

Оригинальная статья / Original article

УДК 574.24 (581.5)

DOI: 10.18470/1992-1098-2024-4-12



Видовые особенности накопления химических элементов некоторыми видами макрофитов дельты Волги

Алина С. Куанова¹, Татьяна С. Ершова¹, Владимир А. Чаплыгин¹, Вячеслав Ф. Зайцев¹,
Наталья В. Литвинова², Наталья Г. Шабоянц³, Анастасия А. Матвеева¹

¹Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

²Астраханский ордена Трудового Красного Знамени государственный природный биосферный заповедник, Астрахань, Россия

³Астраханский государственный медицинский университет Министерства здравоохранения Российской Федерации, Астрахань, Россия

Контактное лицо

Алина С. Куанова, ассистент кафедры гидробиология и общая экология, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»; 414056 Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16.

Тел. +79275511900

Email alina29-94@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0009-0006-6434-420X>

Формат цитирования

Куанова А.С., Ершова Т.С., Чаплыгин В.А., Зайцев В.Ф., Литвинова Н.В., Шабоянц Н.Г., Матвеева А.А. Видовые особенности накопления химических элементов некоторыми видами макрофитов дельты Волги // Юг России: экология, развитие. 2024. Т.19, N 4. С. 149-153. DOI: 10.18470/1992-1098-2024-4-12

Получена 15 августа 2024 г.

Прошла рецензирование 20 сентября 2024 г.

Принята 15 октября 2024 г.

Резюме

Цель: выявить особенности накопления химических элементов некоторыми видами макрофитов дельты Волги.

Объектами исследования являлись многокоренник обыкновенный (*Spirodela polyrrhiza* L.) и роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.). Отбор проб растений производился дельте Волги. Определение концентрации химических элементов осуществлялось с помощью метода атомно – абсорбционной спектроскопии.

В результате проведенных исследований показаны некоторые сходства в накоплении металлов *Spirodela polyrrhiza* и *Ceratophyllum demersum*. Так, железо и марганец исследованные виды растений аккумулируют в большей мере, а содержание кадмия в них минимально. При этом отмечена видовая специфичность растений аккумулировать химические элементы: по сравнению с *Spirodela polyrrhiza* в *Ceratophyllum demersum* выявлено более высокое их содержание, что обусловлено биологическими и физиологическими особенностями растений.

Ceratophyllum demersum обладает способностью более эффективно концентрировать химические элементы, такие как Fe, Ni, Pb и Zn из окружающей среды, чем *Spirodela polyrrhiza*. В связи с этим роголистник темно-зеленый рекомендован в качестве индикаторного вида в мониторинге загрязнения водных экосистем.

Ключевые слова

Высшая водная растительность, макрофиты, дельта Волги, аккумуляция, химические элементы.

Specific features of accumulation of chemical elements by some types of macrophytes of the Volga Delta

Alina S. Kuanova¹, Tatiana S. Ershova¹, Vladimir A. Chaplygin¹, Vyacheslav F. Zaitsev¹,
Natalia V. Litvinova², Natalia G. Shaboyants³ and Anastasia A. Matveeva¹

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

²Astrakhan Order of the Red Banner of Labour State Nature Biosphere Reserve, Astrakhan, Russia

³Astrakhan State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation, Astrakhan, Russia

Principal contact

Alina S. Kuanova, Assistant, Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University; 16 Tatishcheva St, Astrakhan, Russia 414056.

Tel. +79275511900

Email alina29-94@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0009-0006-6434-420X>

How to cite this article

Kuanova A.S., Ershova T.S., Chaplygin V.A., Zaitsev V.F., Litvinova N.V., Shaboyants N.G., Matveeva A.A. Specific features of accumulation of chemical elements by some types of macrophytes of the Volga Delta. *South of Russia: ecology, development*. 2024; 19(4):149-153. (In Russ.) DOI: 10.18470/1992-1098-2024-4-12

Received 15 August 2024

Revised 20 September 2024

Accepted 15 October 2024

Abstract

Aim. To identify the features of accumulation of chemical elements by some types of macrophytes of the Volga Delta.

The objects of the study were common mulberry (*Spirodela polyrhiza* L.) and dark green hornwort (*Ceratophyllum demersum* L.). Plant sampling was carried out in the Volga Delta. The concentration of chemical elements was determined using atomic absorption spectrometry.

