

9. Eaton R.D.P., Secord D.C., Hzmvr P. An experimental assessment of the toxic potential of mercury in ringed seal liver for adult laboratory cats // *Toxicology, Applied Pharmacology*. 1980. Vol. 55. P. 514–521.
10. Hansen J.C., Reske-Nielsen E., Thorlacius-Ussing O., Rungby J., Danscher G. Distribution of dietary mercury in a dog. Mercury, pets' and hair quantitation and localization of total mercury in organs and central nervous system // *Science of the Total Environment*. 1989. Vol. 78. P. 23–43.
11. Sousa A.C.A., Sá Teixeira I.S., Marques B., Vilhena H., Vieira L., Soares A.M.V.M., et al. Mercury, pets' and hair: baseline survey of a priority environmental pollutant using a noninvasive matrix in man's best friend // *Ecotoxicology*. 2013. Vol. 22 (9). P. 1435–1442.
12. Park S.H., Lee M.H., Kim S.K. Studies on Cd, Pb, Hg and Cr values in dog hairs from urban Korea // *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*. 2005. Vol. 18. P. 1135–1140.
13. Sakai T., Ito M., Aoki H., Aimi K., Nitaya R. Hair mercury concentrations in cats and dogs in Central Japan // *British Veterinary Journal*. 1995. Vol. 151. P. 215–219.
14. Doi R., Nakaya K., Ohno H., Yamashita K., Kobayashi T., Kasai S. Metal content in the fur of domestic and experimental animals // *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*. 1986. Vol. 37. P. 213–218.

MERCURY CONTENT IN THE WOOL OF DOMESTIC ANIMALS IN CHEREPOVETS

© 2018

Bachina Ekaterina Sergeevna, student of Biology and Human Health Faculty
Rumiantseva Olga Yurievna, junior researcher of Ecological-Analytical Laboratory of Biology Department
Ivanova Elena Sergeevna, candidate of biological sciences, leading researcher, head of Ecological-Analytical Laboratory of Biology Department
Cherepovets State University (Cherepovets, Vologda Region, Russian Federation)
Komov Viktor Trofimovich, doctor of biological sciences, professor, deputy director for scientific work; senior researcher of Ecological-Analytical Laboratory of Biology Department
Papanin Institute for Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences (Borok, Nekouzsky District, Yaroslavl Region, Russian Federation); Cherepovets State University (Cherepovets, Vologda Region, Russian Federation)
Guseva Marina Andreevna, biologist
Vologda Regional Clinical Hospital № 2 (Cherepovets, Vologda Region, Russian Federation)
Poddubnaya Nadezhda Yakovlevna, candidate of biological sciences, leading researcher of Ecological-Analytical Laboratory of Biology Department
Cherepovets State University (Cherepovets, Vologda Region, Russian Federation)

Abstract. Mercury (Hg) and its compounds are considered as one of the ten major dangerous groups of chemicals. The content of mercury in the coat was 136 cats and 113 dogs in the territory of the Vologda Region in Cherepovets. The total mercury concentration in the wool samples was measured on a mercury analyzer RA-915+. The values of the mercury index in cats range from less than 0,001 mg / kg to 13,00 mg / kg, in dogs from less than 0,001 mg / kg to 1,858 mg / kg. Statistical difference in the content of mercury in wool between cats and dogs was revealed. The Hg content in cats is 3,5 times higher than the dogs have. Comparison analysis showed the concentration of mercury in the wool of cats and dogs have no statistically significant differences. The authors noted that cats had 4 times more mercury who ate fish. The average content of Hg in the wool of dogs is slightly different for those who ate fish.

Keywords: mercury; heavy metals; mercury in wool of cats and dogs; pets; city of Cherepovets; Vologda Region; wool; cats; dogs; indicators of environmental pollution; accumulation of mercury in environment; methylmercury; methylation; food chains; mercury concentration; fish; fish consumption; diet.

