

# СОРБЦИОННАЯ АКТИВНОСТЬ СУХОЙ БИОМАССЫ *Salvinia natans* в процессе утилизации кадмия **ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ**

**Экспериментально установлен потенциал использования сальвинии плавающей (*Salvinia natans*) в качестве сорбента кадмия из водной среды. Исследована эффективность сорбции ионов кадмия с помощью предварительно высушенного растения.**

## Введение

**В** списке загрязняющих природные водоемы веществ тяжелые металлы (ТМ) до настоящего времени занимают одно из первых мест, а их негативное влияние на организм подтверждается многочисленными данными [1-5]. Общеизвестно, что многие ионы ТМ необходимы для нормального функционирования организмов. Так, медь выполняет роль кофактора во многих биохимических реакциях [6]; медьсодержащие белки принимают участие в таких важных процессах, как дыхание, транспорт железа, защита от свободных радикалов, образующихся при переоислении липидов [7]. Однако даже жизненно необходимые микроэлементы в повышенных концентрациях могут быть токсичными для различных организмов.

Кадмий в любой химической форме токсичен для животных и человека. Доза в 30-40 мг при приеме внутрь оказывается смертельной [8]. Кадмий широко распространен в окружающей среде. Его потребление возрастает и это вызывает рост загрязнения соединениями кадмия почвы, воды и воздуха. Так 77 % кадмия в мире используется в никель-кадмиевых аккумуляторах, 11 % – в пигментах, 8 % – в красках, остальные 4 % – в различных отраслях промышленности. Антропогенная эмиссия всех ТМ, в том числе и кадмия в биосферу превышает природную в несколько раз.

**М.А. али-Эльдин\***,  
аспирант кафедры  
биотехнологии  
и биоэкологии,  
ФГБОУ ВПО  
Астраханский  
государственный  
университет

**М.А. Егоров**,  
доктор биологических  
наук, профессор,  
заведующий  
кафедрой  
биотехнологии  
и биоэкологии,  
ФГБОУ ВПО  
Астраханский  
государственный  
университет

Многие токсиканты в воде трудно извлекаются из природных вод, предназначенных для питьевых целей. Они не нейтрализуются при биологической очистке, не удаляются такими традиционными методами водочистки, как отстаивание, коагуляция и флотация. Это обуславливает введение в комплексную технологическую схему водоподготовки стадии сорбционной доочистки. Как правило, эта стадия является заключительным этапом в технологическом процессе очистки воды.

Наиболее простыми, менее дорогостоящими и эффективными являются сорбционные методы. Сорбция является хорошо управляемым процессом и позволяет удалять загрязнения различной природы до любой остаточной концентрации независимо от их химической устойчивости [9]. При этом отсутствуют вторичные загрязнения. Отсюда перспективной является тенденция к использованию фильтрационно-сорбционных устройств для локальной доочистки питьевой воды, что является весьма актуальным в современных условиях антропогенного прессинга на качество природных водоемов.

Сорбция на основе компонентов, приготовленных из растительного сырья, имеет преимущества по сравнению с обычными методами [10]. Некоторые из них перечислены ниже:

- ◆ дешевизна – низкая стоимость биосорбентов, так как они часто изготавливаются из отходов;
- ◆ избирательный характер – различные биосорбенты могут быть более или менее избирательны по отношению к различным металлам. Это зависит от ряда факторов, таких как тип сорбента, особенности состава смеси в растворе, способов подготовки и физико-

\* Адрес для корреспонденции: m\_niof@yahoo.com

химической обработки исходных сорбирующих компонентов;

- регенеративной – биосорбенты можно использовать повторно;

- возможно восстановление металлов после того, как они сорбируются из раствора.

- конкурентоспособность – производительность биосорбции сопоставима с наиболее успешными технологиями ионного обмена.

Одним из важных направлений биологической очистки является использование биологических прудов с высшей водной растительностью, например с сальвинией плавающей (*S. natans*) [11.12].

Этот вид распространен в России – на юге и в центральной европейской части, в Западной Сибири и на Дальнем Востоке [13].

Накопление ТМ водными растениями, особенно сальвиния плавающая в живом виде, достаточно полно описано в литературе [14.15], но сорбционная емкость удаления ТМ с помощью сальвинии плавающей в сухом виде мало изучена.

Целью настоящей работы являлось изучение сорбционной активности сальвинии плавающей (*S. natans*) в сухом виде по отношению к ионам кадмия в зависимости от его концентрации в водных растворах.

