

ДОКЛАДЫ УЧЁНЫХ БЕЛАРУСИ ПО ТЕМАТИКЕ ГПНИ «ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЯ» (2016–2020 гг.)

УДК 550.42:550.47(476)

ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ р. СВИСЛОЧЬ–р. БЕРЕЗИНА ПО СОДЕРЖАНИЮ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ И ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ

Н. Д. Грищенко

Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики,
пр. Независимости 4, 220030 Минск, Республика Беларусь; nhrysh@gmail.com

Проанализированы особенности содержания микроэлементов (Ti, V, Cr, Mn, Ni, Cu, Zn, Pb) в высшей водной растительности и донных отложениях на 7 ключевых участках р. Свислочь и р. Березина по данным мониторинга. Рассмотрена способность макрофитов накапливать тяжёлые металлы в концентрациях, превышающих их содержание в окружающей среде. Определены концентрации и превышения фонового содержания тяжёлых металлов (ТМ) в макрофитах и донных отложениях, выделены перечень приоритетных элементов и виды-индикаторы с высокой накопительной способностью солей ТМ.

Ключевые слова: тяжёлые металлы; высшая водная растительность; макрофиты; донные отложения; река Свислочь; река Березина; мониторинг.

Сложившаяся система контроля загрязнения водоёмов базируется на анализе водной среды. Водная среда характеризуется динамичностью и неустойчивостью концентрации и состава химических элементов во времени, что значительно снижает информативность получаемых данных. В настоящее время для оценки состояния водных объектов большее внимание придаётся анализу депонирующих сред – высшей водной растительности и донным осадкам. Способность высших водных растений и осадков накапливать вещества в концентрациях, превышающих значения, зафиксированные в окружающей среде, обусловила их использование в системе мониторинга и контроля состояния окружающей среды.

Представленная в статье оценка выполнена на основании комплексного обследования в 2020 г. 7 ключевых участков (КУ) мониторинга водной растительности в рамках Национальной системы мониторинга окружающей среды Республики Беларусь на рр. Свислочь (КУ Анусино, КУ Королищевичи, КУ Вязь) и Березина (КУ Бобруйск, КУ Светлогорск), а также на двух водохранилищах речного типа (вдхр. Заславское и Комсомольское озеро).

Анализировали видовой состав, количественное развитие и содержание химических элементов в тканях водных растений и донных отложениях озёр. Изучение растительности и отбор проб растений и грунтов проводили на профилях, заложенных перпендикулярно берегу от уреза воды к центру водного объекта до границы распространения растительности.

Сроки проведения наблюдений и отбора проб на площадках соответствовали максимальному развитию биомассы и накоплению химических веществ растениями и приходились на период цветения (июль–август). Одновременно в водной массе определяли рН, прозрачность, содержание основных ионов минерального состава и биогенных веществ.

Выполнены аналитические работы в 19 образцах растений, 7 образцах донных отложений, 7 пробах воды, отобранных на КУ. Методом спектрального анализа определяли содержание 38 химических элементов ТМ. Содержание элементов пересчитывали в величину миллиграмм вещества в килограмме массы растений или осадков (воздушно сухого веса). В каче-

стве приоритетных загрязняющих элементов определены: Ni, Cu, Pb, Zn, Ti, Cr, V, Mn, большинство из которых относится к ТМ, обладающим специфическими биогеохимическими свойствами – высокой биохимической активностью, токсичностью, канцерогенностью, тенденцией к биоконцентрированию, склонностью к гидролизу [1].

Расположение исследуемых водных объектов в зонах влияния крупных городов (Минск, Бобруйск, Светлогорск) обусловило определённые техногенные изменения. В городах и зонах их влияния поверхностные водные объекты испытывают наиболее интенсивную техногенную нагрузку, поскольку здесь сосредоточены основные источники воздействия – промышленные предприятия, системы водоснабжения и водоотведения, различные транспортные коммуникации, накопители коммунальных и промышленных отходов и др.

Одним из существенных источников загрязнения водотоков и водоёмов в пределах городов является сток дождевых и талых снеговых вод. Концентрации техногенных примесей, содержащихся в поверхностном стоке, поступающем в дождевую сеть, изменяются в широком диапазоне и зависят как от уровня благоустройства, так и от функционального назначения территории. Степень загрязнения поверхностного стока с застроенной территории близка, а по некоторым показателям значительно превышает загрязнённость хозяйственно-бытовых и производственных сточных вод.

