

ДООЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД ФИТОМАССОЙ НАЯДЫ МЕЛКОЗУБЧАТОЙ

© 2011 Г.С. Быкова¹, И.Ф. Шаталаев¹, А.В. Воронин¹

¹Самарский государственный медицинский университет

Поступила в редакцию 18.05.2011

В работе проведено исследование способности поглощения наядой мелкозубчатой (*Najas microdon*) металлов – Fe, Zn, Cu, Ni, Al, а также фенольных соединений – фенола, *o*-крезола, пирокатехина, гидрохинона, резорцина, тимола, *m*-аминофенола, 1- и 2-нафтолов из образцов сточных вод. Показана возможность и целесообразность использования наяды мелкозубчатой для проведения доочистки сточных вод.

Ключевые слова: загрязнение, металлы, фенолы, нафтолы, сточная вода, наяда мелкозубчатая

Вмешательство человека в естественные биосферные процессы постоянно увеличивается и выражается, помимо прочего, в загрязнении водной среды различного рода химикатами. К числу наиболее опасных загрязняющих природную среду компонентов относятся тяжелые металлы. Попадание их в воду связано с деятельностью ряда отраслей промышленности – целлюлозно-бумажной, горнодобывающей, металлургической, текстильной, кожевенной, производства удобрений и других. Фенолы, нафтолы – одни из наиболее токсичных органических соединений – присутствуют в водах от пирогенного разложения топлива и горючих сланцев, сточных водах анилинокрасочных, химико-фармацевтических заводов, заводов, производящих пластические массы, и многих других. Также существует опасность попадания токсикантов в грунтовые воды и водоемы со свалок [1, 2]. Способность высших водных растений к накоплению, утилизации, трансформации многих токсических соединений является мощным фактором в процессе биологического самоочищения водоемов. Этот факт не остается без внимания. В настоящее время с целью доочистки воды целенаправленно культивируются некоторые виды высших водных растений: эйхорния, аир тростниковый, циперус очереднолистный, камыш озерный и лесной, рогоз узколистный и широколистный и др. [3]. Разные виды растений обладают неодинаковой степенью устойчивости к токсикантам. Так, например, камыш, водяной орех, рдест красный активно извлекают из воды марганец. Эйхорния энергично поглощает из воды ионы свинца, кадмия, никеля, серебра, ртути и др. Хорошей устойчивостью обладает тростник обыкновенный,

выдерживая высокие концентрации ионов меди, ртути, хрома, цинка [4]. Выбор растения для доочистки воды диктуется также климатическими условиями. В умеренных широтах в зимний период использование большинства предлагаемых высших водных растений ограничено, т.к. их фотосинтезирующие части находятся над водой и при пониженных температурах погибают. Поэтому интерес представляют полностью погруженные в воду растения. К таковым относится наяда мелкозубчатая (*Najas microdon*).

Наяда мелкозубчатая – неприхотливое, легко размножающееся вегетативно растение. Может существовать как в толще воды, так и в укорененном виде. Оптимальный температурный режим жизнедеятельности находится в интервале +12°C до +25°C. Наяда хорошо поглощает биогенные вещества неорганической природы – нитраты, нитриты, фосфаты, ионы аммония [5]. Актуален вопрос о возможности использования наяды мелкозубчатой для доочистки сточных вод от тяжелых металлов, органических веществ.

Цель работы: провести исследование способности поглощения фитомассой наяды мелкозубчатой некоторых металлов, органических веществ ряда фенолов и нафтолов из образцов сточной воды.

Материалы и методы исследования. Объектом нашего исследования являлась фитомасса наяды мелкозубчатой (*Najas microdon*). Для выявления способности поглощения металлов в весенне-летний период 2010 г. (март-июнь) производился забор образцов сточных вод после первичного отстойника очистных сооружений МП «Самараводоканал». В исследуемых образцах сточных вод определяли содержание металлов – железа, цинка, меди, никеля, алюминия методом атомно-эмиссионной спектроскопии в соответствии с нормативно-техническим документом [6]; прибор – эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой Optima 4000. Исследовали динамику поглощения вышеуказанных металлов фитомассой наяды мелкозубчатой из образцов сточных вод. Экспозиция фитомассы в образцах сточных вод составляла 12 часов; отбор

Быкова Галина Сергеевна, ассистент кафедры химии фармацевтического факультета. E-mail: galina_bp@bk.ru

Шаталаев Иван Федорович, доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой химии фармацевтического факультета. E-mail: shatalaev@list.ru

Воронин Александр Васильевич, кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры химии фармацевтического факультета. E-mail: dimmu2000@mail.ru

проб воды производили с интервалом 3 часа; содержание фитомассы в сточной воде – 5 и 10 г/л.