## Материалы и методы исследования

**Д**ля исследований растения сальвинии были собраны из р. Кутум в черте г. Астрахань. Анализ и опытные работы проводили в лаборатории биотехнологий Астраханского государственного университета (пос. Начало, Технопарк университета). Растения несколько раз промывали водопроводной водой для удаления примесей. Сушили на стеллажах под солнечным светом. Сушеную биомассу превращали в порошок, а затем просеивали. Диаметр ячеек сита составлял 1, 2, 3 мм.

Маточный раствор готовили путем растворения в дистиллированной воде нитрата кадмия (II) при концентрации 1000 мг/л в пересчете на ион металла, а из маточного раствора получали разбавленные растворы в концентрациях иона кадмия 1; 5; 10; 20; 30 мг/л.

Изучение влияния различных концентраций иона на эффективность биосорбции кадмия из загрязненных вод проводили в стеклянных колбах емкостью 100 мл, в которые вносили по 2,5 г высушенного папоротника (размер частиц 1 мм и менее) и по 100 мл раствора кадмия в указанных выше концентрациях.

Для изучения эффективности биосорбции в зависимости от количества массы растения использовали одну концентрацию кадмия,

равную 1 мг/л. В склянки емкостью 250 мл наливали раствор нитрата кадмия и высыпали высушенную массу папоротника в навесках 1, 2,5 и 5 г. Все склянки размещали на шейкер для перемешивания в течение 1 ч. После этого суспензию растения фильтровали, а остаточные концентрации кадмия определяли в фильтрах. Исследования осуществляли в двух повторностях.

Анализ на содержание иона кадмия проводили на атомно-абсорбционном спектрофотометре «МГА-915» и атомно-абсорбционном спектрофотометре «Shimadzu 6601 F» [16]. Концентрацию элемента в экспериментальных растворах рассчитывали по формуле:

$$C = \frac{(C_{pa} - C_{xo}) * f_p}{f_k}$$

где С – концентрация элемента в экспериментальном растворе, мг/л;

$C_{pa}$  – концентрация элемента в растворе-аналите, определенная на приборе, мг/л;

$C_{xo}$  – концентрация этого элемента в холостом опыте, мг/л;

$f_p$  – фактор предварительного разбавления (если разбавление не проводилось, то  $f_p = 1$ );

$f_k$  – фактор предварительного концентрирования.

Коэффициент эффективности биосорбции (Кэфф) ТМ биосорбентом из экспериментальных растворов рассчитывался по уравнению:

$$K_{эфф} = \frac{(C_i - C_f)}{C_i} * 100$$

где  $C_i$  – исходная концентрация,

$C_f$  – окончательная концентрация кадмия.

При построении графических зависимостей была использована статистическая обработка результатов с помощью стандартной программы Microsoft Excel 2003.

## Результаты и их обсуждение

**К**онцентрации ионов металлов и вес биосорбента являются важными факторами, определяющими эффективность сорбции в равновесной системе сорбент/сорбат. Сорбции кадмия с использованием различных концентраций ионов металла показано на *рис. 1*.

Анализ результатов показал, что извлечения металла из раствора с помощью сальвинии плавающей увеличивалось с увеличением концентрации кадмия – 98,54±0,04 % при концентрации 1 мг/л и 98,64±0,02 % при концентрации 5 мг/л, но не в линейной зависимости, где извлечения уменьшалось до 97,33±0,00 % при концентрации 30 мг/л.

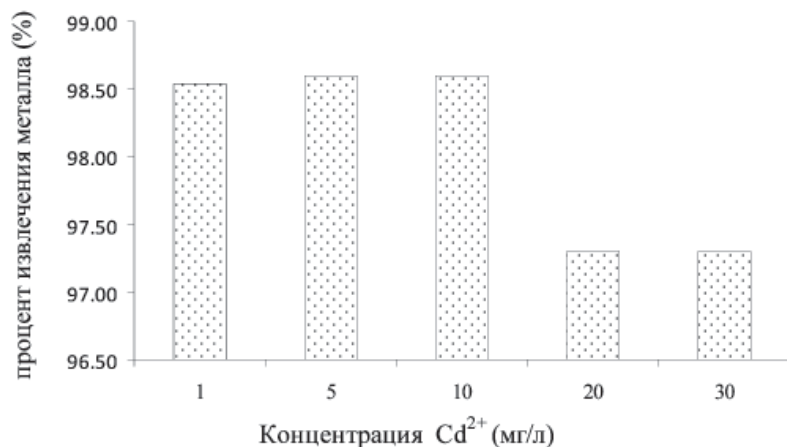


Рис. 1. Зависимость биосорбции от концентрации Cd<sup>2+</sup>.