УДК 574.635

Статья поступила в редакцию 18.04.2018

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ВЫСШИХ ВОДНЫХ РАСТЕНИЯХ В ПРОЦЕССЕ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ

© 2018

Галдеева Ольга Федоровна, ассистент кафедры химической технологии и промышленной экологии
Козловская Ольга Викторовна, кандидат биологических наук, доцент кафедры химической технологии и промышленной экологии
Копнина Алина Юрьевна, кандидат химических наук, доцент кафедры химической технологии и промышленной экологии
Самарский государственный технический университет (г. Самара, Российская Федерация)

Аннотация. В данной статье рассматривается загрязнение природных и сточных вод тяжелыми металлами в условиях техногенного воздействия. Описывается один из многочисленных методов обезвреживания различных загрязнений в водной среде, в частности фитореимедиаия. Рассматривается роль высших водных растений, которые в соответствии с множеством подтверждающих исследований возможно использовать для извлечения из природных и сточных вод токсичных компонентов – ионов тяжелых металлов. В частности, определена возможность извлечения загрязняющих веществ неорганического происхождения с помощью высших водных растений урути мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum* L.) и элодеи канадской (*Elodea* Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 3 (24)

canadensis Michx.) в лабораторных условиях. Выявлена зависимость изменения концентрации поллютантов в растворе при продолжительности процесса менее 10 часов. Доказано, что только при совместном использовании высших водных растений и перифитона достигается максимальная эффективность очистки. Таким образом, в соответствии с результатами очевидна возможность очистки воды от ионов тяжелых металлов (железа трехвалентного, меди двухвалентной, бихромат-ионов) высшими водными растениями – урутью мутовчатой и элодей канадской.

Ключевые слова: фитотехнология; фиторемедиация; экстракция; тяжелые металлы; поллютанты; предельно допустимая концентрация; фитофаги; перифитон; эффективность очистки; внутриклеточное накопление; толерантность растений; уруть мутовчатая; элодея канадская; тургор; осмотическое давление; отходы; город Самара; Самарская область.

Введение

В настоящее время существует достаточно широкий выбор методов обезвреживания различных загрязнений в водной и воздушной средах, а также в почвах. Фитотехнологии, в частности фиторемедиация, – один из способов обезвреживания. [1]. Эти технологии применяются уже более 50 лет в разных странах. Высшие водные растения хорошо справляются с корректировкой состава природной воды по содержанию биогенных элементов [2], в настоящее время появляется много подтверждающих исследований по возможности использования ВВР для извлечения из природных и сточных вод токсичных компонентов – ионов тяжелых металлов, радионуклеидов и т.п. [3].

Цель и объекты исследования

Авторы работы на базе Самарского государственного технического университета определяют возможность извлечения загрязняющих веществ неорганического происхождения с помощью высших водных растений урути мутовчатой и элодеи канадской в [4] лабораторных условиях.

Материалы, методика и результаты исследований

В результате экспериментов по определению степени извлечения ионов загрязнителей в зависимости от времени обработки фитофагов модельными растворами, количества биомассы [5], а также возможности извлечения поллютантов с помощью микроорганизмов [6], находящихся на поверхности растения, было доказано, что только при совместном использовании высших водных растений и перифитона достигается максимальная эффективность очистки [7]. И следовательно, стала очевидной необходимость определить возможность накопления ионов загрязнителей в теле фитофагов.

При рассмотрении взаимодействия растворов солей, содержащих ионы изучаемых загрязнителей, с высшими водными растениями и их накопления в растительном организме, в литературе выделяют некоторые механизмы [8]:

– внутриклеточное накопление металлов, как участвующих, так и не участвующих в метаболизме, в результате активного или пассивного связывания либо осаждения на клеточной стенке или мембранах [9]. Это ряд процессов: комплексообразование и хелатирование, пассивная адсорбция на поверхности, осаждение, ионообменный процесс. Процесс осаждения осуществим только в случае гидролиза сорбированных форм металлов, а также при их восстановлении и окислении;

– внутриклеточное накопление металлов, как важных для обмена веществ металлов (медь, железо, никель и др.), так и менее значительных (кобальт,

кадмий и др.), посредством мембранного активного транспорта ионов, захвата частиц по типу пиноцитоза, микропреципитации при гидролизе металлов в сорбированной форме, поглощения частиц внутриклеточными органеллами или выпотами (экссудатами) [10].

