

DOI:10.17308/978-5-9273-3692-0-2023-264-267

**БИОГЕОХИМИЧЕСКАЯ СПЕЦИАЛИЗАЦИЯ ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЙ
В АКВАЛЬНЫХ ЛАНДШАФТАХ ДЕЛЬТ ВОЛГИ И СЕЛЕНГИ****BIOGEOCHEMICAL SPECIALIZATION OF HIGHER AQUATIC PLANTS IN AQUATIC
LANDSCAPES OF THE VOLGA AND SELENGA RIVER DELTAS****Дубровская Т.В., Лычагин М.Ю., Шинкарева Г.Л.**

Dubrovskaya T.V., Lychagin M.Yu., Shinkareva G.L.

e-mail: dtv97@yandex.ru

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Аннотация. Работа направлена на выявление биогеохимической специализации высших водных растений и особенностей накопления ими тяжелых металлов и металлоидов в дельтах Волги и Селенги в зависимости от ландшафтных и экологических условий. Работа основана на результатах экспедиционных исследований 2017-2019 гг. и лабораторных исследований, включавших анализ химического состава компонентов аквальных ландшафтов методом ICP-MS. Показано, что содержание химических элементов в высших водных растениях, произрастающих в дельтовых водотоках и водоемах, зависит от их биогеохимической специализации, ландшафтных условий, антропогенного воздействия. В целом концентрации ТММ в высших водных растениях увеличиваются в ряду от гигрофитов узколистных до гидрофитов погруженных, что обусловлено условиями произрастания растений. В дельте Волги наибольшим накоплением тяжелых металлов характеризуются сальвиния и роголистник, что обусловлено их биогеохимической специализацией. В дельте Селенги выявлены фоновые виды и виды-концентраторы. Содержания ТММ в одних и тех же видах растений, произрастающих в дельтах Волги и Селенги близки, что свидетельствует об их универсальной индикаторной значимости.

Abstract. The study aims at revealing the biogeochemical specialization of higher aquatic plants and the features of their accumulation of heavy metals and metalloids in the Volga and Selenga deltas, depending on landscape and environmental conditions. The work is based on the results of fieldwork 2017-2019, and laboratory studies, including the chemical analysis of the components of aquatic landscapes using the ICP-MS method. It is shown that the content of chemical elements in higher aquatic plants growing in deltaic water streams and bodies depends on their biogeochemical specialization, landscape conditions, and anthropogenic impact. In general, the concentrations of heavy metals in higher aquatic plants increase in the series from narrow-leaved hygrophytes to submerged hydrophytes, which is due to the habitat conditions. In the Volga delta, salvinia and hornwort are characterized by the highest accumulation of heavy metals, which is due to their biogeochemical specialization. In the Selenga delta, background species and species-concentrators have been identified. The contents of heavy metals in the same plant species growing in the Volga and Selenga deltas are close, which indicates their universal indicator significance.

Ключевые слова: высшие водные растения, аквальные ландшафты, тяжелые металлы, биогеохимическая специализация, дельты рек

Keywords: higher aquatic plants, aquatic landscapes, heavy metals, biogeochemical specialization, river deltas

Введение. Биогеохимические особенности высших водных растений в последние годы привлекают внимание многих исследователей в связи с их способностью накапливать загрязнители, переносимые водными потоками в растворенных и взвешенных формах, выполняя роль биофильтров, что особенно ярко проявляется в дельтах рек [1, 2].

Дельты Волги и Селенги являются крупнейшими внутриматериковыми дельтами. Они различаются по геолого-геоморфологическим, климатическим и гидрологическим характеристикам, однако близки по видовому составу макрофитов и их значению для экологического состояния приемных водоемов: Каспийского моря и оз. Байкал.