Из числа наиболее распространенных фенольных компонентов сточных вод для эксперимента нами были выбраны фенол, *o*-крезол, *m*-аминофенол, тимол, пирокатехин, гидрохинон, резорцин, 1-нафтол и 2-нафтол. Для исследования динамики поглощения фенольных соединений фитомассу наяды мелкозубчатой из расчета 5 г на 1 л раствора (сырой вес) помещали в водные растворы указанных веществ с концентрацией 50 мг/л. Отбор проб воды проводили с интервалом в 1 сутки в течение нескольких дней. Количественное определение содержания фенольных соединений в водных растворах проводили с помощью фотометрического метода, основанного на образовании окрашенных соединений фенола, его производных и гомологов с 4-аминоантипирином в присутствии калия гексацианоферрата (III) в щелочной среде [2]. Параллельно проводили анализ проб воды «контрольных» растворов органических веществ (без наяды мелкозубчатой) с такими же концентрациями.

Интенсивность поглощения органического вещества рассчитывали как разницу между концентрациями вещества в «контрольном» и опытном растворах. Таким образом учитывали естественную убыль растворенного загрязнителя (аутоокисление). Среднюю интенсивность поглощения фенольного соединения рассчитывали как отношение количества вещества, поглощенного за все время эксперимента 1 г фитомассы, к времени прохождения эксперимента (в сутках).

Результаты и их обсуждение. В отобранных образцах сточных вод диапазон исходных концентраций металлов был следующим: Fe (общее) – 0,257-0,672 мг/л; Zn – 0,0611-0,1010 мг/л; Cu – 0,0110-0,0520 мг/л; Ni – 0,0026-0,0042 мг/л; Al – 0,1680-0,4090 мг/л. Группа измерений при плотности фитомассы наяды мелкозубчатой 5 г/л составила 8 серий, при плотности 10 г/л – 5 серий. Результаты измерения концентраций металлов (средние величины) в образцах сточных вод на различных этапах времени экспозиции в них фитомассы наяды мелкозубчатой представлены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. Динамика поглощения металлов из сточной воды наядой мелкозубчатой при плотности фитомассы 5 г/л.

Металл	Концентрация средняя, мг/л				
	Исходная	Время экспозиции наяды мелкозубчатой			
		3 часа	6 часов	9 часов	12 часов
железо общее	0,4991	0,3039	0,2619	0,3549	0,3547
цинк	0,0785	0,0365	0,0349	0,0451	0,0471
медь	0,0184	0,0180	0,0088	0,0110	0,0116
никель	0,0036	0,0029	0,0029	0,0029	0,0032
алюминий	0,3188	0,1212	0,1107	0,1598	0,1365

Таблица 2. Динамика поглощения металлов из сточной воды наядой мелкозубчатой при плотности фитомассы 10 г/л.

Металл	Концентрация средняя, мг/л				
	Исходная	Время экспозиции наяды мелкозубчатой			
		3 часа	6 часов	9 часов	12 часов
железо общее	0,3297	0,3150	0,1953	0,2243	0,1603
цинк	0,0420	0,0420	0,0335	0,0400	0,0285
медь	0,0234	0,0074	0,0065	0,0081	0,0060
никель	0,0036	0,0032	0,0024	0,0027	0,0025
алюминий	0,2423	0,1297	0,1037	0,1303	0,1037

Для всех рассмотренных случаев наблюдается положительная динамика поглощения металла фитомассой наяды мелкозубчатой. Основное количество загрязнителя поглощается в первые 6 часов эксперимента. Максимальное поглощение в первые 3 часа характерно для Fe, Zn и Ni при плотности фитомассы 5 г/л; для Cu – при 10 г/л; для Al – при 5 и 10 г/л. Максимальное поглощение на момент 6 часов экспозиции характерно для Fe, Zn и Ni при плотности фитомассы 10 г/л; для Cu – при 5 г/л. Некоторое увеличение концентрации металлов в образцах сточных вод наблюдается после 9 часов экспозиции фитомассы наяды мелкозубчатой.

Установлено, что присутствие наяды мелкозубчатой способствует интенсивному снижению концентрации фенольных соединений в водных

растворах. Из табл. 3 видно, что скорость извлечения неодинакова и зависит от природы фенола. Двухатомные фенолы поглощаются быстрее, чем монофенолы. Поглощение нафтолов наядой несколько менее эффективно, чем двухатомных фенолов, но тоже достаточно велико. Установлено также, что снижение концентраций фенольных соединений в растворах с наядой мелкозубчатой значительно выше, чем в контрольных растворах без растения. Скорости превращения фенольных соединений и нафтолов наядой мелкозубчатой превосходят скорости аутоокисления в среднем в 1,5-6 раз. Наблюдения показали, что при окислении пирокатехина, 1- и 2-нафтолов наядой мелкозубчатой образуются окрашенные вещества. Предположили, что образуется смесь различных продуктов конденсации фенолов и