Существуют механизмы повышения толерантности растений [11] к тяжелым металлам, ориентированные на уменьшение концентрации металла в цитоплазме, и таким образом предупреждение его вероятного токсичного воздействия [12]. Как правило, для выработки толерантности к определенному металлу применяется несколько различных механизмов, а не один. Так же как и определенного механизма, обеспечивающего устойчивость растения к различным металлам, нет [13]. В настоящее время не известно, каким образом происходит восприятие растением сигнала от воздействия тяжелого металла, а также передача этого сигнала к генам [2].

Для изучения механизма накопления и преобразования загрязнителя в массе растения было проведено исследование с участием отработанной фитомассы, загрязненной ионами рассматриваемых тяжелых металлов и обладающей высокой влажностью, по определению ее компонентного состава. Для чего с помощью растрового электронного микроскопа JEOL-6390A проводился анализ составных частей урути мутовчатой и элодеи канадской.

Результаты данного исследования можно увидеть на фото (рис. 1–4). Как видно из материалов, после обработки соответствующими растворами структура листовой части и урути и элодеи подвергается существенным изменениям: становится более плотной, структурированной, с уменьшением расстояния между слоями (сжимается). Визуально можно увидеть появление более четкой структуры листа. Это можно объяснить эффектом тургора тканей, обусловленным осмотическим давлением внутренним и внешним, а также жесткостью клеточной стенки. В момент сорбции водного раствора загрязнителя в растительной клетке происходит постепенное увеличение внутреннего давления в результате осмоса [14]. Цитоплазма прижимается к клеточной стенке и сорбция загрязнителя происходит до тех пор, пока не будет достигнуто максимальное насыщение клетки, а следовательно, и максимальная эффективность очистки [15].

По данным эксперимента по извлечению ионов железа (III), ионов меди (II) и ионов хрома (VI) с исходной концентрацией всех металлов 0,1 мг/л [16], временем обработки 2 часа и при соотношении массы растения к количеству раствора, равной 1/40, были получены положительные результаты, демонстрирующие накопление металлов как в листе, так и в стебле фитофага.