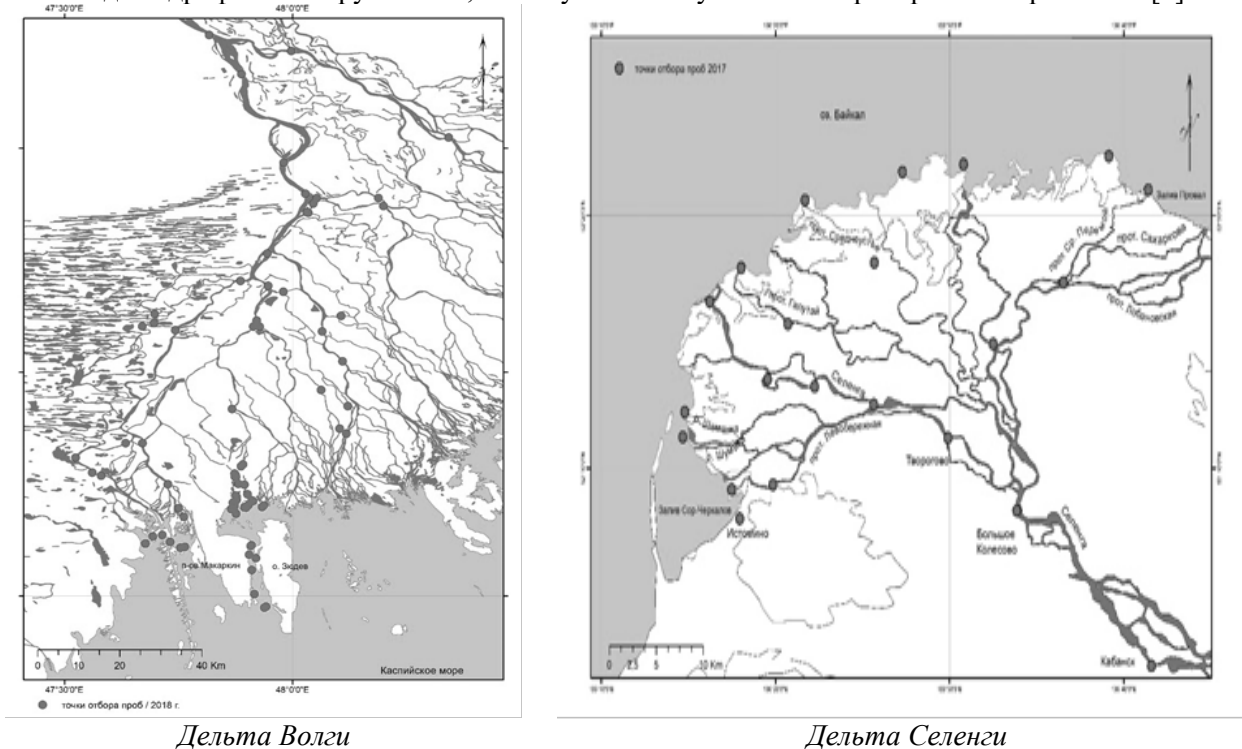
Данная работа направлена на выявление видовой биогеохимической специализации высших водных растений и особенностей накопления тяжелых металлов и металлоидов (ТММ) растениями в зависимости от ландшафтных и экологических условий произрастания.

Материалы и методы исследования. Работа основана на результатах экспедиционных исследований в дельтах Волги и Селенги 2017-2019 гг. Геохимическое опробование компонентов аквальных ландшафтов проводилось с учетом гидрологических особенностей водных объектов дельт и видовых различий растительных ассоциаций (рис. 1).

Химический состав компонентов аквальных ландшафтов – воды, взвеси, донных отложений, сухого вещества растений и смывов с них – определялся методом масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой (ICP-MS) в Аналитическом центре ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт минерального сырья им. Н.М. Федоровского».

Для аквальных ландшафтов дельт Селенги и Волги характерны разные растительные сообщества, однако в них встречаются, причем достаточно часто, одни и те же виды водных растений: роголистник плавающий, рдест пронзеннолистный, рдест гребенчатый, уруть сибирская, нимфейник щитовидный, кубышка желтая и тростник южный. Данные виды по-разному связаны с компонентами аквальных ландшафтов, вследствие чего их относят к разным экологическим группам [6]. Так, роголистник плавающий, рдест пронзеннолистный, уруть сибирская относятся к группе гидрофитов погруженных, нимфейник щитовидный и кубышка желтая – к гидрофитам плавающим, тростник южный – к гигрофитам. От морфологических особенностей видов зависит их способность к аккумуляции ТММ.

Интенсивность накопления химических элементов растениями возрастает в ряду от гидрофитов узколистных до гидрофитов погруженных, что обусловлено условиями произрастания растений [7].



