

ШВЕЦ Д. И., КАЛЕНЮК А. А., ШРАМКОВА Т. Г., ПОНОМАРЕВА Т. В.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ПОЛИГОНОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АТОМНО-АДСОРБЦИОННОГО МЕТОДА

Проведені дослідження з використанням атомно-адсорбційного методу аналізу сорбційних властивостей морських водоростей і природних карбонатів по відношенню до іонів важких металів.

Проведены исследования с использованием атомно-адсорбционного метода анализа сорбционных свойств морских водорослей и природных карбонатов по отношению к ионам тяжелых металлов.

The researches of the sorption properties of seaweeds and natural carbonates with respect to the ions of heavy metals are carried out with the use of an atomic-adsorption method analysis.

Преобразования, обусловленные мировой климатической войной, требуют поиска эффективных средств и методов предупреждения миграции и локализации экотоксикантов, способных нанести вред человеку и окружающей среде [1]. Среди широкого разнообразия сорбентов и сорбционных технологий, запасы биомассы Мирового океана и прибрежных зон представляют особый интерес, с одной стороны, как постоянно возобновляемые сырьевые источники, с другой – как потенциально эффективные сорбенты для решения экологических проблем [2].

Водоросли стали привлекательными, в первую очередь, в связи с обнаружением в последние годы их способности защищать себя от вредного воздействия влияния бактерий и грибков путем синтеза природных антибиотиков [3]. Свойства морских водорослей, в частности, их сорбционные способности по отношению к экотоксикантам [3] и другие необычные сорбционные характеристики, позволили предположить о необходимости всестороннего исследования возможностей морских водорослей, как одного из наиболее перспективных альтернативных видов сырьевых ресурсов в условиях мировой климатической войны. Кроме того, в рекреационных зонах имеются большие запасы природных карбонатов, которые также обладают поглотительными свойствами. С учетом сложности и непредсказуемости экологических ситуаций на сегодняшний день исследование сорбционных свойств природных сорбентов представляет как научный, так и практический интерес. В данной работе проведены исследования сорбционных свойств морских водорослей и природных карбонатов по отношению к ионам тяжелых металлов.

В табл.1 приведены результаты рентгено-флуоресцентного анализа сточных вод полигонов промышленных отходов Юга Украины, откуда видно, что в сточных во-

дах содержатся такие микроэлементы как железо, кадмий, цинк, свинец, никель, марганец, относящиеся к тяжелым металлам и образующие в почве четко локализованную комплексную аномалию, в пределах которой находится значительная территория полигонов.

Таблица 1.

Характеристика сточных вод полигона промышленных отходов

№ п/п	Ион металла	$C_{исх}$, мг/л
1	Pb^{2+}	2,72
2	Cd^{2+}	9,13
3	Ni^{2+}	62,4
4	Fe^{3+}	0,25
5	Zn^{2+}	100,0
6	Mn^{2+}	334,0

Их миграция с грунтовыми водами, а также по цепочке "вода – растение – пища" приводит к поступлению тяжелых металлов в организм в увеличенных количествах.

Предупреждение миграции ионов тяжелых металлов грунтовыми водами и по цепочке "вода – растение – пища" возможно с применением морских водорослей и природных карбонатов, которые, как было показано ранее в работах [3], являются селективными сорбентами по отношению к экотоксикантам (нефтепродукты, медь).

В таблицах 2 и 3 приведены результаты о сорбционных свойствах водорослей по поглощению ионов тяжелых металлов (цинк, железо) водорослями различной природы. Видно, что водоросли способны поглощать ионы тяжелых металлов из монорастворов на 95–99 %. Сорбционная способность водорослей несколько снижается (табл. 4) в случае использования водорослей для извлечения ионов тяжелых металлов из сточных вод.

Таблица 2.

**Сорбция ионов Zn^{2+} водорослями из водных растворов
(Т:Ж 1:100. $pH_{исх}$ 5,83, $C_{исх}$ 48, 75 мг/г, время контакта 4,5 часа)**

Название сорбента	$pH_{исх}$	$pH_{рав}$	$C_{рав}$, мг/л	C , мг/л	a , мг/г	a , %
Водоросли 1	5,63	7,0	1,69	47,06	4,7	96,5
Водоросли 2	5,63	7,57	1,15	47,6	4,8	97,64
Водоросли 3	5,66	7,1	2,56	45,29	4,5	93,0
Водоросли 4	5,63	7,2	2,1	46,65	4,7	95,7

Таблица 3.