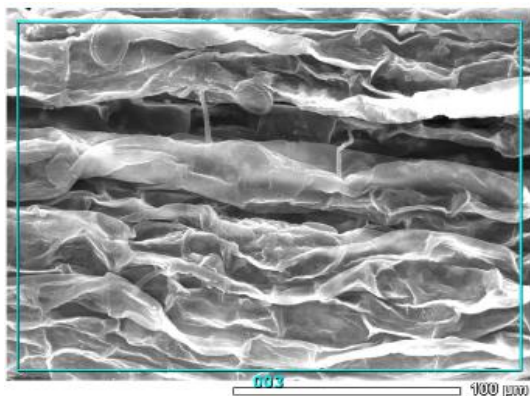


Рисунок 1 – Лист урути до эксперимента

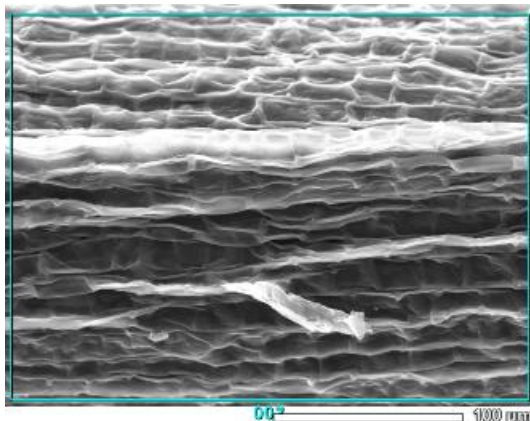


Рисунок 2 – Лист урути после эксперимента

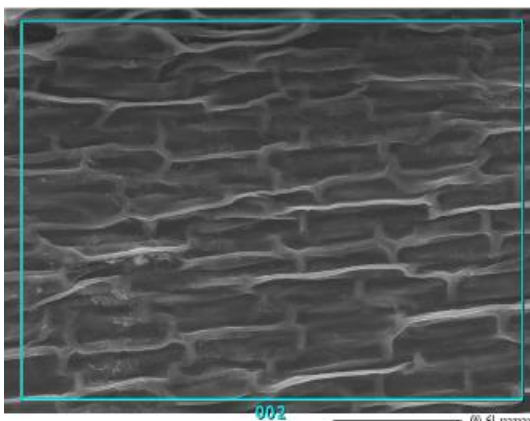


Рисунок 3 – Лист элодеи до эксперимента

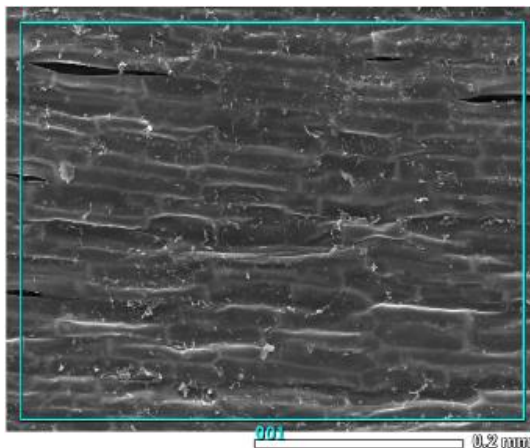


Рисунок 4 – Лист элодеи после эксперимента

Эффективность извлечения растением из растворов ионов железа (III) из модельного раствора составила 16%, ионов меди (II) – 61%, ионов хрома (VI) – Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 3 (24)

14%. По анализу содержания металлов в теле макрофита были получены результаты, показывающие, что содержание ионов железа (III) в растении до эксперимента составляет 0,96% масс, а после обработки его раствором достигает 4,08% масс. Содержание ионов меди (II) увеличилось с 0,17% масс до 1,19% масс. Ионов $(\text{Cr}_2\text{O}_7)^{2-}$ в чистом растении обнаружено не было, но после эксперимента их содержание увеличилось до 0,23% масс.

Таким образом, можно сделать вывод, что содержание тяжелых металлов в образцах увеличилось для всех рассмотренных компонентов, что позволяет говорить о возможной аккумуляции загрязнителей в теле растения.

Однако загрязненная биомасса представляет собой отход. Необходимо упомянуть, что данный вид отхода может быть опасен для биосферы, так как содержит ионы тяжелых металлов. Представленная проблема актуальна на уровне Самарской области, что ясно из доклада об экологической ситуации в Самарской области за 2017 год [17]. Всего за 2017 год на собственных объектах предприятий было захоронено 1803,54 тыс. тонн, что составляет 53,9% от общего объема образования промышленных отходов. В отношении захоронения максимальные объемы характерны для следующих отходов: осадки от очистки сточных вод и подготовки воды, твердые коммунальные отходы, строительный мусор, обрабатывающие производства. Из общего объема сформировавшихся и ранее скопленных отходов в период 2017 года: 1001,16 тыс. тонн употреблено (используется) самими предприятиями области; 1046,84 тыс. тонн обезврежено на предприятиях и организациях; 1324,65 тыс. тонн отдано для использования и обезвреживания другим предприятиям. По данным доклада видно, что из органических отходов полностью используется только отходы из выгребных ям – 142,02 тыс. тонн [17]. Неблагоприятно, что общий объем отходов, накопленных за 2017 год, несколько вырос по сравнению с предыдущим, в связи с чем важно находить новые решения данной экологической проблемы.

