

Оригинальная статья / Original article
УДК 574.24 (581.5)
DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-192-196

Содержание химических элементов в *Trapa natans* и *Nymphoides peltata* дельты Волги

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

¹Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

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

Контактное лицо

Татьяна С. Ершова, кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры гидробиология и общая экология, ФГБОУ ВО «Астраханский государственный технический университет»; 414056 Россия, г. Астрахань, ул. Татищева, 16. Тел. +79053630749

Email ershova_ts@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4089-6115>

Формат цитирования

Куанова А.С., Ершова Т.С., Зайцев В.Ф., Чаплыгин В.А., Литвинова Н.В. Содержание химических элементов в *Trapa natans* и *Nymphoides peltata* дельты Волги // Юг России: экология, развитие. 2023. Т.18, N 4. С. 192-196. DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-192-196

Получена 8 августа 2023 г.

Прошла рецензирование 2 октября 2023 г.

Принята 5 октября 2023 г.

Резюме

Цель. Выявить видовые особенности накопления тяжелых металлов *Trapa natans* и *Nymphoides peltata* в дельте Волги.

Материалы и методы. Отбор проб растений производился в Астраханском государственном заповеднике. Определение концентрации химических элементов осуществлялось с помощью метода атомно – абсорбционной спектрофотометрии.

Результаты. В результате проведенных исследований отмечено, что изученные виды растений имели некоторое сходство в накоплении химических элементов. Так, в обоих видах растений преимущественно аккумулировалось железо, содержание марганца находилось на втором месте по значению концентрации металла. В наименьших концентрациях обнаружены хром и кадмий. *Nymphoides peltata* по сравнению с *Trapa natans* является аккумулятором железа. Листья *Trapa natans* являются концентраторами марганца, а стебли – меди.

Выводы. На основании выявленных видовых особенностей в накоплении химических элементов в растениях выдвинуто предложение о возможности использования в качестве тест объекта листья и стебли *Nymphoides peltata* для мониторинга в воде железа, хрома; листья *Trapa natans* – меди.

Ключевые слова

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

The content of chemical elements in *Trapa natans* and *Nymphoides peltata* of the Volga Delta

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

¹Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

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

Principal contact

Tatiana S. Ershova, Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of Hydrobiology and General Ecology, Astrakhan State Technical University; 16 Tatishcheva St, Astrakhan, Russia 414056.

Tel. +79053630749

Email ershova_ts@mail.ru

ORCID <https://orcid.org/0000-0003-4089-6115>

How to cite this article

Kuanova A.S., Ershova T.S., Zaitsev V.F., Chaplygin V.A., Litvinova N.V. The content of chemical elements in *Trapa natans* and *Nymphoides peltata* of the Volga Delta. *South of Russia: ecology, development*. 2023, vol. 18, no. 4, pp. 192-196. (In Russian) DOI: 10.18470/1992-1098-2023-4-192-196

Received 8 August 2023

Revised 2 October 2023

Accepted 5 October 2023

Abstract

Aim. To identify the specific features of the accumulation of heavy metals in *Trapa natans* and *Nymphoides peltata* in the Volga delta.

Materials and Methods. Plant sampling was carried out in the Astrakhan State Nature Biosphere Reserve. Determination of the concentration of chemical elements was carried out using atomic absorption spectrophotometry.

Results. As a result of the research it was noted that the plant species studied had some similarities in the accumulation of chemical elements. In both types of plants iron was predominantly accumulated, manganese content being in second place in terms of metal concentration. Chromium and cadmium were found to be in the lowest concentrations. *Nymphoides peltata* is an iron accumulator compared to *Trapa natans*. The leaves of *Trapa natans* are manganese concentrators, while the stems are copper concentrators.

Conclusions. Based on the specific features identified in the accumulation of chemical elements in plants, a proposal is put forward regarding the possibility of using the leaves and stems of *Nymphoides peltata* as a test object for monitoring iron and chromium concentrations in water and the leaves of *Trapa natans* for monitoring copper concentrations in water.