хинонов. Экспонирование наяды в растворах 1-нафтола и 2-нафтола на 10 сутки привело к появлению начальных признаков хлороза. После эксперимента растение не восстанавливалось и примерно на 14 сутки погибало. При экспонировании наяды в растворе пирокатехина на 9 сутки наблюдали изменение внешнего вида растения: появились признаки нежизнеспособности, ярко-зеленая окраска сменилась на бурую, растение выглядело как будто «обожженным». Примерно на 12 сутки растение погибало. В растворах других

фенольных соединений изменений внешнего вида наяды мелкозубчатой не наблюдали. Сильное токсичное действие орто-изомера двухатомных фенолов пирокатехина позволяет предположить наличие у наяды мелкозубчатой *o*-дифенолоксидазы. Окисление пирокатехина приводит к образованию *o*-бензохинона, обладающего выраженным токсичным действием на живые системы [7]. Для подтверждения этого предположения необходимо проведение дополнительных исследований.

Таблица 3. Результаты исследования поглощения фенольных соединений наядой мелкозубчатой из водных растворов с концентрацией 50 мг/л

Показатели	Время экспозиции, сутки	Снижение содержания фенола в опытном растворе, %	Снижение содержания фенола в контрольном растворе, %	Средняя интенсивность поглощения фенола, мг/г фитомассы
пирокатехин	9	77	12	1,132
гидрохинон	9	49	10	0,899
резорцин	11	39	9	0,503
фенол	11	34	0	0,296
<i>o</i> -крезол	11	41	10	0,272
<i>m</i> -аминофенол	9	6	2	0,048
тимол	8	23	19	0,049
1-нафтол	10	86	39	0,472
2-нафтол	10	69	11	0,628

Выводы: проведенные эксперименты показали положительную динамику поглощения наядой мелкозубчатой металлов, фенолов и нафтолов. Основное количество металлов из сточной воды поглощается в первые 6 часов эксперимента. Из фенольных соединений наиболее эффективно наяда мелкозубчатая поглощает из водных растворов фенол, *o*-крезол, пирокатехин, гидрохинон, резорцин, 1- и 2-нафтолы. Установлено, что пирокатехин, 1- и 2-нафтолы в концентрации 50 мг/л оказывают губительное действие на наяду мелкозубчатую, что необходимо учитывать при залповых сбросах сточных вод, содержащих названные соединения. Полученные результаты указывают на возможность и целесообразность использования наяды мелкозубчатой для проведения доочистки сточных вод, содержащих такие металлы как Fe, Zn, Cu, Ni, Al, а также органические вещества – фенол, *o*-крезол, пирокатехин, гидрохинон, резорцин, 1- и 2-нафтолы, тимол и *m*-аминофенол.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. *Исидоров, В.А.* Введение в химическую токсикологию. – СПб.: Химиздат, 1999. 144 с.
2. *Лурье, Ю.Ю.* Аналитическая химия промышленных сточных вод. – М.: Химия, 1984. 448 с.
3. *Лукина, Л.Ф.* Физиология высших водных растений / *Л.Ф. Лукина, Н.Н. Смирнова.* – К.: Наукова думка, 1988. 187 с.
4. *Артамонов, В.И.* Растения и чистота природной среды. – М.: Наука, 1986. 242 с.
5. Пат. 2081852 Российская Федерация, С 02 F 3/32. Способ очистки сточных вод / *Матвеев В.И., Чистяков Н.Е., Кузнецов Ю.Р.* - № 2081852; заявл. 24.11.94; опубл. 20.06.97.
6. ПНД Ф 14.1:2:4.135-98 «Методика выполнения измерений массовых концентраций металлов методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой в питьевой, природной и сточной водах и атмосферных осадках».
7. *Стом, Д.И.* Значение окисления в детоксикации фенолов водными растениями // Самоочищение воды и миграция загрязнений по трофической цепи. – М.: Наука, 1984. С. 91-97.

ADDITIONAL CLEANING OF SEWAGE BY NAJAS MICRODON PHYTOMASS

© 2011 G.S. Bykova, I.F. Shatalaev, A.V. Voronin
Samara State Medical University

In the work it is carried out research of ability of absorption by *Najas microdon* the metals – Fe, Zn, Cu, Ni, Al, and also phenolic substances – phenol, *o*-cresol, pyrocatechin, hydroquinone, resorcin, thymol, *m*-aminophenol, 1- and 2- naphthols from samples of sewage. The opportunity and expediency of use of *Najas microdon* for carrying out the additional cleaning of sewage is shown.

Key words: pollution, water, metals, phenols, naphthols, sewage, *Najas microdon*

Galina Bykova, Assistance at the Chemistry Department of Pharmaceutical Faculty. E-mail: galina_bp@bk.ru; Ivan Shatalaev, Doctor of Biology, Professor, Head of the Chemistry Department at Pharmaceutical Faculty. E-mail: shatalaev@list.ru; Alexander Voronin, Candidate of Pharmacy, Associate Professor at the Chemistry Department of Pharmaceutical Faculty. E-mail: dimmu2000@mail.ru