sediments and waterweeds

Е.А.Galatova, А.Ju.Shestakov, G.D.Kapanadze, E.L.Matveenko

The data on the peculiarities of accumulation and distribution of heavy metals in bottom sediments and waterweeds are given in the article. These data are the important aspect of investigation of ecological condition of water which more adequately reflects its present – day condition and contains the information about the poll

Key words: heavy metals, algae, sediments.