Key Words

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

ВВЕДЕНИЕ

Устьевая область реки Волга аккумулирует значительное количество минеральных, органических и загрязняющих веществ, поступающих в нее с территории бассейна, в котором проживает 25 % населения Европейской территории России и производится около 40 % промышленной и сельскохозяйственной продукции России [1].

Высшая водная растительность играет огромную роль в экосистеме водных объектов, особенно в тех, которые подвержены антропогенной нагрузке. Так, макрофиты из воды и донных отложений поглощают загрязняющие вещества, снижают скорость течения, выносят загрязняющие вещества в воду при отмирании и разложении, изменяют газовый режим, содержание растворенного кислорода в воде, окислительно-восстановительные условия, и другие биогеохимические процессы [2]. В связи с этим высшие водные растения, обладая избирательной способностью к поглощению различных веществ, могут служить информативным показателем степени загрязнения экосистемы водного объекта и их можно использовать в качестве индикаторов присутствия химических веществ в водной среде.

Целью исследований являлось выявить видовые особенности накопления тяжелых металлов *Trapa natans* и *Nymphoides peltata* в дельте Волги.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являлись рогульник плавающий, или чилим (*Trapa natans* L.) и болотноцветник щитолистный, или нимфейник щитолистный (*Nymphoides peltata* S.G. Gmel.).

Растения собраны на различных участках Астраханского государственного заповедника.

Работа выполнена на кафедре «Гидробиология и общая экология» Астраханского государственного технического университета. Подготовка материала к химическому анализу проводилась в соответствии с общепринятыми методическими указаниями [3]. Определение тяжелых металлов в пробах растений производили с помощью метода атомно – абсорбционной спектрофотометрии. Результаты исследования обработаны статистически при помощи программного продукта Microsoft® Excel™.

ПОЛУЧЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования содержания тяжелых металлов в рогульнике плавающем и болотноцветнике щитолистном представлены в таблице.

Таблица. Содержание тяжелых металлов в *Trapa natans* и *Nymphoides peltata*, мг/кг сухого вещества
Table. Content of heavy metals in *Trapa natans* and *Nymphoides peltata*, mg/kg dry matter

Объекты исследований Research objects	Концентрации химических элементов Concentrations of chemical elements							
	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Cr	Pb	Cd
Рогоульник плавающий Rogulnik floating <i>Trapa natans</i>								
Стебли Stems	208,3±10,3	102,7±8,2	15,4±2,7	7,1±0,3	17,3±1,6	0,6±0,1	9,3±1,1	0,7±0,1
Листья Leaves	179,3±6,2	168,3±0,7	4,6±0,7	9,7±0,3	15±2,4	0,8±0,2	12,5±0,3	0,7±0,1
Нимфейник щитолистный Nymphaeum shield-leaved <i>Nymphoides peltata</i>								
Стебли Stems	438,3±10,3	72,2±5,2	5,3±0,9	11,9±2,5	17,7±2,3	2,1±0,1	9,9±2,1	0,7±0,1
Листья Leaves	418±5,6	106,9±10,3	5,5±0,2	16,2±3,6	14,1±0,1	4,1±0,3	9,8±2,3	0,4±0,1

В стеблях и листьях *Trapa natans* содержание железа и марганца на порядок выше, чем остальных исследованных металлов. Так, в наибольшем количестве в рогульнике содержалось железо (208,3±10,3 и 179,3±6,2 мг/кг сухого вещества в стеблях и листьях соответственно). Концентрация марганца в стеблях растения в 2 раза меньше, чем железа (102,7±8,2 мг/кг сухого вещества). В наименьшем количестве в растениях отмечены хром и кадмий.

В стеблях чилима концентрировались преимущественно железо, медь, а в листьях – марганец и свинец. Различия в накоплении цинка, никеля, хрома и кадмия не выявлены ($p > 0,05$).

