



УДК 574.52 574.55

## ГИДРОФИТЫ И ГИГРОФИТЫ ИВАНЬКОВСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА: ПРОДУКТИВНОСТЬ И АККУМУЛЯЦИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ

**Чекмарева Екатерина Александровна**, младший научный сотрудник  
ФГБУН «Институт водных проблем Российской академии наук», филиал Ивановская  
НИС  
171251, Тверская область, г. Конаково, ул. Белавинская, 61-А

*Работа выполнена в рамках темы № FMWZ-2022-0002 Государственного задания ИВП РАН*

**Аннотация.** Был проведён анализ данных, полученных в ходе экспедиционной деятельности сотрудников Ивановской НИС ИВП РАН и лаборатории высшей водной растительности ИБВВ им. И.Д. Папанина РАН в 2021 году. Изучены гидрофиты и гигрофиты, произрастающие в 1-й Бревновском, Мошковичском, Перетрусовском, Техническом, Федоровском заливах, а также заливах у СНТ Волжанка, д. Ст. Мелково, п. Эммаус Ивановского водохранилища. Выявлены закономерности пространственной аккумуляции тяжёлых металлов в биомассе гидрофитов и гигрофитов.

**Ключевые слова:** Ивановское водохранилище, заливы, гидрофиты, гигрофиты, аккумуляция, тяжёлые металлы.

### Введение

Среди макрофитов, произрастающих в околоводной и водной среде выделяют гидрофиты, частично или полностью погруженные в воду, гигрофиты, растения, обитающие на территориях с избыточным увлажнением [1]. В зависимости от условий местообитания растения, локализации тяжёлого металла в донных отложениях и водной среде, а также в малых долях в воздушной среде гидрофиты накапливают преимущественно биофильные тяжёлые металлы Cu, Co, Mn, Zn, Ni. Оценка продуктивности и аккумуляции тяжёлых металлов в гидрофитах и гигрофитах позволяет дать предварительную суммарную оценку накопления в биомассе и рассчитать площадную величину накопления тяжёлых металлов в заливах Ивановского водохранилища.

**Объекты исследования** – заливы Волжского плёса (п. Эммаус, д. Ст. Мелково, СНТ Волжанка) и Ивановского плёса (Перетрусовский, 1-й Бревновский, Федоровский, Мошковичский, Технический).

### Материалы и методы

Картирование гидрофитов и гигрофитов с геоботаническим описанием видового состава, а также отбор проб по заливам проводили в 2021 году вдоль береговой линии, исследуемых заливов, у каждого крупного сообщества (формации) макрофитов, наиболее характерных для водоема. После описания растительных группировок отбирали пробы

растений, измеряли биомассу в сыром, а в дальнейшем в воздушно-сухом состоянии с площади 1 м<sup>2</sup>. Подготовленные методики полевого отбора, пробоподготовка к химическому анализу на ТМ гидрофитов и гигрофитов частично описаны в [2]. На химический анализ были отобраны эугидрофиты *Stratiotes aloides L.*, *Potamogeton lucens L.*; плейстогидрофиты *Trapa natans L. s. l.*, *Nuphar lutea (L.) Smith*, *Nymphaea candida J. et C Presl*, *Sagittaria sagittifolia L.*; аэрогидрофиты *Phragmites australis (Cav.) Trin*, *Schoenoplectus lacustris (L.) Palla*, *Zizania latifolia (Gresed.) Siapf*; гигрогелофит *Stachys palustris L.* и представители рода *Spirogyra* (нитчатые водоросли).

Оценка аккумуляции тяжёлых металлов в биомассе гидрофитов и гигрофитов левобережных и правобережных заливов без дифференциации видов проводили с использованием следующих формул:

$$C_{ТМБМ} = C_{ТМ} \times X_{СР}, \quad (\text{формула 1})$$

где  $C_{ТМБМ}$  - концентрация тяжёлого металла в биомассе с 1 м<sup>2</sup> площади Ивановского водохранилища, мг/кг;  $C_{ТМ}$  - концентрация тяжелого металла в 1 кг растительности, мг/кг;  $X_{СР}$  - средняя навеска в воздушно-сухом состоянии, отобранной с 1 м<sup>2</sup> исследуемой площади, кг/м<sup>2</sup>. Для заливов Ивановского водохранилища:  $X_{СР}$  составила 0.462 кг/м<sup>2</sup>.

$$A_{ТМГГ} = C_{ТМБМ} \times S_3 / 10^6, \quad (\text{формула 2})$$

где  $A_{ТМГГ}$  - аккумуляция тяжёлых металлов в гидрофитах и гигрофитах, т;  $S_3$  - площадь исследуемого залива, м<sup>2</sup>.