As a result of the studies conducted, some similarities in the accumulation of metals *Spirodela polyrhiza* and *Ceratophyllum demersum* are shown. Thus, the plant species studied accumulate iron and manganese to a greater extent, whereas the cadmium content is minimal. At the same time, the species specificity of plants to accumulate chemical elements was noted: compared with *Spirodela polyrhiza*, *Ceratophyllum demersum* revealed a higher content due to the biological and physiological characteristics of the plants investigated.

Ceratophyllum demersum has the ability to concentrate chemical elements such as Fe, Ni, Pb and Zn from the environment more efficiently than *Spirodela polyrhiza*. In this regard, the dark green hornwort is recommended as an indicator species in monitoring pollution of aquatic ecosystems.

Key Words

Higher aquatic vegetation, macrophytes, Volga Delta, accumulation, chemical elements.

ВВЕДЕНИЕ

Дельта реки Волга представляет собой уникальный объект для исследования процессов трансформации загрязняющих веществ. Дельтовые водотоки и устьевые отмели характеризуются небольшой глубиной (1,5–2,5 м) и высокой степенью зарастания высшей водной растительностью [1].

Высшие водные растения выполняют роль барьера, поглощая различные химические элементы из водоемов и способствуют снижению их концентрации в окружающей водной среде [2; 3].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами изучения являлись представители высшей водной растительности дельты Волги: многокоренник

обыкновенный (*Spirodela polyrhiza* L.) и роголистник темно-зеленый (*Ceratophyllum demersum* L.).

Отбор проб растений осуществлялся в водотоках дельты Волги.

Определение концентрации химических элементов в объектах исследования осуществляли на кафедре «Гидробиология и общая экология» ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет», используя метод атомно-абсорбционной спектроскопии.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При исследовании содержания химических элементов в *Spirodela polyrhiza* отмечено, что в наибольшем количестве аккумулировались железо и марганец (табл. 1).

Таблица 1. Содержание химических элементов в *Spirodela polyrhiza* и *Ceratophyllum demersum*, мг/кг сухого вещества
Table 1. Content of chemical elements in *Spirodela polyrhiza* and *Ceratophyllum demersum*, mg/kg of dry matter

Вид View	Химический элемент / Chemical element						
	Fe	Mn	Ni	Zn	Pb	Cu	Cd
<i>Spirodela polyrhiza</i>	201,43±	198,87±8,	11,75±	5,33±	4,93±	2,33 ±0,8	0,23±
	12,5	3	0,3	0,8	0,3		0,01
<i>Ceratophyllum demersum</i>	486,57±	240,13±4,	21,98±	16,42±	14,27±	7,42 ±0,2	0,66±
	9,3	7	0,3	2,8	2,4		0,1

Содержание железа составляло 201,43±12,5 мг/кг, а марганца – 198,87±8,3 мг/кг сухого вещества. Выявленные различия в значениях концентрации железа и марганца в многокореннике обыкновенном статистически незначимы ($p>0,05$).

Содержание Ni, Zn и Pb в *Spirodela polyrhiza* составляли 11,75±2,5, 5,33±0,8 и 4,93±0,3 мг/кг сухого вещества соответственно. Концентрация кадмия составляла 0,23±0,01 мг/кг сухого вещества, а содержание кобальта и хрома обнаружено в следовых количествах.

По концентрации в *Spirodela polyrhiza* химические элементы распределялись в следующем убывающем ряду:

$Fe \geq Mn > Ni > Zn \geq Pb > Cu > Cd$.

В *Ceratophyllum demersum* в наибольшем количестве выявлено содержание железа (486,57±9,3 мг/кг сухого вещества), а содержание марганца составляло 240,13±4,7 мг/кг сухого вещества, что в 2 раза меньше, чем железа.

Как и у многокоренника обыкновенного у роголистника темно-зеленого концентрации остальных исследованных химических элементов на порядок ниже, чем марганца и железа. Так, концентрации Ni, Zn и Pb составляли 21,98±0,3; 16,42±2,8 и 14,27±2,4 мг/кг сухого вещества соответственно. Статистических различий в значениях накопления Cu, Cr и Co роголистником не отмечено ($p>0,05$). Концентрации выше отмеченных химических элементов составляли 7,42±0,2; 6,74±2,1; 4,75±0,2 мг/кг сухого вещества соответственно. В наименьшем количестве в растениях обнаружен кадмий, концентрация которого составляла 0,66±0,1 мг/кг сухого вещества.

Средние концентрации изученных металлов в *Ceratophyllum demersum* представляют собой следующий убывающий ряд:

$Fe > Mn > Ni > Zn \geq Pb > Cu \geq Cr \geq Co > Cd$.

