

УДК 628.3

ОЧИСТКА ВОДЫ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАЗЛИЧНЫМИ КОМПОНЕНТАМИ, С ПОМОЩЬЮ УРУТИ МУТОВЧАТОЙ

© 2013 О.Ф. Заводская, А.Ю. Копнина

Самарский государственный технический университет

Поступила в редакцию 21.10.2013

Рассмотрены вопросы развития фиторемедиационных технологий для доочистки сточных вод, загрязненных различными поллютантами. Представлены результаты исследований возможности очистки воды от органических примесей (бензол) и некоторых ионов (железо (III), сульфат-ионы, ионы хрома [VI]) с помощью высшего водного растения – урути мутовчатой.

Ключевые слова: *фитотехнология, фитоочистка, сточные воды, высшие водные растения, уруть мутовчатая*

Повсеместное загрязнение водных объектов за счет сброса стоков и уменьшение самовосстанавливающей способности водоемов приводит к необходимости внедрять и совершенствовать технологии очистки и доочистки воды, имеющие минимальные экономические и энергетические затраты. В мировом сообществе многие годы ведется конкурентная борьба за применение новейших экотехнологий, в том числе, фитотехнологий – системы очистки и доочистки стоков на биологических очистных сооружениях с помощью высших водных растений (ВВР), которые окончательно формируют качество очищаемой воды. Использование ВВР позволяет достичь высокой эффективности очистки стоков, загрязненных органическими и биогенными веществами, за счет: 1) улучшения седиментации взвесей; 2) увеличения буферности системы; 3) повышения утилизации биогенных элементов; 4) ускорения развития биоценозов; 5) протекания процессов очистки практически круглый год. Методы очистки воды с помощью ВВР, благодаря простоте технологии и низким эксплуатационным расходам, являются весьма привлекательными и в экономическом плане.

За последние 10 лет фиторемедиация приобрела большую популярность. Одной из основных проблем при внедрении фитотехнологий в производственный процесс является проблема подбора растения, биоценоза. На базе кафедры «Химическая технология и промышленная экология» Самарского государственного технического университета ведутся исследования, посвященные изучению процесса фитоочистки воды и возможности извлечения различных

компонентов с помощью высших водных растений [1-3]. При выборе ВВР для использования его в лабораторных исследованиях следует исходить из его свойств очищать воду от существующих загрязнителей, присутствующих в стоках, и условий его произрастания.

В качестве тест-объекта была выбрана уруть мутовчатая – *Myriophyllum verticillatum* L. сем. Сланягодниковые, которая растет в основном в стоячей воде на открытых солнечных местах или в полутени, морозоустойчива, поэтому лабораторные условия жизни для нее более, чем приемлемы. Растение, используемое в экспериментах, было изъято из естественной среды – водные объекты, находящиеся на территории г. Самары. В лабораторных условиях содержание урути осуществляется в аквариуме. Для обеспечения достоверности результатов эксперимента и доказательства работы именно растения по отношению к извлечению загрязнителей были разработаны модели урути. При проведении эксперимента применялись 2 типа искусственных моделей, находящихся длительное время совместно с растением: «проволочная», представляющая собой хлопчатобумажное волокно, закрепленное на медной проволоке, и «зеленая» – модель из полимерного волокна, внешне похожая на уруть мутовчатую. Использование искусственных образцов урути позволило сделать вывод о возможности очистки воды микроорганизмами, закрепленными на поверхности растения и/или его модели.

Цель работы: изучение свойств урути мутовчатой по способности к извлечению из воды органических примесей (бензол, нефтепродукты) и различных ионов (железо [III], сульфат-ион, хром [VI] и др.)

Для достижения заданной цели перед авторами были поставлены следующие **задачи:**

Заводская Ольга Федоровна, аспирантка
Копнина Алина Юрьевна, кандидат химических наук,
доцент кафедры «Химическая технология и промышленная экология». E-mail: alina-kopnina@yandex.ru

определить возможность и эффективность очистки воды от различных поллютантов с помощью урути мутовчатой (на примере, бензола, соединений железа (III), хрома (VI), сульфат ионов); определить зависимость эффективности очистки воды от исходной концентрации загрязнителя, от времени обработки пробы, от количества используемой биомассы; изучить изменение сорбционной активности при многократном использовании растения. Проведение эксперимента осуществлялось в статических условиях с использованием модельных растворов. Критерием концентрационных пределов для всех компонентов-загрязнителей служили величины предельно допустимых концентраций в водоемах рыбохозяйственного назначения или их содержание в сточных водах типовых региональных производств.