Исследуемые водные объекты характеризуются малой и очень малой прозрачностью (0,4–1,0 м). рН слабощелочной, от 7,3 на КУ Вязь до 8,8 в вдхр. Комсомольское озеро. Цветность изменяется от малой (вдхр. Заславское) до высокой (КУ Вязь р. Свислочь, р. Березина). На КУ Королищевичи отмечается резкий запах гниения, наблюдается сильное цветение воды. На КУ Вязь и КУ Анусино, КУ Светлогорск обильно развиваются нитчатые водоросли, плотно обволакивающие заросли погружённых растений. Во всех исследуемых водных объектах (кроме КУ Анусино, расположенного выше г. Минска) трансформация коснулась практически всех гидрохимических показателей, а состояние отдельных объектов можно оценить как катастрофическое (КУ Королищевичи).

Источником поступления ТМ в водные объекты являются локальные сбросы, плоскостной сток и пылегазовые выбросы промышленных предприятий, тепловых электростанций, крупных городов и автотранспорта. Анализ накопления ТМ различными видами растений показал, что высшим водным растениям свойственна избирательность в накоплении солей ТМ [2–4]. Концентрация в разных видах макрофитов зависит от химических и гидрофизических свойств водной среды, состава донных отложений, наличия источников загрязнения.

Концентрация Ni в макрофитах обследованных водных объектов колеблется от следовых количеств до 0,94 мг/кг (роголистник погружённый, КУ Анусино), что не превышает среднее фоновое значение для рек Беларуси [3].

Среднее фоновое содержание Cu в макрофитах рек составляет 2,19 мг/кг. Максимальные концентрации Cu (до 113 мг/кг) зафиксированы в погружённых растениях на КУ Королищевичи и КУ Вязь. Превышения содержания Cu в водных растениях отмечены для всех исследованных водных объектов.

Максимальное содержание Pb отмечается в подводных растениях (табл.): рдест гребенчатый, КУ Королищевичи (22,5 мг/кг); роголистник погружённый, там же (11,0 мг/кг), КУ Анусино (15,6 мг/кг), КУ Вязь (6,55 мг/кг), при средней фоновой величине 0,51 мг/кг.

Среднее фоновое содержание Zn в макрофитах рек Беларуси 8,71 мг/кг, а максимальное содержание зафиксировано в роголистнике погружённом и рдесте гребенчатом на КУ Королищевичи (314 и 225 мг/кг соответственно), что в 36 и 25 раз выше среднего значения по республике.

Наибольшее содержание Ti отмечено в роголистнике погружённом (312 мг/кг, КУ Анусино) и рдесте гребенчатом (225 мг/кг, КУ Королищевичи), при среднем фоновом содержании 5,6 мг/кг.

Среднее содержание Сг в водных растениях рек Беларуси 5,28 мг/кг. Превышение фона по данному элементу не отмечено ни в одном из отобранных образцов.

Концентрация V колеблется в фитомассе от следовых количеств до 4,68 мг/кг (роголистник погружённый, КУ Анусино), при среднем фоновом содержании 2,96 мг/кг.

Среднее фоновое содержание Mn в макрофитах рек Беларуси зафиксировано на уровне 154,0 мг/кг. Максимальное содержание этого элемента имеют погружённые виды растений (роголистник погружённый, рдест пронзеннолистный) на КУ Бобруйск и КУ Светлогорск – 1 000,0 и 714,0 мг/кг соответственно. Больше всего Mn накапливают погружённые макрофиты (табл.), причём как в загрязнённых так и не подверженных загрязнению водных объектах.

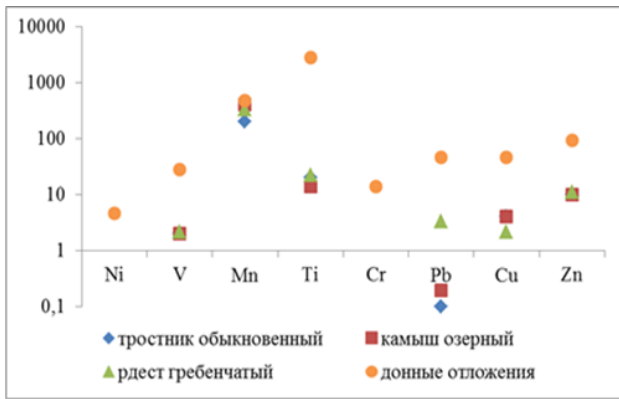
Донные отложения, служащие субстратом произрастания макрофитов, представлены в основном в литорали песками и песками заилёнными, глубже – илами опесчаненными. Содержание элементов в грунтах колеблется в широком диапазоне (табл.) и составляет: Ni – от 1,93 (вдхр. Комсомольское озеро) до 8,41 (КУ Королищевичи) (при средней величине для рек Беларуси 9,76 мг/кг [5]), для других элементов соответственно Cu – от 26,0 (КУ Светлогорск) до 126 (КУ Королищевичи) (средняя 10,8); Pb – от 27,5 (КУ Анусино) до 126 (КУ Королищевичи) (16,9); Zn – от 91,6 (КУ Анусино) до 2 523 (КУ Королищевичи) (29,7); Cr – от 4,82 (вдхр. Комсомольское озеро) до 84,1 (КУ Королищевичи) (29,5); V от 8,31 (КУ Бобруйск) до 28,3 (вдхр. Заславское) (22,0); Mn – от 472 (вдхр. Заславское) до 1 682 (КУ Королищевичи) (713); Ti – от 831 (КУ Бобруйск) до 2 832 (вдхр. Заславское) (1 515,0) мг/кг. Наиболее высокие концентрации ТМ отмечены в донных отложениях на КУ Королищевичи.