## Результаты и обсуждение

В таблице 1 представлены формации гидрофитов и гигрофитов заливов Ивановского водохранилища по результатам картирования 2021 года.

Таблица 1 – Формации гидрофитов и гигрофитов заливов\* Ивановского водохранилища в 2021 г.

Вид	<i>Schoenoplectus lacustris (L.) Palla</i>	<i>Typha angustifolia L.</i>	<i>Nuphar lutea (L.) Smith</i>	<i>Trapa natans L. s. l.</i>	<i>Persicaria amphibia (L.) S.F. Gray</i>	<i>Hydrocharis morsus-ranae L.</i>	<i>Nymphaea candida J. et C Presl</i>	<i>Glyceria maxima (O/Hartm.) Holub</i>	<i>Stratiotes aloides L.</i>
<i>Trapa natans L. s. l.</i>	2		1-6		2, 5		1-3, 5-6		
<i>Nuphar lutea (L.) Smith</i>		1-6			1- 2,5	1, 5	1-2		
<i>Phragmites australis (Cav.) Trin</i>			2, 5	5	1				3, 6
<i>Schoenoplectus lacustris (L.) Palla</i>			2		1, 5				
<i>Typha angustifolia L.</i>			4, 5			1, 5		3, 6	
<i>Zizania latifolia (Gresed.) Siapf.</i>		1-6	1-6		1, 2, 5				3, 6

\*Заливы: 1. Домкинский, 2. Новосельский, 3. Перетрусовский, 4. Технический, 5. Федоровский, 6. 1-й Бревновский

Оценка аккумуляции тяжёлых металлов в биомассе гидрофитов и гигрофитов левобережных и правобережных заливов без дифференциации видов была проведена с использованием формул 1 и 2. Концентрации тяжёлых металлов в средней навеске в воздушно-сухом состоянии ( $C_{ТМБМ}$ ) в исследуемых заливах Ивановского водохранилища составили для Cu-2.5 мг/дм<sup>3</sup>, Co-2.4 мг/дм<sup>3</sup>, Mn-142.9 мг/дм<sup>3</sup>, Zn-14.2 мг/дм<sup>3</sup>, Ni-2.4 мг/дм<sup>3</sup>.

Аккумуляция тяжёлых металлов в макрофитах происходила в геохимическом ряду в следующем процентном соотношении: 87.6Mn 8.7Zn 1.6Cu 1.4Ni 0.7Co.

Выявлено в правобережных заливах Ивановского водохранилища содержание Zn,

Сг и Ni выше, чем в левобережных, что связано с сельскохозяйственной деятельностью ГК «Агропромкомплектация» и высоким показателем застройки. В Волжском плёсе максимальные концентрации Mn, Co, Ni и Cd выше, чем в Ивановском. Источниками поступления тяжёлых металлов всё также являются стоки г. Тверь и Редкинский опытный завод.

Оценка аккумуляции тяжёлых металлов в гидрофитах и макрофитах заливов Ивановского водохранилища в 2021 году (таблица 2), позволил выявить ряд особенностей пространственного содержания тяжёлых металлов в Волжском и Ивановском плёсах:

- концентрации Cu в среднем (6.5 и 5.1 мг/кг соответственно) в плёсах близки друг к другу;

- Co и Ni накапливается в большей степени в макрофитах Волжского плёса (до 9.2 мг/кг Co в *Spirogyra* залива у СНТ Волжанка и 22.2 мг/кг Ni в *Potamogeton lucens L.* залива у Ст. Мелково);

- Mn содержится в высоких концентрациях повсеместно, средние значения составили 316.6 и 269.6 мг/кг в Волжском и Ивановском плёсах;

- накопление Zn макрофитами в среднем одинаково (34.6 и 34.0 мг/кг соответственно) с размещением источников с максимальным содержанием элемента в заливах у Ст. Мелково (66.3 мг/кг в гидрофите *Potamogeton lucens L.*) и СНТ Волжанка (51 мг/кг в гидрофите *Nymphaea candida J. et C Presl*), Федоровском (49 мг/кг в гидрогепофите *Stachys palustris L.*) и Омутнинском (50 мг/кг в гидрофите *Trapa natans L. s. l.*) заливах.