Были проведены экспериментальные исследования по изучению процесса фитоочистки воды, загрязненной бензолом. Качество воды контролировалось по показателю ХПК [4]. Для эксперимента использовался 0,1% раствор бензола, эта концентрация была принята, исходя из свойств бензола и его содержания в сточных водах. Наиболее важным этапом биологической очистки сточных вод от органических загрязнителей является аэрация кислородом воздуха, поэтому она применялась во всех опытах. В проводимых экспериментах сравнивали эффективность использования растения совместно с аэрацией и чистой аэрацией. В результате были определены: оптимальное время обработки воды, эффективность очистки с использованием урути мутовчатой и чистой аэрации, и с учетом поглощения загрязнителя микроорганизмами (см. рис. 1).

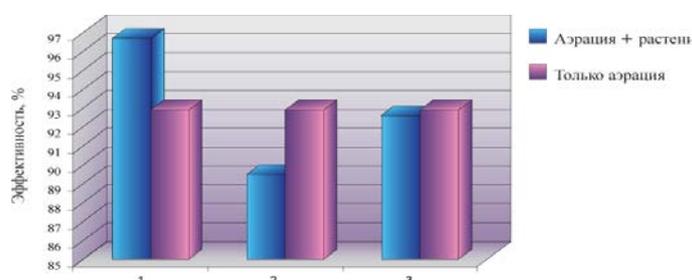


Рис. 1. Зависимость эффективности фитоочистки и микробиологической очистки воды от бензола: 1 – уруть мутовчатая, 2 – «зеленая модель», 3 – «проволочная модель»

Экспериментальное исследование процесса фитоочистки вод по извлечению ионов железа (III) проводилось с использованием модельных растворов с различной концентрацией загрязнителя: 1, 2, 4, 6, 10 мг/дм³. Для определения концентрации железа использовался фотометрический метод с сульфосалициловой кислотой [5]. Полученные результаты представлены в виде графических зависимостей (рис. 2-4).

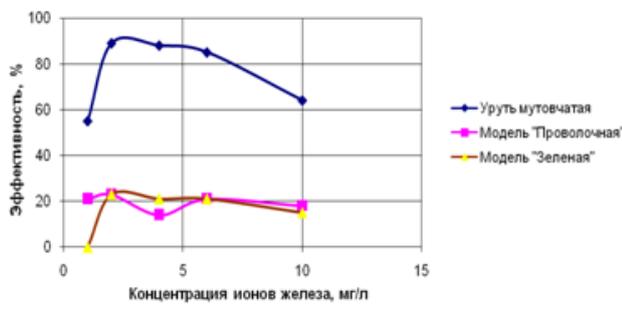


Рис. 2. Зависимость эффективности очистки от исходной концентрации загрязнителя

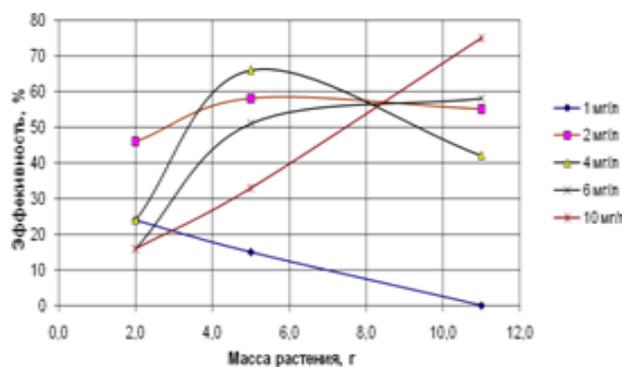


Рис. 3. Зависимость эффективности очистки от количества биомассы

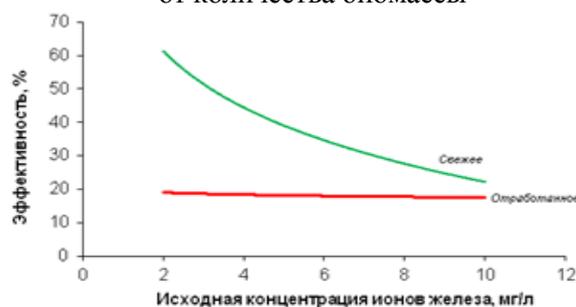


Рис. 4. Изменения сорбционной активности растения (свежее и отработанное) при извлечении ионов железа из воды

Дальнейшее исследование процесса фитоочистки было связано с извлечением сульфат-ионов. В процессе лабораторного исследования использовались модельные растворы на основе сульфата алюминия. Диапазон концентраций по сульфат-иону составлял от 100 до 800 мг/л. Для определения концентрации загрязнителя использовался гравиметрический метод [4]. Была проведена серия экспериментов, которые позволили определить зависимость эффективности очистки воды от сульфат-ионов с различной исходной концентрацией от времени обработки, с учетом работы микроорганизмов (рис. 5-8) – использовалась только «проволочная» модель.