По уровню содержания в вегетативных органах *Trapa natans* исследованные металлы располагались в следующем убывающем порядке:

стебли: Fe>Mn> Ni>Cu>Pb>Zn>Cd>Cr;

листья: Fe>Mn> Ni> Pb> Zn >Cu> Cd>Cr.

Нимфейник щитолистный, как и рогульник плавающий в большей мере содержал железо (438,3±10,3 и 418±5,6 в стеблях и листьях соответственно). На втором месте в растении по количеству располагался марганец. Так, в листьях и стеблях концентрация марганца в 4 и 6 раза ниже соответственно, чем железа. В минимальных значениях в исследованных органах обнаружен кадмий.

Показано, что стебли болотноцветника накапливали железо, а листья – марганец и хром. В отношении других исследованных металлов различия в накоплении в стеблях или в листьях недостоверны ($p > 0,05$).

По уровню содержания исследованные металлы в *Nymphoides peltata* располагались в следующие убывающие ряды:

стебли: Fe>Mn> Ni >Zn≥ Pb > Cu>Cr> Cd;

листья: Fe>Mn> Zn≥ Ni> Pb>Cu> Cr> Cd.

Отмечено, что изученные виды растений имели некоторое сходство в накоплении химических элементов. Прежде всего, они преимущественно аккумулировали железо. Это может быть обусловлено участием железа в ферментативном сопровождении фотосинтеза и клеточного дыхания, его роли в формировании вегетативной надземной части растений за счет участия в образовании хлорофилловых зерен [4; 5]. Содержание марганца в обоих видах растений находилось на втором месте по значению концентрации металла. О том, что растения являются активными аккумуляторами марганца, ранее сообщалось И.П. Капитальчук с соавторами [6] в отношении наземных видов растений. В наименьших концентрациях обнаружены хром и кадмий. Железо в рогульнике плавающим и болотноцветнике щитолистном накапливалось в большей мере в стеблях, а марганец – в листьях. Ввиду того, что листья исследованных видов растений располагаются на водной поверхности, большее содержание марганца в них связано с тем, что марганец повышает интенсивность фотосинтеза, не только положительно действует на образование хлорофилла у растений, но и уменьшает его разрушение [7]. Таким образом, химические элементы распределяются по органам растений неравномерно. Данную закономерность ранее отмечали Е.С. Гришанцева с соавторами [8] в отношении макрофитов Ивановского водохранилища.

Показано, что *Nymphoides peltata* по сравнению с *Trapa natans* является аккумулятором железа и в большей степени это свойство выявлено в отношении стеблей. Листья *Trapa natans* являются концентраторами марганца, а стебли – меди. Известно, что медь влияет на интенсивность фотосинтеза, поэтому именно медь присутствует в ферментах, встречающихся в зеленых частях растений. Кроме того, медь способствует проницаемости сосудов ксилемы для воды [7]. Содержание хрома в стеблях и листьях нимфейника выше в 2 и 4 раза соответственно, чем в таковых рогульника. Значительных различий в значениях концентрации остальных металлов в *Trapa natans* и *Nymphoides peltata* не обнаружено.

В результате наших исследований, выявлено, что для кадмия, с неуставленной его ролью в процессах, характерны невысокие уровни содержания в тканях высших водных растений. В то же время высокие уровни содержания свинца, также не участвующего в метаболизме растений, возможно, является следствием высоких концентраций этого металла в среде обитания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выявлены уровни накопления химических элементов листьями и стеблями макрофитов *Trapa natans* и *Nymphoides peltata* Астраханского государственного заповедника. Эти растения относятся к одной экологической группе – гидатофиты, поэтому у них отмечены сходные биогеохимические особенности в накоплении большинства химических элементов. Тем не менее, обнаружены некоторые видовые особенности и на основании этого выдвинуто предложение о возможности использования в качестве

тест объекта листья и стебли *Nymphoides peltata* для мониторинга в воде железа, хрома; листья *Trapa natans* – меди.