Таблица 2 – Оценка аккумуляции тяжёлых металлов в биомассе гидрофитов и макрофитов без дифференциации видов заливов Ивановского водохранилища за 2021 г., кг.

Название залива	S <sub>зараст.</sub> , %	Cu	Co	Mn	Zn	Ni
лев. берег: Перетрусовский, 1-й Бревновский						
1-й Бревновский	40.5	2.49	1.14	140.15	13.22	2.32
Перетрусовский	19.9	8.81	4.02	495.23	49.33	8.18
Σ	60.4	11.3	5.16	635.38	62.55	10.50
пр. берег: заливы Мошковичский, Федоровский, Технический						
Домкинский	28.6	6.24	2.85	350.96	34.96	5.80
Коровинский	15.1	0.78	0.36	43.85	4.37	0.73
Новосельский	25.6	1.50	0.69	84.30	8.40	1.39
Технический	27.8	0.81	0.37	45.80	4.56	0.76
Федоровский	33.9	3.49	1.59	195.97	19.52	3.24
Σ	131.0	12.82	5.86	750.88	53.41	11.92

## Выводы

В 2021 г. была отмечена высокая продуктивность макрофитов Федоровского (16.6 кг/м<sup>2</sup>) и 1-ом Бревновского заливов (Ивановский плёс). Через Волжский и Шошинский плёсы поступают в Ивановский плёс высокие концентрации Mn, Co, Ni и Cd, источниками поступления которых являются стоки г. Тверь и застройка береговой зоны, а также Редкинский опытный завод. Выявлены сильные связи между Co и Ni, Mn и Co, Mn и Ni (0.70-0.74). Поскольку Mn в водоёме распространён повсеместно можно предположить поступление Ni и Co. В целом, заливы Ивановского водохранилища, заросшие высшей водной растительностью, выполняют функции геохимической ловушки для биофильных тяжёлых металлов.

## Список литературы:

1. Сборник нормативных документов по вопросам охраны окружающей среды / сост. Войтов И.В., Кожевникова Р.К. - вып. 31. - Минприроды и охраны окружающей среды республики Беларусь: ОДО «Лорандж-2», - 2001. -172 с.

2. Беляков Е.А., Гарин Э.В., Чекмарева Е.А., Содержание тяжелых металлов в водных и прибрежно-водных макрофитах Ивановского водохранилища // Антропогенное влияние на водные организмы и экосистемы. Сб. материалов VIII Всероссийской конференция по водной экотоксикологии. 2023. ИБВВ РАН им. И.Д. Папанина. Ярославль: Филигрань. С.7-10.

**HYDROPHYTES AND HYGROPHYTES OF THE IVANKOVO RESERVOIR:  
PRODUCTIVITY AND ACCUMULATION OF HEAVY METALS**

Ekaterina A. Chekmareva

*Abstract.* An analysis of the data was carried out by the expedition of the staff of the Ivankovskaya Scientific Research Station Water Problems Institute of RAS and the Laboratory of Higher Aquatic Vegetation of the Papanin Institute for biology of inland waters RAS in 2021. Hydrophytes and hygrophytes of the bays of the Ivankovsky reservoir of the 1st Brevnovsky, Moshkovichi, Peretrusovsky, Technical, Fedorovsky, near Volzhanka, Staroe Melkovo, Emmaus were studied. Spatial accumulation of heavy metals in the biomass of hydrophytes and hygrophytes has been revealed.

*Keywords:* Ivankovo reservoir, bays, hydrophytes, hygrophytes, accumulation, heavy metals.