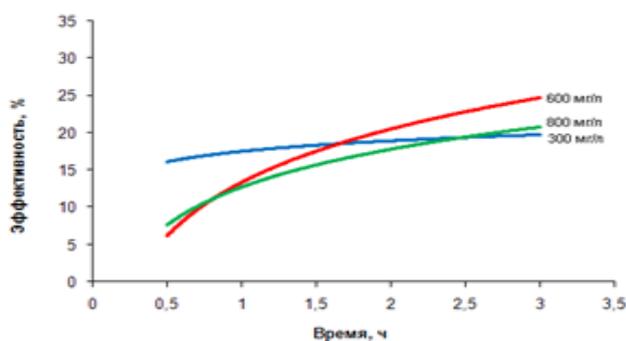


Рис. 5. Зависимость эффективности очистки от времени обработки

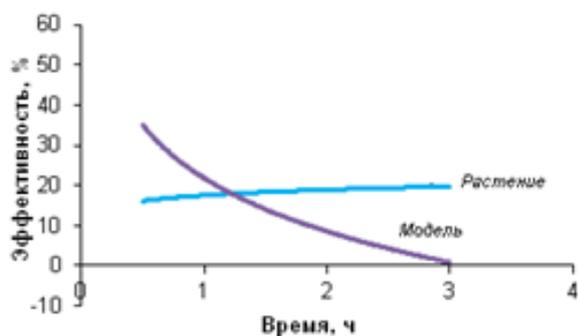


Рис. 6. Зависимость эффективности очистки от сульфат-ионов ($C=300$ мг/л) в зависимости от времени обработки

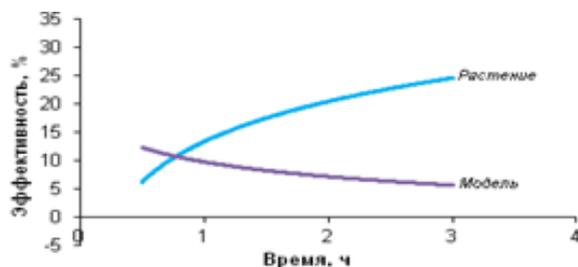


Рис. 7. Эффективность очистки от сульфат-ионов ($C=600$ мг/л) в зависимости от времени обработки

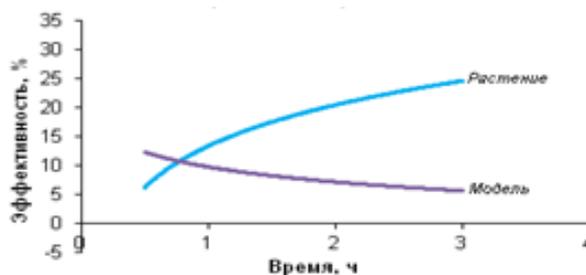


Рис. 8. Зависимость эффективности отчистки от сульфат-ионов ($C=800$ мг/л) в зависимости от времени обработки

Следующим компонентом, который также рассматривался как загрязнитель воды, был хром (VI). Растение помещалось в колбу с раствором, содержащим ионы загрязнителя. Контакт урути мутовчатой и водной среды осуществлялось в течение 24 часов (рис. 9), после чего определялась конечная концентрация шестивалентного хрома в растворе с помощью титриметрического метода анализа. Уже после проведения первых серий экспериментов по извлечению стал очевиден тот факт, что уруть способна очищать сточную воду от этого компонента. После 18 часов контакта растения и загрязненного раствора эффективность очистки начинает резко расти и к 22 часам достигает порядка 50%. Чем больше время контакта урути с раствором загрязнителя, тем больше значение эффективности очистки.

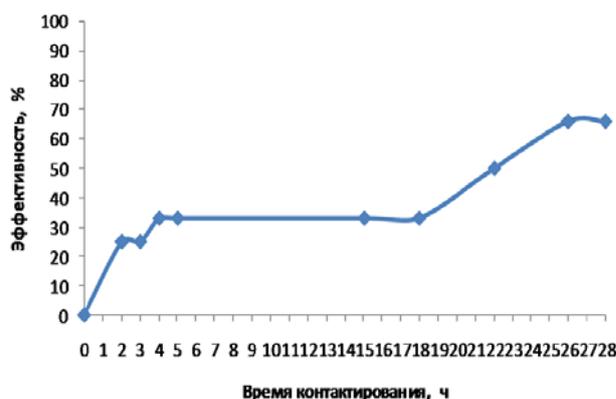


Рис. 9. Зависимость эффективности очистки от времени обработки

Представленные результаты показывают возможность использования урути мутовчатой для проведения процессов очистки воды от бензола, ионов железа [III], сульфат-ионов, ионов хрома [VI]. Анализируя полученные данные (рис. 1) по извлечению бензола, видно, что эффективность очистки от бензола без растений только аэрацией составляет 84-94%, при использовании урути и аэрации совместно – 90-97%. То есть при применении растения эффективность