Таблица – Пределы колебания (числитель) и средние значения (знаменатель) концентрации элементов в макрофитах и донных отложениях водной экосистемы р. Свислочь–р. Березина, мг/кг

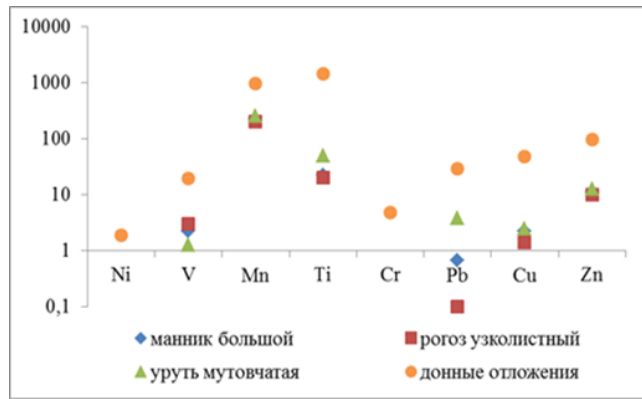
Группа формаций макрофитов	Микроэлементы							
	Ni	V	Mn	Ti	Cr	Pb	Cu	Zn
Погружённые	<u>0,00–0,94</u> 0,47	<u>1,26–4,68</u> 2,97	<u>236–1 000</u> 618	<u>22,1–312</u> 167	<u>0,00–4,68</u> 2,34	<u>1,00–22,5</u> 11,8	<u>2,21–113</u> 57,4	<u>11,1–314</u> 163
С плавающими листьями	<u>0,00–0,07</u> 0,035	<u>0,55–0,69</u> 0,62	<u>327–411</u> 369	<u>32,7–68,5</u> 50,6	<u>0,55–0,69</u> 0,62	<u>0,05–2,74</u> 1,40	<u>1,09–2,74</u> 1,92	<u>5,45–6,85</u> 6,15
Надводные	<u>0,00–0,12</u> 0,06	<u>1,88–3,68</u> 2,78	<u>134–490</u> 312	<u>13,2–73,5</u> 43,3	<u>0,00–1,23</u> 0,615	<u>0,09–1,63</u> 0,86	<u>1,17–7,35</u> 4,26	<u>9,40–12,3</u> 10,8
Средняя для рек Беларуси [3]	1,03	2,96	154,0	5,66	5,28	0,51	2,19	8,71
Донные отложения	<u>1,93–8,41</u> 5,17	<u>8,31–28,3</u> 18,3	<u>472–1 682</u> 1 077	<u>831–2 832</u> 1 832	<u>4,82–84,1</u> 44,5	<u>27,48–126</u> 76,8	<u>26,0–126</u> 76,1	<u>91,6–2 523</u> 1 307
Средняя для рек Беларуси [5]	9,76	22,0	713	1 515	29,5	16,9	10,8	29,7

Для исследованных водных объектов рассчитан индекс содержания ТМ в растениях, который представляет собой суммарное отношение величины коэффициентов концентрации элементов (мера аномальности содержания элемента в водных растениях и донных осадках относительно фона) к их числу [6]. Величина индекса близкая к 1, соответствует фоновому содержанию элементов. Величина индекса менее 0,1 характеризует очень чистые водные объекты, от 0,1 до 1,0 – чистые, от 1,01 до 2,0 – слабо загрязнённые, от 2,01 до 3,0 – умеренно загрязнённые, выше 3,0 – сильно загрязнённые. Значение индекса варьирует в пределах от 1,40 (вдхр. Заславское) до 16,30 (КУ Королищевичи р. Свислочь). Большинство КУ относится к умеренно и сильно загрязнённым.