Для изучения возможности извлечения компонентов на примере меди был проведен ряд экспериментов с использованием урути мутовчатой и элодеи канадской.

В результате лабораторных исследований процессов фиторемедиации воды содержащей ионы меди с участием высших водных растений: урути мутовчатой и элодеи канадской были получены данные об эффективности проведения экстракции токсиканта из биомассы.

Для проведения процесса экстракции были выбраны три экстрагирующих вещества: деци- и сентинормальные растворы соляной кислоты и раствор гидрокарбоната натрия (3,73 мг $\text{Na}^+/\text{л}$). Содержание перешедшей в раствор меди определяли на фотоэлектроколориметре по методике ГОСТ 4388–72 «Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди» [18].

По диаграмме видно, что при использовании в качестве экстрагирующего вещества децинормального раствора соляной кислоты эффективность экстракции наибольшая и составляет порядка 100%. Это значение достигается за счет извлечения меди, со-

держатся в растении от природы, при учете «фоновой» массы загрязнителя в объекте (рис. 5, 6). Таким образом, децинормальный раствор соляной кислоты является оптимальным экстрагентом.

Растения, не участвовавшие в процессе фиторемедиации, тоже подвергались экстракции выбранными экстрагирующими веществами с целью определения «фонового» содержания меди в биомассе.

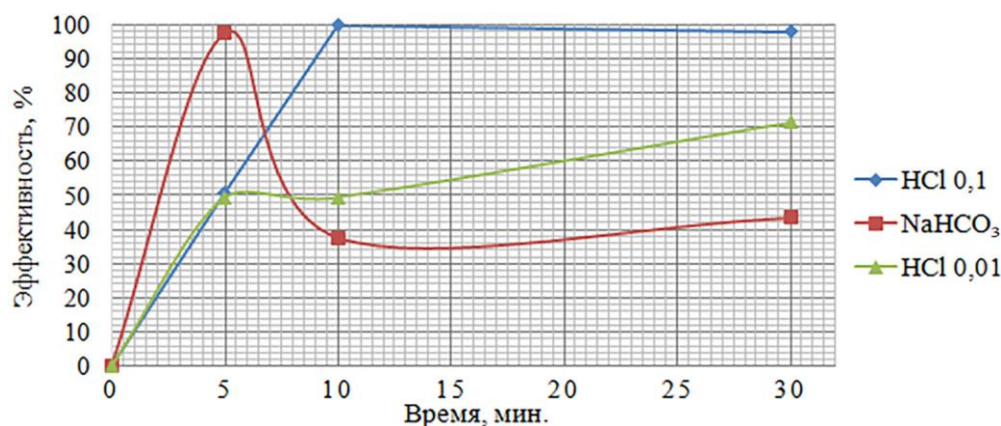


Рисунок 5 – Графическая зависимость эффективности экстракции от времени обработки урути мутувчатой модельным раствором

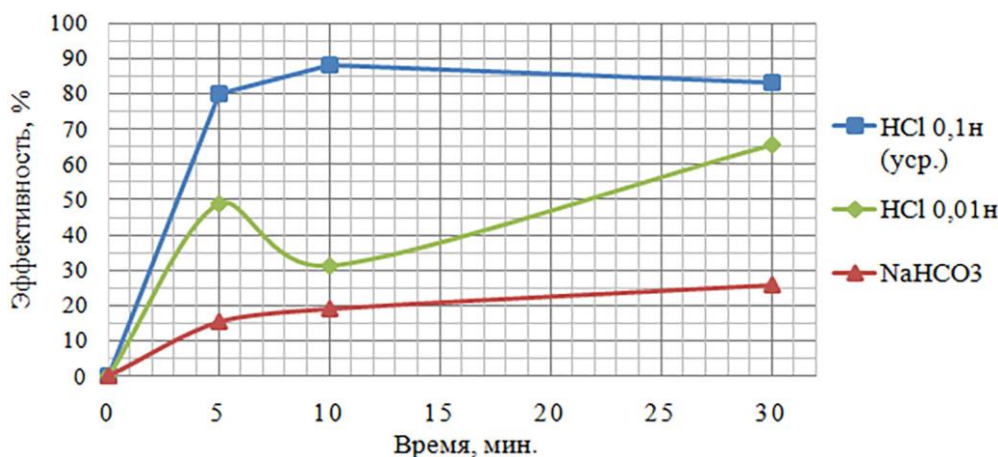


Рисунок 6 – Графическая зависимость эффективности экстракции из биомассы элодеи канадской от времени обработки при сорбции