Дельта Волги

Дельта Селенги

Рис. 1. Сеть геохимического опробования аквальных ландшафтов

Содержание тяжелых металлов и металлоидов в высших водных растениях. Содержания ТММ в водных растениях дельты Волги в целом выше, чем в растениях дельты Селенги (табл.), что обусловлено различиями в расходах воды, скорости течения, размере взвешенных частиц. В дельте Волги частицы взвеси более тонкие, и ее количество значительно больше, чем в дельте Селенги, а скорости течения более низкие.

Для обеих дельт характерно значительное накопление ТММ погруженными и прикрепленными водными растениями. Наибольшим содержанием ТММ в группе гидрофитов погруженных характеризуется роголистник погруженный, что отмечалось ранее [7] и было подтверждено исследованиями в дельте Волги в 2017 г. Роголистник накапливает Р, Se, B, Ba, Ni, Co, V, Pb, Cu, Zn, Cd, W, Mo, As, Na, K, Fe, Mn и другие ТММ. Содержания некоторых ТММ в урути сибирской, рдесте пронзеннолистном, рдесте блестящем и рдесте плавающем сопоставимы.

В группе гидрофитов плавающих наибольшим накоплением ТММ характеризуется сальвиния плавающая. Концентрации ТММ в ней сопоставимы с концентрациями в гидрофитах погруженных. Аккумуляция ТММ в сальвинии плавающей происходит главным образом за счет погруженного расчлененного листа. К этой же экологической группе относятся рогульник астраханский (чилиим) и ряд других видов, однако концентрации ТММ в них существенно ниже. Так, средняя концентрация Zn в сальвинии плавающей составляет около 30 мкг/г, что в два раза выше, чем в чилиме, нимфейнике и кубышке.

В сухом веществе узколистных гидрофитов – тростника, ежеголовника и камыша, содержание ТММ относительно низкое, что подтверждает литературные данные по биогеохимии наземных злаков [3, 4, 5]. Тростник и ежеголовник имеют стабильный микроэлементный состав и характеризуют биогеохимический фон территории. Содержание ТММ в широколистных и узколистных гидрофитах неодинаково, лотос отличается значительно более интенсивным накоплением химических элементов, чем другие гидрофиты. Можно говорить о такой последовательности снижения ТММ в сухом веществе гидрофитов: лотос орехоносный – тростник южный – ежеголовник прямой – камыш Табернемонтана.

Накопление ТММ высшими водными растениями. Одним из способов сравнения содержания тяжелых металлов в растениях, относящихся к разным эколого-морфологическим группам, и в отдельных видах растений является подсчет и анализ коэффициентов накопления химических элементов относительно реперного вида. Ранее проведенные исследования показали целесообразность использования в качестве такого вида тростника южного [7]. В обеих дельтах наибольшими значениями коэффициента накопления характеризуется роголистник погруженный. В дельте Селенги значения Кн элементов в роголистнике гораздо выше, чем в дельте Волги (рис. 2), что обусловлено их более низким содержанием в тростнике, произрастающем в дельте Селенги. Так, концентрации Zn в тростнике в дельте Волги – 11,9, а в дельте Селенги – 6,2 мкг/г, концентрации Cu – 3,6 и 1,3 мкг/г соответственно.

Анализ значений Кн подтвердил ранее отмеченную нами тенденцию накопления ТММ макрофитами, обладающими более погруженным положением в толще воды, а также целесообразность их использования для биогеохимической индикации загрязнения.

Таблица. Среднее содержание ТММ в сухом веществе некоторых видов водных растений, мкг/г

Виды	Дельта	Zn	Cu	Pb	Ni	Co	Cr	Mo	Cd
Роголистник погруженный	Волга	33,6	10,7	1,9	30,9	5,6	9,98	0,53	0,38
	Селенга	14,8	5,4	0,8	6,7	4,3	1,88	0,87	0,173
Уруть сибирская	Волга	10,7	6,4	1,9	10,5	4,2	11,09	0,89	0,22
	Селенга	9,4	5,0	0,9	3,4	1,8	3,3	1,87	0,097
Рдест гребенчатый	Волга	18,0	6,41	1,54	8,72	3,39	8,55	0,48	0,17
	Селенга	13,65	5,23	0,85	3,16	1,35	2,2516	1,2	0,064
Нимфейник щитовидный	Волга	13,36	3,765	0,235	3,19	0,38	1,11	0,39	0,092
	Селенга	14,77	5,367	0,772	6,71	4,255	0,708	0,87	0,173
Кубышка желтая	Волга	11,59	3,27	0,43	2,066	0,502	1,43	0,25	0,064
	Селенга	6,31	1,265	0,0915	0,895	0,225	1,59	0,26	0,0089