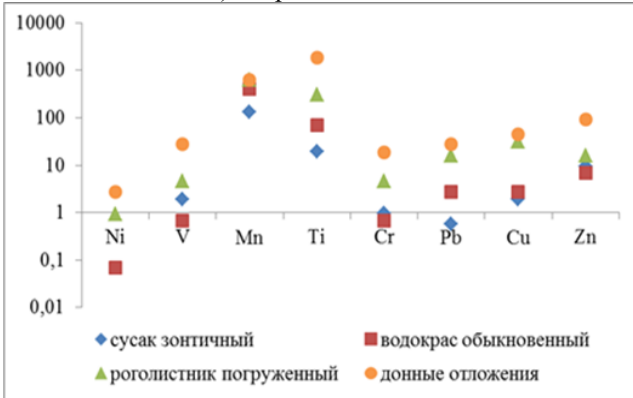
Содержание ТМ в растениях и донных отложениях исследованных водных объектов иллюстрируют диаграммы рис.



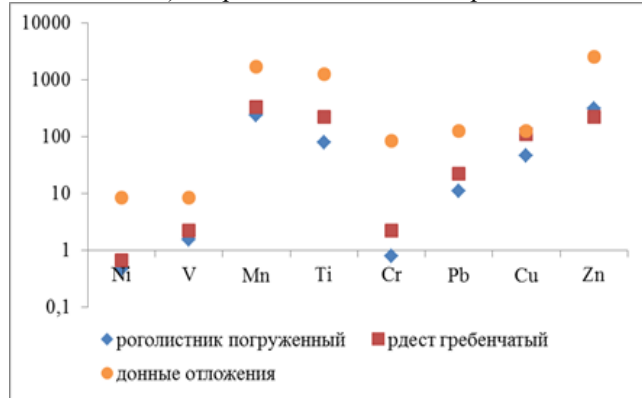
а) вдхр. Заславское



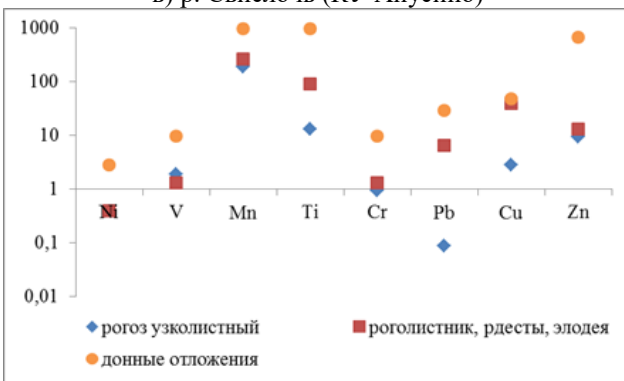
б) вдхр. Комсомольское озеро



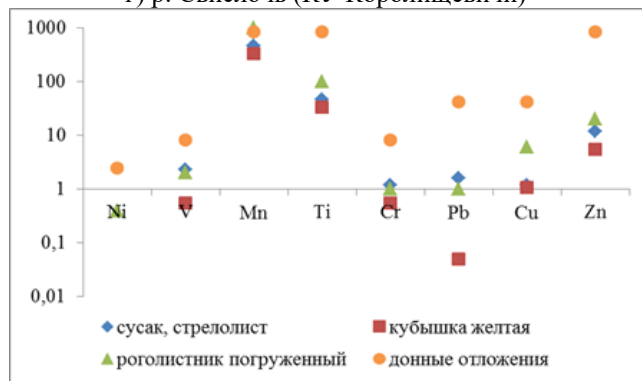
в) р. Свисloch (КУ Анусино)



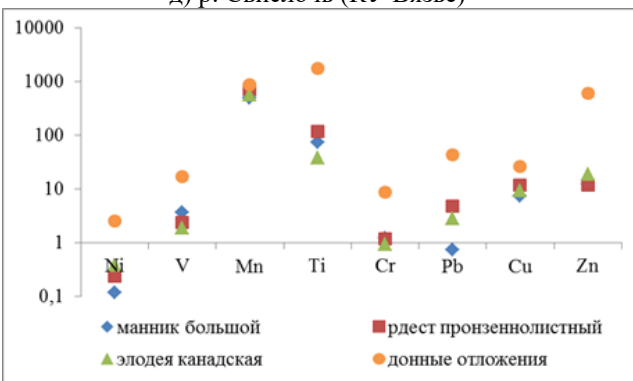
г) р. Свисloch (КУ Королищевичи)