При более низких соотношениях металл/биосорбент происходит полное насыщение сайтов биосорбента ионами металлов в растворе и способствует максимальному удалению их из воды. При увеличении соотношения металл/биосорбент все большее количество металла остается в растворе не адсорбированным, что происходит из-за насыщения биосорбента, в основном из-за отсутствия мест адсорбции. Таким образом, при низких концентрациях металлов биосорбционная емкость не используется полностью [17].

Сорбция кадмия при использовании различной массы растительного сорбента показана на рис. 2. Из рис. 2 видно, что сорбция кадмия уменьшается с увеличением массы сорбента с 97,42±0,05 % при 1 г до 95,38±0,03 % при 5 г сорбента. Это может быть связано с высокой концентрацией растительной биомассы, которая, возможно, оказывает защитное действие плотного наружного слоя клеток. Этот эффект вызывает блокирование места связывания от ионов ТМ, что приводит к снижению эффективности удаления металла на единицу биомассы [18].

Из работы [19] известно, что биосорбция хрома постепенно снижалась, когда концентрация биосорбента превышала 1 г. Аналогичная тенденция биосорбции наблюдалась также для свинца при сорбции из водных растворов с помощью спирулины (*Spirulina maxima*) [20]. В [21] высказано предположение, что уменьшение поглощения происходит из-за низкой концентрации металла в растворе.

## Заключение

На основании полученных результатов и проведенного анализа информационных источников можно сделать заключение, что сальвиния плавающая (*S. natans*)

является экологически безопасным и эффективным биосорбентом с хорошей металлсвязывающей способностью.

Возможность развития процесса биосорбции у исследованного объекта зависит от веса экспериментальной биомассы и концентрации металлов в воде.

Данные положения нуждаются в дальнейших экспериментальных исследованиях и могут быть дополнены сведениями о сорбции ионов других распространенных в водной среде ТМ с помощью сальвинии.

## Литература

1. Прасад М.Н. Практическое использование растений для восстановления экосистем загрязненных металлами // Физиология растений, 2003. Т. 50 (35). С. 764-780.
2. Прохорова Н.В. Аккумуляция тяжелых металлов дикорастущими и культурными растениями в лесостепном Поволжье / Н.В. Прохорова, Н.М. Матвеев, В.А. Павловский // Самара: Издательство «Самарский университет», 1998, С. 4-14.
3. Немова Н.Н. Биохимические эффекты накопления ртути у рыб. М.: Наука, 2005. 164 с.
4. Титов А.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам / А.Ф. Титов, В.В. Таланова, Н.М. Казнина, Г.Ф. Лайдинен. Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. 172 с.
5. Greger M. Metal Availability and Bioconcentration in Plants // Heavy metal stress in plants from molecules to ecosystems/ Prasad M.N.V., Hagemeyer J. Eds // - Berlin: Springer, 1999. P. 1-27.

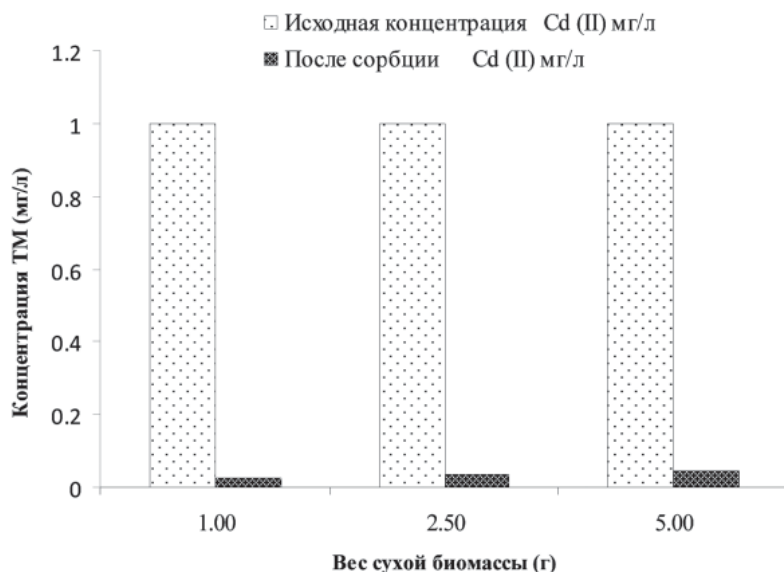


Рис. 2. Влияние различного количества биомассы *Salvinia natans* на сорбцию кадмия.