очистки увеличивается на 4-13%. Что касается результатов по извлечению железа [III], то наиболее оптимальное соотношение массы обрабатываемого раствора с концентрацией ионов железа от 1 до 10 мг/дм³ и массы растения составляет 40: 1. Для увеличения эффективности очистки растворов с концентрацией железа более 6 мг/дм³ соотношение массы раствора и массы растения может быть увеличено до 20: 1: чем больше количество биомассы, тем эффективнее очистка (для 200 мл раствора железа с концентрацией 6 мг/дм³ эффективность очистки возрастает в 1,5 раза, если вместо 5 гр. урути использовать 10-11 гр.; а для раствора с концентрацией 10 мг/дм³ при тех же условиях эффективность возрастает в 2 раза). В среднем эффективность извлечения железа с использованием урути мутовчатой составляет 70-75%, использование моделей (работа микроорганизмов) позволяет снизить концентрацию железа максимально лишь на 27%. В результате многократного использования урути мутовчатой для извлечения ионов железа из воды происходит снижение сорбционной активности растения по извлекаемому компоненту. Представленные результаты показывают возможность использования урути мутовчатой для проведения процессов очистки сточных вод от ионов железа.

По результатам проведенных экспериментов по сульфат-ионам можно сделать вывод о том, что наибольшая степень очистки достигается при концентрации сульфат-ионов 600 мг/л для урути и 300 мг/л для модели. Работа микроорганизмов наблюдается только в первый момент времени в период до 2 часов. Зависимость эффективности очистки воды от исходной концентрации ионов хрома приблизительно

одинакова при концентрациях от 20 до 50 мг/л и составляет 40-50%. Модельные растворы с концентрациями более 50 мг/л убивают растение спустя 24 часа, эффективность очистки снижается при этом до 30% ближе к 100 мг/л. Модель, как и уруть, дает сравнительно большую эффективность при работе с низкоконтрированными растворами из всего диапазона значений концентраций хрома в воде, но значительно меньше, чем само растение (на 20-30%).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Богомолова, А.В. Исследование процесса фитоочистки для доочистки сточных вод / А.В. Богомолова, А.Ю. Копнина, А.Ю. Чуркина // Экология и безопасность жизнедеятельности: Сборник статей VII Межд. научно-практ. конф. – Пенза: РИО ПГСХА, 2007. С. 99-101.
2. Копнина, А.Ю. Использование процесса фитоочистки воды, загрязненной ионами металлов, с использованием урути мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum*) / А.Ю. Копнина, А.Г. Колесников // Экологические проблемы промышленных городов: Сборник научных трудов IV Всеросс. научно-практ. конф. – Саратов: РИО СГТУ, 2009. С. 35-37.
3. Копнина, А.Ю. Исследование процесса фитоочистки воды, загрязненной сульфат-ионами, с использованием урути мутовчатой (*Myriophyllum verticillatum*) / А.Ю. Копнина, О.Ф. Заводская // XI Межд. научно-практ. конф. МК-22-11 «Мониторинг природных систем». Сборник статей. – Пенза, июль 2011. С. 45.
4. ПНД Ф 14.1:2.100-97 Методика выполнения измерений химического потребления кислорода в пробах природных и очищенных сточных вод титриметрическим методом
5. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2008. 8 с.

THE WATER TREATMENT, POLLUTED BY VARIOUS COMPONENTS, BY MEANS OF *MYRIOPHYLLUM VERTICILLATUM* L.

© 2013 O.F. Zavodskaya, A.Yu. Koptina

Samara State Technical University

The questions of development the phytoremediation technologies for tertiary treatment of sewage contaminated by various pollutants are considered. Results of researches the possibility of water treatment from organic impurity (benzene) and some ions (iron (III), sulfate ions, chrome [VI] ions) by means of highest water plant – *Myriophyllum verticillatum* L. are presented.

Key words: *phytotechnology, phytocleaning, sewage, highest water plants, Myriophyllum verticillatum* L.

Olga Zavodskaya, Post-graduate Student
Alina Koptina, Candidate of Chemistry, Associate Professor at
the Department "Chemical Technology and Industrial Ecology".
E-mail: alina-koptina@yandex.ru