В результате исследования процессов сорбции и экстракции меди из биомассы урути мутувчатой и элодеи канадской был составлен материальный баланс исследуемых процессов [19].

Выводы

Результаты исследований говорят о возможности очистки воды от ионов тяжелых металлов (трехвалентного железа, двухвалентной меди, бихромат-ионов) с помощью высших водных растений – урути мутувчатой и элодеи канадской [4; 16].

Список литературы:

1. Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и экологии: XV международная научно-практическая конференция, апрель 2013 г., Пенза: сборник статей / под общ. ред. В.А. Селезнева, И.А. Лушкина. Пенза: ПГСХА, 2013. 114 с.
2. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б., Лушников С.В., Энгельхарт М., Вайссер Т., Чеботаева М.В. Прикладная экобиотехнология: учебное пособие в 2 т. Т. 2. 2-е изд. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 485 с.
3. Диренко А.А., Коцарь Е.М. Использование высших водных растений в практике очистки сточных вод и поверхностного стока // Ежемесячный специализированный журнал «С.О.К.». 2006, апрель. С. 56–61.

4. Карпунина Е.Г. Исследование процесса очистки воды от ионов железа (III) с помощью высших водных растений урути мутувчатой и элодеи канадской // Молодежный научно-технический вестник. 2013. № 10.

5. Копнина А.Ю. Фитоочистка: метод. указ. для студентов профильных специальностей. Самара, 2012. 25 с.

6. Заводская О.Ф., Копнина А.Ю. Фиторемедиация воды, загрязненной различными компонентами, с использованием урути мутувчатой (*Myriophyllum verticillatum*) // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе / редкол.: А.А. Соловьянов и др. М., 2013. 67 с.

7. Копнина А.Ю., Заводская О.Ф. Изучение возможности извлечения урутью мутувчатой загрязнителей из сточных вод // Техногенная и природная безопасность: II всерос. науч.-практ. конф. Научное издание. Саратов, 2013. 293 с.

8. Кузнецов А.Е., Градова Н.Б. Научные основы экобиотехнологии: учебное пособие для студентов. М.: Мир, 2006. 504 с.

9. Биотехнология. Принципы и применение: Пер. с англ. / под ред. И. Хиггинса, Д. Беста и Дж. Джонса. М.: Мир, 1988. 480 с.

10. Якушкина Н.И., Бахтенко Е.Ю. Физиология растений: учебник для студентов, обучающихся по

специальности 032400 «Биология». М.: Гуманитар. изд. центр «Владос», 2005. 463 с.

11. Сибиркина А.Р. Биогеохимическая оценка содержания тяжелых металлов в сосновых борах Семипалатинского Прииртышья: автореф. дис. ... д-ра биол. наук: 03.02.08. Омск, 2014. 37 с.

12. Физиология растений: конспект лекций / В.М. Гольд, Н.А. Гаевский, Т.И. Голованова и др. Красноярск: ИПК СФУ, 2008.

13. Стомба Я.В. Оценка возможности фитоочистки сточных вод от ионов тяжелых металлов // Международная научная конференция MicroCAD: Секция № 18: Нові технології захисту навколишнього середовища та утилізації відходів. Харьков: ХПИ, 2010.

14. Словарь терминов и понятий по физиологии и биохимии растений: уч. пособие. М.: РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева. 2007. 100 с.

15. Курсанов А.Л. Транспорт ассимилятов в растении. М.: Наука, 1999. 648 с.

