

## СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗАГРЯЗНЕННЫХ УЧАСТКОВ РЕК

Дервояд Т.О., Жуковская Н.В., Ковальчик Н.В.

Белорусский государственный университет, Минск, Беларусь  
lastazoid@tut.by, natazhuk@gmail.com, kovalchiknv@gmail.com

Проанализировано накопление тяжелых металлов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb) в полностью погруженных гидрофитах водотоков Беларуси по данным мониторинга. Выявлено, что макрофиты водотоков в зонах локального техногенного воздействия характеризуются повышенным средним содержанием большинства анализируемых элементов (Ti, V, Mn, Ni, Cu, Zn). Установлены статистически значимые различия между участками рек загрязненных и фоновых территорий по индексу содержания ТМ, рассчитанному для полностью погруженных макрофитов. Наибольшим накоплением тяжелых металлов в макрофитах отличаются контрольные участки Вязье (18,9), Королищевичи (12,8), Анусино (11,8), Гомель (10,6).

*Ключевые слова:* тяжелые металлы; высшая водная растительность; мониторинг; индекс содержания тяжелых металлов, техногенное воздействие.

## HEAVY METALS CONTENTS IN HIGHER AQUATIC PLANTS WITHIN CONTAMINATED RIVERS SITES

Dervoed T.O., Zhukovskaya N.V., Kovalchik N.V.

Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus  
lastazoid@tut.by, natazhuk@gmail.com, kovalchiknv@gmail.com

Heavy metals accumulation (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb) in submerged hydrophytes of Belarusian rivers has been analyzed on monitoring data. River macrophytes in zones of local technogenic impact are characterized by elevated contents of Ti, V, Mn, Ni, Cu, Zn. There are statistically significant differences between the river sites of the contaminated and background territories by the index of heavy metals content calculated for submerged macrophytes. The highest Index values has been obtained for the key sites of Vyazye (18.9), Korolishchevichi (12.8), Anusino (11.8), Gomel (10.6).

*Key words:* Heavy Metals; Higher Aquatic Flora; Monitoring; Technological Impact; Index of Heavy Metals Content.

Одним из главных природных компонентов водной экосистемы является растительность. Способность высших водных растений аккумулировать в значительных количествах химические элементы, в том числе и тяжелые металлы обусловила их использование в системе мониторинга и контроля состояния окружающей среды.

По данным мониторинга 2000-2015 гг. изучалась аккумуляция тяжелых металлов (ТМ) высшими водными растениями рек. В качестве объектов исследования выбраны полностью погруженные гидрофиты, характеризующиеся повышенной по сравнению с другими формациями аккумулярующей способностью [1–2]: ежеголовник всплывающий *Sparganium emersum* Rehm., рдесты блестящий *Potamogeton lucens* L., пронзеннолистный *Potamogeton perfoliatus* L., курчавый *Potamogeton crispus* L., остролистный *Potamogeton acutifolius* Link, узловатый *Potamogeton nodosus* Poir., гребенчатый *Potamogeton pectinatus* L., уруть колосистая *Myriophyllum spicatum* L. и мутовчатая *Myriophyllum verticillatum* L., элодея канадская *Elodea canadensis* Michx., роголистник подводный *Ceratophyllum submersum* L., роголистник темно-зеленый *Ceratophyllum demersum* L., телорез алоэвидный *Stratiotes albidus* L. [3]. В качестве приоритетных загрязняющих элементов определены: Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb.

Пробы растений отбирались на 36 ключевых участках (КУ), расположенных на реках Беларуси. Общий объем выборки составил 82. Для оценки влияния локального техногенного воздействия на накопление тяжелых металлов высшими водными

растениями рек анализируемая выборка была разделена на две подвыборки: пункты мониторинга, находящиеся в зоне локального техногенного воздействия и на относительно незагрязненной территории. Рассчитанные средние значения и пределы вариации микроэлементов представлены в таблице.