Сравнительный анализ содержания химических элементов в *Spirodela polyrhiza* и *Ceratophyllum demersum*

показал некоторые сходства в накоплении металлов. Так, железо и марганец, исследованные виды растений аккумулируют в большей мере, а содержание кадмия в них минимально. Кроме того, у обоих видов растений обнаружена аналогичная закономерность распределения химических элементов по значениям концентрации в убывающих рядах.

Железо является одним из важнейших микроэлементов, необходимых растениям для нормального роста и развития, оно участвует в процессе фотосинтеза и дыхания, т.к. оно входит в состав ферментов, отвечающих за перенос электронов в митохондриях и хлоропластах [1]. Марганец является не менее важным микроэлементом, чем железо необходимым также для фотосинтеза и других метаболических процессов у растений [4]. Вероятно, роль этих металлов в организме растений и обуславливает наибольшие концентрации этих химических элементов.

В то же время у исследованных видов растений отмечена видовая специфичность в способности аккумулировать в своем организме химические элементы. Так, по сравнению с *Spirodela polyrhiza* *Ceratophyllum demersum* обладает большими концентрациями химических элементов. Одной из причин таких различий в способности аккумулировать химические элементы является структура и площадь поверхности растений. У многокоренника обыкновенного плотная структура и меньшая площадь поверхности, поэтому он имеет ограниченную способность к поглощению тяжелых металлов [5]. Еще одной причиной, приводящей к различному накоплению химических элементов в исследованных видах растений, является степень их погруженности в воду процессов [6]. Так, *Ceratophyllum demersum*, являясь полностью погруженным в воду растением, способен большему поглощению тяжелых металлов из воды, на что ранее обращал свое внимание А.П. Садчиков [3]. Кроме того, известно, что в *Ceratophyllum demersum* простая форма диссимиляционных процессов [7], которая не позволяет

эффективно расщеплять и выводить токсичные вещества, в том числе тяжелые металлы, из организма, в результате чего они накапливаются в тканях растений [8].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в силу биологических особенностей и широкому распространению на всех участках дельты Волги *Ceratophyllum demersum* обладает способностью более эффективно концентрировать химические элементы, такие как Fe, Ni, Pb и Zn из окружающей среды, чем *Spirodela polyrhiza*. В связи с этим роголистник темно-зеленый рекомендован в качестве индикаторного вида в мониторинге загрязнения водных экосистем этими металлами.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования проводились при финансовой поддержке гранта РНФ № 23-24-10043.

ACKNOWLEDGMENT

The research was carried out with the financial support of the Russian Science Foundation grant No. 23-24-10043.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бреховских В.Ф., Волкова З.В., Савенко А.В. Высшая водная растительность и накопительные процессы в дельте р. Волги // Аридные экосистемы. 2009. Т. 15. N 3(39). С. 34–45.
2. Фомина Е.С., Трошина Е.А. Влияние высшей водной растительности на доочистку сточных вод // Сборник статей межвузовской III конференции «Современные проблемы экологии», Житомир, 16–17 марта, 2006 С. 150–154.
3. Садчиков А.П., Кудряшов М.А. Гидрботаника: прибрежно-водная растительность. М.: Юрайт, 2022. 254 с.
4. Рогачева С.М., Каменец А.Ф., Шилова Н.А. Влияние растворимых соединений марганца на высшие водные растения и оценка фитоэкстракционной способности растений // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. N 5(3). С. 484–488.
5. Королёва О.В., Королёв А.Н. Метаболизм аминокислот у многокоренника (*Spirodela polyrhiza* L.) при действии хлорида меди. Ботанический журнал. 2008. N 95(5). С. 73–80.
6. Тупелбергенова А.Р., Ершова Т.С., Куанова А.С., Литвинова Н.В., Чаплыгин В.А., Зайцев В.Ф. Содержание тяжелых металлов в некоторых видах растений дельты Волги // Астраханский вестник экологического образования. 2023, Т. 22, N 5 (77). С. 116–119. DOI: 10.36698/2304-5957-2023-5-116-119

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Наталья В. Литвинова, Владимир А. Чаплыгин и Анастасия А. Матвеева собрали и обработали материал. Алина С. Куанова, Татьяна С. Ершова и Наталья Г. Шабоянц проанализировали полученные данные, написали рукопись. Вячеслав Ф. Зайцев проанализировал полученные данные, проверил рукопись до подачи в редакцию. Все авторы в равной степени несут ответственность при обнаружении плагиата, самоплагиата или других неэтических проблем.