БЛАГОДАРНОСТЬ

Исследования проводились при финансовой поддержке гранта РФ № 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 А.А., Тихомирова Е.И., Кorableва А.И. Анализ содержания тяжелых металлов в высших водных растениях Волгоградского водохранилища в районе агломерации Саратов–Энгельс // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. N 2(3). С. 822–826.
3. ГОСТ Р 58588–2019. Отбор и подготовка растительных проб для изотопного анализа. М.: Стандартформ, 2019. 11 с.
4. Иванищев В.В. Роль железа в биохимии растений // Известия ТулГУ. Естественные науки. 2019. Вып. 3. С. 149–158.
5. Хелдт Г.В. Биохимия растений. М.: Бином. Лаборатория знаний, 2011. 471 с.
6. Капитальчук И.П., Шешнищан Т.Л., Шешнищан С.С., Капитальчук М.В. Миграция марганца, цинка, меди и молибдена в ландшафтно-геохимических катенах долины Нижнего Днестра // Юг России: экология, развитие. 2018. Т. 13. N 2. С. 96–112. <https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-2-96-112>
7. Власюк П.А. Микроэлементы в обмене веществ растений. Киев: Наукова думка, 1976. 154 с.
8. Гришанцева Е.С., Сафронова Н.С., Кирпичникова Н.В., Федорова Л.П. Распределение микроэлементов в высшей водной растительности Ивановского водохранилища // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2010. N 3. С. 223–231.

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 A.A., Tikhomirova Ye.I., Korableva A.I. Analysis of the content of heavy metals in higher aquatic plants of the Volgograd reservoir in the area of the Saratov–Engels agglomeration. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiskoy akademii nauk [Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2016, vol. 18, no. 2(3), pp. 822–826. (In Russian)
3. GOST P 58588–2019. Otkor i podgotovka rastitel'nykh prob dlya izotopnogo analiza [GOST P 58588–2019. Selection and preparation of plant samples for isotope analysis]. Moscow, Standartform Publ., 2019. 11 p. (In Russian)
4. Ivanishev V.V. The role of iron in plant biochemistry. Izvestiya TulGU. Yestestvennyye nauki [News of Tula State University. Natural Sciences]. 2019, iss. 3, pp. 149–158. (In Russian)
5. Kheldt G.V. Biokhimiya rastenii [Biochemistry of plants]. Moscow, Binomial. Knowledge Laboratory Publ., 2011, 471 p. (In Russian)

6. Kapital'chuk I.P., Sheshnitsan T.L., Sheshnitsan S.S., Kapital'chuk M.V. Migration of manganese, zinc, copper and molybdenum in landscape-geochemical catena of the Lower Dniester valley. *South of Russia: ecology, development*, 2018, vol. 18, no. 2, pp. 96–112. (In Russian)
<https://doi.org/10.18470/1992-1098-2018-2-96-112>.
7. Vasyuk P.A. *Mikroelementy v obmene veshchestv rastenii* [Trace elements in plant metabolism]. Kiyev, Naukova duma Publ., 1976, 154 p. (In Russian)
8. Grishantseva Ye.S., Safronova N.S., Kirpichnikova N.V., Fedorova L.P. Distribution of trace elements in the higher aquatic vegetation of the Ivankovo reservoir. *Geoekologiya. Inzhenernaya geologiya. Gidrogeologiya. Geokriologiya* [Geoecology. Engineering geology. Hydrogeology. Geocryology]. 2010, vol. 3, pp. 223–231. (In Russian)

КРИТЕРИИ АВТОРСТВА

Наталья В. Литвинова и Владимир А. Чаплыгин собрали и обработали материал. Алина С. Куанова и Татьяна С. Ершова 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.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

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

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>
Вячеслав Ф. Зайцев / Vyacheslav F. Zaitsev <https://orcid.org/0000-0001-6350-2129>
Владимир А. Чаплыгин / Vladimir A. Chaplygin <https://orcid.org/0000-0002-0509-702X>
Наталья В. Литвинова / Natalia V. Litvinova <https://orcid.org/0000-0002-5842-133X>