**Содержание элементов в погруженных макрофитах рек Беларуси, мг/кг**

Элемент	в зонах локального воздействия (n = 37)			на незагрязненных территориях (n = 45)		
	Встречаемость, %	$\bar{x}$	min – max	Встречаемость, %	$\bar{x}$	min – max
Ti	92	28,5	н.о.–436	87	8,21	н.о.–380
V	62	8,82	н.о.–48,3	49	2,40	н.о.–11,4
Cr	70	2,96	н.о.–128	67	2,32	н.о.–42,3
Mn	100	1138	1,0.–3049	100	408	33,7–3796
Ni	70	3,39	н.о.–17,9	49	1,73	н.о.–15,4
Cu	100	6,29	0,2–81,6	100	4,0	0,10–61,7
Zn	27	18,2	н.о.–170	18	7,47	н.о.–77,2
Pb	100	1,94	0,01–36,3	100	1,23	0,10–16,5

Высшие водные растения водотоков в зонах локального техногенного воздействия характеризуются повышенным средним содержанием большинства анализируемых элементов (Ti, V, Mn, Ni, Cu, Zn) относительно макрофитов водотоков незагрязненных территорий. Также следует отметить более высокую встречаемость V, Ni, Zn в данных пунктах.

Для интегральной оценки накопления металлов в погруженных макрофитах рек использовался индекс содержания тяжелых металлов в растениях ( $I_{pm}$ ) [4], который представляет собой отношение суммы коэффициентов содержания анализируемых металлов ( $K_c$ ) к числу элементов, и рассчитывается по формуле:

$$I_{pm} = \frac{K_1/K_{1f} + K_2/K_{2f} + \dots + K_i/K_{if}}{n},$$

где,  $K_{1, 2, \dots, i}$  – содержание элемента (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb);  $K_{1f, 2f, \dots, if}$  – фоновая величина для соответствующего элемента;  $n$  – число показателей, используемых для расчета. В качестве фона использовалось среднее содержание металлов в погруженных макрофитах рек Беларуси [5].

Диапазон варьирования индекса содержания ТМ в полностью погруженных гидрофитах составляет для незагрязненных участков рек 0,04–11,8, загрязненных – 0,1–18,9. Среднее значение показателя для КУ фоновых территорий равняется 0,85, КУ в зонах локального воздействия – 1,98. Наибольшим накоплением тяжелых металлов в макрофитах, согласно  $I_{pm}$ , отличаются контрольные участки Вязь (18,9; 2008 г), Королищевичи (12,8, 2008 г), Анусино (11,8, 2015 г), Гомель (10,6, 2015 г). На рисунке представлены осредненные за период наблюдения значения  $I_{pm}$  по пунктам мониторинга.

С помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни выявлены статистически значимые различия по индексу содержания ТМ, рассчитанного для полностью погруженных макрофитов водотоков загрязненных и фоновых территорий ( $U = 537, p = 0,006$ ).