7. Савенко А.В., Бреховских В.Ф., Покровский О.С. Макро- и микроэлементный состав макрофитов пресноводной части устьевой области Волги // Аридные экосистемы. 2020, Т. 26. N 3(84). С. 93–102.

8. Христофорова Н.К. Биоиндикация и мониторинг загрязнения морских вод тяжелыми металлами. Л.: Наука, 1989. 192 с.

REFERENCES

1. Brekhovskikh V.F., Volkova Z.V., Savenko A.V. Higher aquatic vegetation and accumulation processes in the delta of the river Volga. Aridnyye ekosistemy [Arid ecosystems]. 2009, vol. 15, no. 3 (39), pp. 34–45. (In Russian)
2. Fomina E.S., Troshina E.A. Vliyaniye vysshei vodnoi rastitel'nosti na doochistku stochnykh vod [The influence of higher aquatic vegetation on wastewater treatment] *Sbornik statei mezhvuzovskoi III konferentsii «Sovremennye problemy ehkologii», Zhitomir, 16–17 marta, 2006* [Collection of articles of the interuniversity III conference «Modern problems of ecology», Zhytomyr, March 16 – 17 2006]. Zhytomyr, 2006, pp. 150–154. (In Russian)
3. Sadchikov A.P., Kudryashov M.A. *Gidrobotanika: pribrezhno-vodnaya rastitel'nost'* [Hydrobotany: coastal aquatic vegetation]. Moscow, Yurait Publ., 2022, 254 p. (In Russian)
4. Rogacheva S.M., Kamenets A.F., Shilova N.A. Effect of soluble manganese compounds on higher aquatic plants and assessment of phytoextractive ability of plants. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2016, vol. 18, no. 5(3), pp. 484–488. (In Russian)
5. Koroleva O.V., Korolev A.N. Metabolism of amino acids in a multicore (*Spirodela polyrhiza* L.) under the action of copper chloride. *Botanicheskiy zhurnal* [The Botanical journal]. 2008. no. 95(5), pp. 73–80. (In Russian)
6. Tulepbergenova A.R., Ershova T.S., Kuanova A.S., Litvinova N.V., Chaplygin V.A., Zaitsev V.F. The content of heavy metals in some plant species of the Volga Delta. *Astrakhan Bulletin of Ecological Education*, 2023, vol. 22, no. 5 (77), pp. 116–119. DOI: 10.36698/2304-5957-2023-5-116-119
7. Savenko A.V., Brekhovskikh V.F., Pokrovsky O.S. Macro- and microelement composition of macrophytes of the freshwater part of the estuary region of the Volga. Aridnyye ekosistemy [Arid ecosystems]. 2020, vol. 26, no. 3(84), pp. 93–102. (In Russian)
8. Khristoforova N.K. *Bioindikatsiya i monitoring zagryazneniya morskikh vod tyazhelymi metallami* [Bioindication and monitoring of marine pollution by heavy metals]. Leningrad, Nauka Publ., 1989, 192 p. (In Russian)

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Natalia V. Litvinova, Vladimir A. Chaplygin and Anastasia A. Matveeva collected and processed the material. Alina S. Kuanova, Tatiana S. Ershova and Natalia G. Shaboyants analysed the data obtained and wrote the manuscript. Vyacheslav F. Zaitsev analysed the data received and checked the manuscript before submitting it to the Editor. All authors are equally responsible for plagiarism, self-plagiarism and other ethical transgressions.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

NO CONFLICT OF INTEREST DECLARATION

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

Алина С. Куанова / Alina S. Kuanova <https://orcid.org/0009-0006-6434-420X>

Татьяна С. Ершова / Tatiana S. Ershova <https://orcid.org/0000-0003-4089-6115>

Владимир А. Чаплыгин / Vladimir A. Chaplygin <https://orcid.org/0000-0002-0509-702X>

Вячеслав Ф. Зайцев / Vyacheslav F. Zaitsev <https://orcid.org/0000-0001-6350-2129>

Наталья В. Литвинова / Natalia V. Litvinova <https://orcid.org/0000-0002-5842-133X>

Наталья Г. Шабоянц / Natalia G. Shaboyants <https://orcid.org/0000-0001-8615-0517>

Анастасия А. Матвеева / Anastasia A. Matveeva <https://orcid.org/0009-0000-1928-008X>