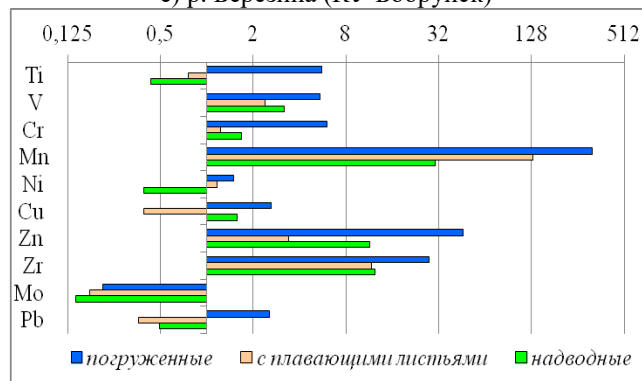
д) р. Свисloch (КУ Вязье)



е) р. Березина (КУ Бобруйск)



ж) р. Березина (КУ Светлогорск)



з) Среднее для макрофитов Беларуси [3]

Рисунок – Содержание ТМ в макрофитах и донных отложениях водной экосистемы р. Свисloch–р. Березина, мг/кг

Проведённые исследования свидетельствуют, что наилучшими индикаторами являются погружённые растения. В водных объектах в меньшей степени подверженных загрязнению содержание поллютантов в макрофитах находится на уровне фоновых величин или незначительно их превышает. Растительность на участках, испытывающих интенсивное антропогенное воздействие и загрязнение, накапливает элементы в концентрациях, превышающих фоновые величины в десятки раз. Особенно высокими коэффициентами концентрации характеризуются Ti, Zn, Cu и Pb, содержание которых многократно превышает фоновые значения для территории Беларуси, наименьшими – Ni, V и Cr. По величине индекса содержания металлов в растениях заметно выделяется КУ Королищевичи р. Свислочь. Те же закономерности прослеживаются и в содержании металлов в донных отложениях. Специфика такого распределения кроется в особенностях водосборов рек и наличия источников поступления металлов, связанных главным образом с воздействием локальных техногенных источников. Расположение наиболее загрязнённых участков свидетельствует о техногенных изменениях, вызванных влиянием крупных городов, и необходимости реабилитации данных водных объектов.

Библиографические ссылки

1. Мур Дж. В., Рамамурти С. Тяжёлые металлы в природных водах. М. : Мир, 1987.
2. Власов Б. П., Грищенко Н. Д. Содержание тяжёлых металлов в водных растениях водоёмов и водотоков Беларуси по данным мониторинга // Вестн. БГУ. Сер. 2, Химия. Биология. География. 2011. № 3. С. 117–121.
3. Власов Б. П., Грищенко Н. Д., Рудаковский И. А., Ковальчик Н. В., Жуковская Н. В. Мониторинг водной растительности // Мониторинг раст. мира в Республике Беларусь: результаты и перспективы / Под общ. ред. А. В. Пугачевского, А. В. Судника. Минск : Беларус. навука, 2019. С. 71–99.
4. Жуковская Н. В., Власов Б. П., Ковальчик Н. В. Содержание тяжёлых металлов в высшей водной растительности водоёмов и водотоков Беларуси: пространственные и видовые особенности // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2019. № 1. С. 22–34.
5. Власов Б. П., Жуковская Н. В., Ковальчик Н. В. Содержание микроэлементов в донных отложениях водоёмов и водотоков Беларуси по данным мониторинга // Журн. Белорус. гос. ун-та. География. Геология. 2017. № 2. С. 152–162.
6. Vlasov B., Gigevich G. Estimation of pollution of lakes of Belarus under the contents of heavy metals in water plants and bottom sediments // Limnological rev. 2006. Vol. 6. P.289–294.

УДК 550.42:504.61(476)

СОПРЯЖЁННОЕ ГЕОХИМИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ И ГИДРОБИОНТОВ ОСИПОВИЧСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА (МЕТОДИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)

О. В. Лукашёв, Д. Л. Творонович-Севрук, Н. Г. Лукашёва

Белорусский государственный университет, факультет географии и геоинформатики,
пр. Независимости 4, 220030 Минск, Республика Беларусь; lukashev@bsu.by

На основе многолетних исследований дана оценка техногенного загрязнения Осиповичского водохранилища химическими элементами-металлам.

Ключевые слова: донные отложения; гидробионты; металлы; водохранилище.

Осиповичское водохранилище (далее ОсВ) – один из относительно крупных искусственных водоёмов Беларуси (табл. 1, приведены водоёмы с площадью >1,0 км²), создано в 1953 г. в Осиповичском р-не Могилёвской обл. в результате подпора плотиной Осиповичской ГЭС вод р. Свислочь на расстоянии 43,6 км от её впадения в р. Березину. Площадь водохранили-