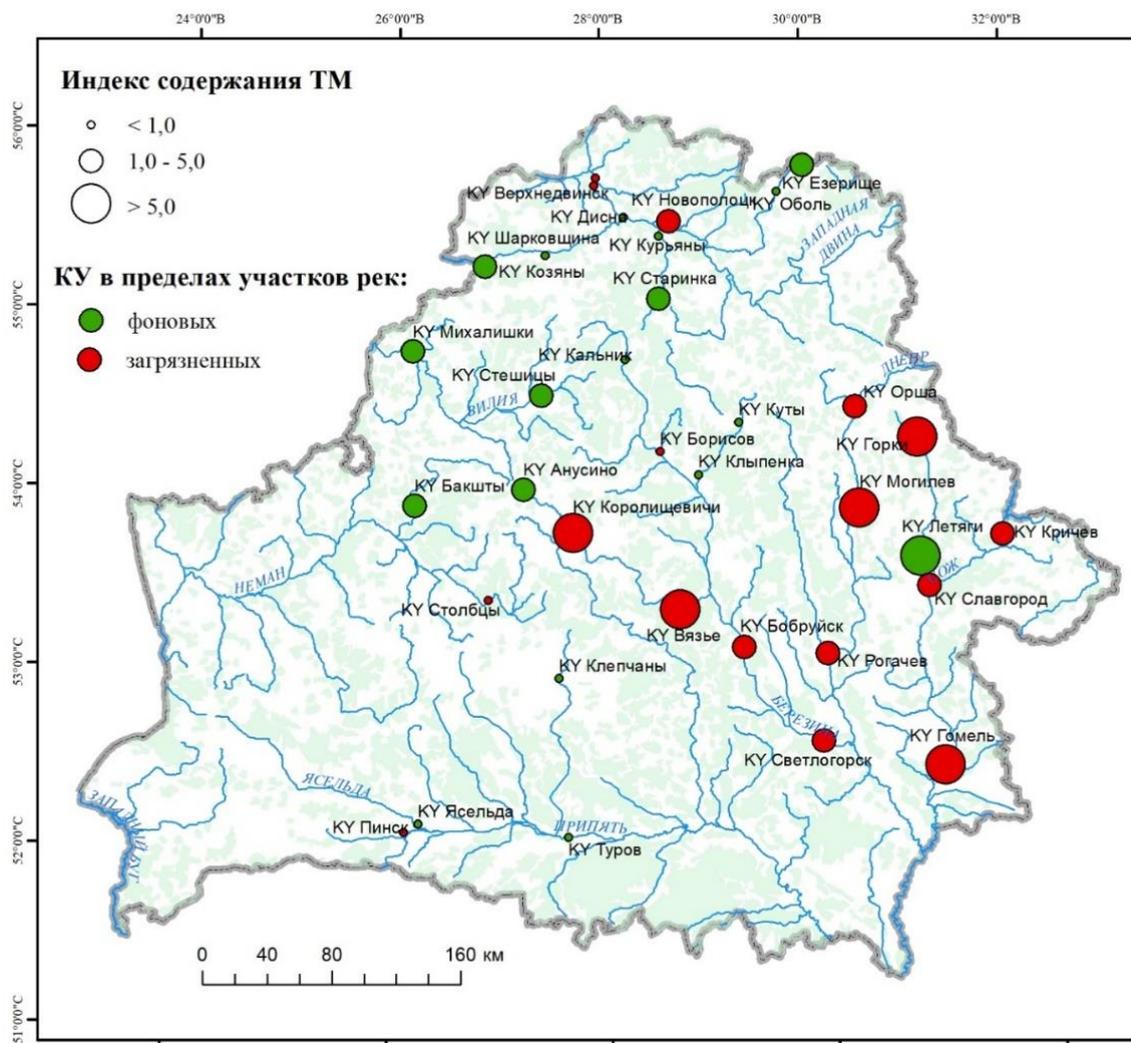


Рис. Индекс содержания тяжелых металлов в погруженных макрофитах рек

Полученный результат будет использован для определения экологического статуса водотоков Беларуси.

#### Библиографические ссылки

1. Гришанцева Е. С., Сафронова Н. С., Кирпичникова Н. В., Федорова Н. П. Распределение микроэлементов в высшей водной растительности Иваньковского водохранилища. Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геоэкология. 2010. № 3. С. 223–231.
2. Шашуловская Е. А. О накоплении тяжелых металлов в высшей водной растительности Волгоградского водохранилища. Поволжский экологический журнал. 2009. № 4. С. 357–360.
3. Гигевич Г. С., Власов Б. П., Вынаев Г. В. Высшие водные растения Беларуси: эколого-биологическая характеристика, использование и охрана. Мн.: Издательский центр БГУ, 2001. С. 231.
4. Гигевич Г. С., Власов Б. П. Опыт оценки загрязнения озер по содержанию тяжелых металлов в водных растениях. География в XXI веке: проблемы и перспективы: материалы Междунар. научн. конф. посвящ. 70-летию географ. факульт. БГУ 4–8 октября 2004 г. – М, 2004. С. 17–18.
5. Жуковская Н. В., Власов Б. П., Ковальчик Н. В. Содержание тяжелых металлов в высшей водной растительности водоемов и водотоков Беларуси: пространственные и видовые особенности // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2019. № 1. С. 22–34.