6. Nies D.H. Microbial heavy-metal resistance // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1999 V. 51 (6). P. 730-750.

7. Rensing C. Escherichia coli mechanisms of copper homeostasis in a changing environment / C. Rensing, G. Grass // *FEMS Microbiol. Rev.* 2003. V. 27 (2-3). P. 197-213.

8. ХиМиК.ru: Неорганические токсиканты. Электронный ресурс: <http://www.xumuk.ru/ecochem/13>.

9. Процай А.А. Физико-химическое исследование свойств сорбента / А.А. Процай, М.В. Двадненко, Н.М. Привалова, Д.М. Привалов // *Международный журнал экспериментального образования.* 2011. № 7. С. 55.

10. Kratochvil D. Advances in the biosorption of heavy metals / D. Kratochvil, B. Volesky // *Trends biotechnology.* 1998. V. 16 (7). P. 291-300.

11. Али-Эльдин М.А. Оценка антибактериальных эффектов экстрактов, полученных из сусака зонтичного (*Butomus umbellatus*) и сальвинии плавающей (*Salvinia natans*) / М.А. Али-Эльдин, М.А. Егоров // *Естественные науки.* 2011. № 1 (34). С. 77-80.

12. Али-Эльдин М.А. Efficiency of biosorption of some heavy metals by *Salvinia natans* // *Естественные науки.* 2011. № 3 (36). С. 71-75.

13. Makhlin M.D. Order Salviniiales // *Life of Plants/ M. D. Makhlin, and T. D. Surova/ Vol. 4, I. V. Grushvitskii and S. G. Zhilin, eds., Prosveshchenie, Moscow- 1978. [in Russian].*

14. Asit K.S. *Salvinia natans* – as the scavenger of Hg (II) / K.S. Asit, G.M. Nitya // *Water, Air, and Soil Pollution.* 1987. V. 34. P. 439-446.

**Ключевые слова:**

сальвиния  
плавающая,  
биосорбция,  
кадмий,  
водная среда

15. Asit K.S. Removal And Uptake Of Copper (II) By *Salvinia natans* From Wastewater / K.S. Asit, G.M. Nitya // *Water, Air, and Soil Pollution.* 1990. V. 49. P. 1-6.

16. М 01-29-2006. Методика выполнения измерений массовой концентрации металлов (марганца, кобальта, меди, железа, кадмия, свинца, никеля) в пробах природных и сточных вод атомно-абсорбционным методом с электротермической атомизацией на атомно-абсорбционном спектрометре «МГА-915».

17. Bai R.S. Biosorption of Cr (VI) from aqueous solutions by *Rhizopus nigricans* / R.S. Bai, T.E. Abraham // *Bioresource Technology.* 2001. V. 79 (1). P. 73-81.

18. Merrin J.S. Biosorption of chromium (VI) using *Rhizopus arrhizus* / J.S. Merrin, R. Sheela, N. Saswathi, R.S. Prakasham, S.V. Ramakrishna // *Indian Journal of Experimental Biology,* 1998. V, 36 (10). P. 1052-1055.

19. Lokeshwari N. Biosorption of Heavy Metal (Chromium) Using Biomass / N. Lokeshwari, Joshi Keshava // *Global Journal of Environmental Research.* 2009. V. 3 (1). P. 29-35.

20. Gong R. Lead biosorption and desorption by intact and Pretreated *Spirulina maxima* biomass / R. Gong, Y. Ding, H. Liu, Q. Chen, Z. Liu // *Chemosphere.* 2005. V. 58(1). P.125-130.

21. Fourest E. Heavy metal biosorption by fungal mycelial by-products: mechanism and influence of pH / E. Fourest, J.C. Roux // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 1992, V. 37 (3). P. 399–403.



M.A. Aly-Eldeen, M.A. Egorov

## SORPTION ACTIVITY OF DRY BIOMASS (*SALVINIA NATANS*) IN THE RECYCLING OF CADMIUM FROM AQUEOUS SOLUTIONS

Sorption of cadmium ions using dried *Salvinia natans* as a sorbent was experimentally proved to be effective. Experiments show the

potential of using *Salvinia natans* in the process of sorption of cadmium from the aquatic environment.

**Key words:** *Salvinia natans*, biosorption, cadmium, water, environment