16. Заводская О.Ф., Копнина А.Ю. Очистка воды, загрязненной различными компонентами, с помощью урути мутовчатой // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2013. Т. 15, № 3–6. С. 1771–1774.

17. Доклад об экологической ситуации в Самарской области за 2017 год. Выпуск 27. Самара, 2017. 228 с.

18. ГОСТ 4388–72. Вода питьевая. Методы определения массовой концентрации меди. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010.

19. Петренко Е.Н., Галдеева О.Ф., Копнина А.Ю. Извлечение ценных компонентов из биомассы высших водных растений, образующейся в процессе фиторемедиации // Биотические компоненты экосистем: сборник трудов научного симпозиума. Самара, 2017. С. 105–109.

ECOLOGICAL ASPECTS OF HEAVY METALS ACCUMULATION IN HIGHER AQUATIC PLANTS IN THE PROCESS OF PHYTOREMEDIATION

© 2018

Galdeeva Olga Fedorovna, assistant of Chemical Technology and Industrial Ecology Department

Kozlovskaya Olga Viktorovna, candidate of biological sciences,
associate professor of Chemical Technology and Industrial Ecology Department

Kopnina Alina Yurievna, candidate of chemical sciences,
associate professor of Chemical Technology and Industrial Ecology Department
Samara State Technical University (Samara, Russian Federation)

Abstract. This paper deals with pollution of natural and waste waters with heavy metals in the conditions of technogenic impact. It describes one of the numerous methods for neutralizing various contaminants in the aquatic environment, in particular phytoremediation, which has been used for more than 50 years in various countries. The paper considers the role of higher aquatic plants which, according to a variety of confirmatory studies, can be used to extract toxic components from natural and waste water – heavy metal ions. The authors consider a possibility of inorganic origin pollutants extraction with the help of higher water plants of *Myriophyllum verticillatum* L. and *Elodea canadensis* Michx. in laboratory conditions. The authors determined pollutants concentration change dependence in the solution with a process duration of less than 10 hours. The authors proved that the maximum purification efficiency is achieved only with the combined use of higher aquatic plants and perfertron. The results of the studies indicate a possibility of water purification from heavy metal ions (ferric iron, bivalent copper, bichromate ions) with the help of higher water plants *Myriophyllum verticillatum* L. and *Elodea canadensis* Michx.

Keywords: phytotechnology; phytoremediation; extraction; heavy metals; pollutants; maximum permissible concentration; phytophagous; periphyton; cleaning efficiency; intracellular accumulation; tolerance of plants; *Myriophyllum verticillatum* L.; *Elodea canadensis* Michx; turgor; osmotic pressure; waste; Samara city; Samara Region.

УДК 502.5 (204)

Статья поступила в редакцию 16.04.2018

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЕРИКА СУДОМОЙКА ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ

© 2018

Герман Надежда Валерьевна, кандидат биологических наук,
доцент кафедры экологии и природопользования

Бабичева Алина Валентиновна, студент института естественных наук

Манаенков Игорь Викторович, кандидат биологических наук,
доцент кафедры экологии и природопользования

Волгоградский государственный университет (г. Волгоград, Российская Федерация)

Севрюкова Галина Александровна, доктор биологических наук, доцент,

профессор кафедры промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности

Волгоградский государственный технический университет (г. Волгоград, Российская Федерация)

Аннотация. Работа посвящена экологическому мониторингу и системному анализу водоема Волгоградской области (ерик Судомойка). Экологический мониторинг проводился с марта 2017 года по февраль 2018 года. В комплекс исследований входило: определение органолептических показателей воды, количества растворенного кислорода в водоеме, водородного показателя, сухого остатка и биоиндикация. Установлено увеличение количества микроорганизмов: синедры (*Synedra*), спирогиры (*Spirogyra*), мужоции (*Mougeotia*), Самарский научный вестник. 2018. Т. 7, № 3 (24)