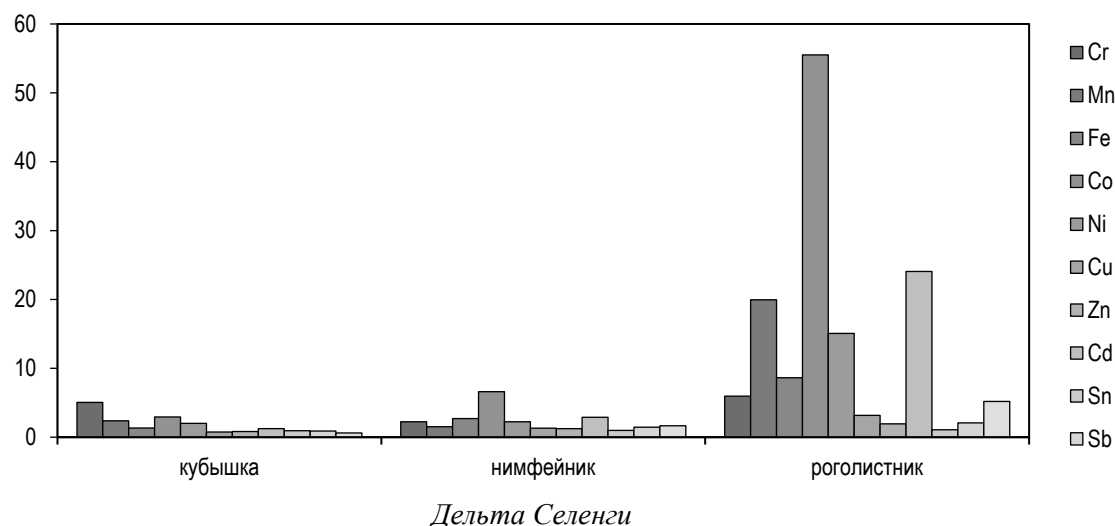
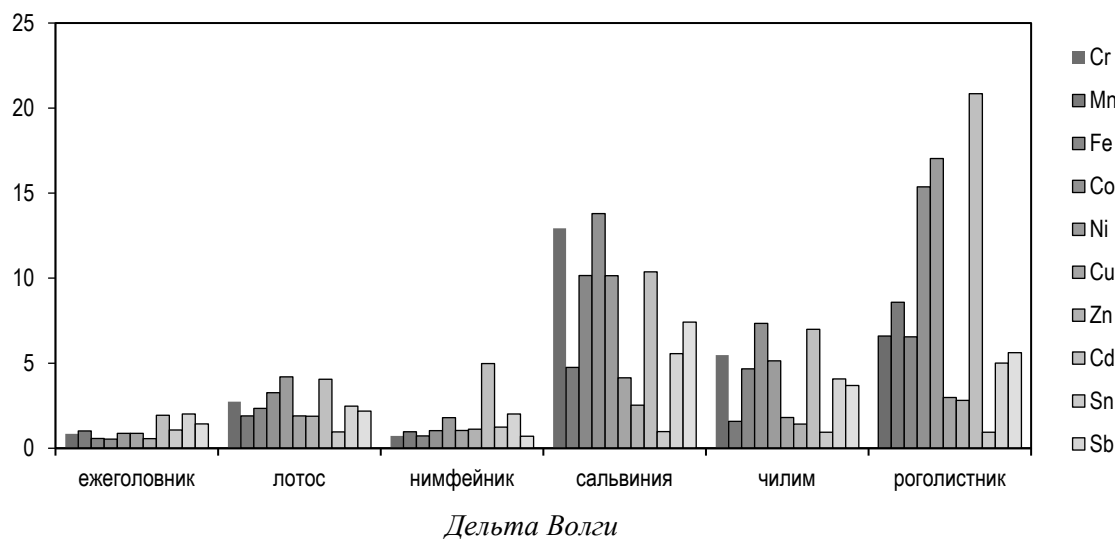


Рис. 2. Коэффициенты накопления ТММ в высших водных растениях

Влияние условий произрастания на содержание ТММ в высших водных растениях. Значительное влияние на распределение ТММ в растениях оказывает скорость течения водотоков. Так, в крупных протоках с относительно быстрым течением накопление ТММ практически не происходит, в то время как в спокойных протоках, заливах, озерах отмечается активная аккумуляция ТММ водными растениями.

В западной части дельты Волги накопление ТММ в компонентах аквальных ландшафтах, в том числе в высших водных растениях, происходит гораздо активнее, чем в восточной части. Это обусловлено принадлежностью проток западной части дельты Волги к системе Старой Волги, испытывающей влияние антропогенной деятельности в г. Астрахани. Восточная часть дельты Волги, относящаяся к системе Бузана, менее подвержена антропогенному воздействию, что отражается на накоплении ТММ.

Для дельты Селенги также отмечены пространственные различия в концентрациях ТММ в высших водных растениях. Так, в Селенгинском и Среднеустьинском секторах данной дельты аккумуляция ТММ происходит менее активно, чем в Лобановском секторе.

Выводы. Таким образом, содержание химических элементов в высших водных растениях, произрастающих в дельтовых водотоках и водоемах, зависит от их биогеохимической специализации, условий местообитания, антропогенного воздействия.

В целом концентрации ТММ в высших водных растениях увеличиваются в ряду от гидрофитов узколистных до гидрофитов погруженных, что обусловлено условиями произрастания растений.

В дельте Волги наибольшим накоплением тяжелых металлов характеризуются сальвиния и роголистник, что обусловлено их биогеохимической специализацией. В дельте Селенги выявлены «фоновые» виды (тростник южный и сусак зонтичный) и виды-концентраторы (группа рдестов, кубышка, роголистник и уруть).

Содержания ТММ в одних и тех же видах растений, произрастающих в дельтах Волги и Селенги близки, что свидетельствует об их универсальной индикаторной значимости.

Работа выполнена в рамках проекта РГО-РФФИ «Геохимические барьерные зоны в пресноводных дельтах рек России» и темы Госзадания «Антропогенная геохимическая трансформация компонентов ландшафтов».

Литература

1. Геохимические особенности аквальных ландшафтов дельты Волги. Лычагин М.Ю., Касимов Н.С., Курьякова А.Н., Крооненберг С.Б. // Известия РАН. Сер. Географическая. Известия РАН. Сер. Географическая. - 2011. - С.100-113.
2. Дельта реки Селенги - естественный биофильтр и индикатор состояния озера Байкал [монография] / [А. К. Тулохонов и др.] ; отв. ред.: А. К. Тулохонов, А. М. Плюснин. - Новосибирск : Изд-во СО РАН, 2008. - 309 с.
3. Кабата-Пендиас А. Микроэлементы в почвах и растениях. / А. Кабата-Пендиас, Х.М. Пендиас. - Москва : Мир, 1989. - 437 с.
4. Касимов Н.С. Геохимия степных и пустынных ландшафтов / Н. С. Касимов. - Москва : Изд-во МГУ, 1988. - 253 с.
5. Касимов Н.С. Фоновая геохимическая дифференциация ландшафтов и мониторинг природной среды / Н. С. Касимов, А. Н. Геннадиев, М. Ю. Лычагин // Мониторинг фон. загрязнения природ. сред. - 1989. - N 5. - С. 162-179.
6. Катанская В.М. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР : Методы изуч. / В. М. Катанская. - Ленинград : Наука : Ленингр. отд-ние, 1981. - 187 с.
7. Лычагина Н.Ю. Биогеохимия макрофитов дельты Волги / Н.Ю. Лычагина, Н.С. Касимов, М.Ю. Лычагин. - Москва : Геогр. фак. МГУ, 1998. - 83,[1] с. - (Геоэкология Прикаспия. Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова, Геогр. фак.; Вып. 4).