Сорбция ионов Fe^{3+} водорослями из модельных растворов
(Т:Ж 1:100. $\text{pH}_{\text{исх}}$ 2,45, $\text{C}_{\text{исх}}$ 196,63 мг/г, время контакта 1,5 часа)

Название сорбента	$\text{pH}_{\text{рав}}$	$\text{C}_{\text{рав}}$, мг/л	C , мг/л	a , мг/г	a , %
Водоросли 1	6,7	1,95	194,68	19,5	99,0
Водоросли 2	7,7	2,36	194,27	19,4	99,0
Водоросли 3	7,6	0,92	195,71	19,6	99,5
Водоросли 4	6,5	1,95	194,68	19,5	99,0

Таблица 4.

Сорбция ионов Zn^{2+} водорослями из сточной воды полигонов
(Т:Ж 1:100. $\text{pH}_{\text{исх}}$ 6,28, $\text{C}_{\text{исх}}$ 100,9 мг/г, время контакта 4,5 часа)

Название сорбента	$\text{pH}_{\text{исх}}$	$\text{pH}_{\text{рав}}$	$\text{C}_{\text{рав}}$, мг/л	C , мг/л	a , мг/г	a , %
Водоросли 1	6,28	7,38	33,3	62,3	6,23	65,1
Водоросли 2	6,28	7,38	33,8	61,8	6,2	64,6
Водоросли 3	6,28	7,49	26,84	68,76	6,9	72,0
Водоросли 4	6,28	7,83	28,58	67,02	6,7	70,1

Сорбционная способность водорослей по отношению к ионам тяжелых металлов (смесь модельных растворов) зависит от концентрации ионов тяжелых металлов (табл. 5, 6).

Таблица 5.

Сорбция ионов Zn^{2+} , Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} водорослями из смеси модельных растворов (Т:Ж –1:100. $\text{pH}_{\text{исх}}$ 5,8, $\text{C}_{\text{исх Cd}} = 120,3$ мг/г, $\text{C}_{\text{исх Zn}} = 135$ мг/г, $\text{C}_{\text{исх Cu}} = 167,5$ мг/г, $\text{C}_{\text{исх Pb}} = 127,5$ мг/г время контакта 4,5 часа).

Название сорбента	Zn^{2+}		Cu^{2+}		Pb^{2+}		Cd^{2+}	
	a , мг/г	a , %	a , мг/г	a , %	a , мг/г	a , %	a , мг/г	a , %
Водоросли 1	5,4	40	15,7	94,0	12,1	94,7	10	84
Водоросли 2	3,7	27	14,6	87,0	12,2	96,0	8,0	67
Водоросли 3	5,9	44	14,8	88,0	12,6	98,4	8,2	68
Водоросли 4	4,7	35	15,7	93,7	12,6	99,1	8,6	32

Таблица 6.

Эффективность извлечения ионов тяжелых металлов из сточных вод полигонов промышленных отходов

Ион металла	$C_{исх}$, мг/л	$C_{рав}$, мг/л	Степень извлечения, %
Pb^{2+}	2,72	0,80	70,6
Cd^{2+}	9,13	0,11	98,8
Ni^{2+}	62,4	62,4	0
Fe^{3+}	0,25	0,24	4,0
Zn^{2+}	100,0	33,0	67,0
Mn^{2+}	334,0	333,0	0,3

Как видно из представленных в таблицах 5, 6 данных, при низких (до 35 мг/л) концентрациях, поглотительная способность водорослей составляет 97–99 %. С другой стороны, при повышении концентрации ионов тяжелых металлов до величин более 100 мг/л, сорбционная способность водорослей по отношению к ионам меди и свинца практически не изменяется, а по отношению к ионам кадмия и цинка снижается соответственно на 30 и 50 %.

Несмотря на незначительное снижение поглотительной способности водорослей по отношению к отдельным ионам тяжелых металлов, можно заключить, что морские водоросли являются эффективными поглотителями ионов тяжелых металлов и могут быть рекомендованы в качестве сорбционного материала, предназначенного для ликвидации аварийных ситуаций, связанных с возможностью попадания ионов тяжелых металлов в экосистемы. Кроме того обнаружено отсутствие сорбционной способности водорослей по отношению к ионам Mn и Fe. Выявленный эффект может быть рекомендован для отдельного концентрирования ионов тяжелых металлов из сточных вод полигонов промышленных отходов с использованием как водорослей, так и иных сорбентов, проявляющих селективные свойства по отношению к ионам Mn и Fe. Водоросли в данном случае могут быть использованы для избирательной очистки сточных вод. На основании полученных результатов предложены простые и дешевые сорбенты для количественного концентрирования и очистки сточных вод.

Не меньший интерес представляют результаты исследований сорбционных свойств природных карбонатов по отношению к ионам тяжелых металлов. Из данных, представленных в таблице 7 видно, что природные карбонаты обладают достаточно высокой (более 90 %) поглотительной способностью по отношению к ионам тяжелых металлов.

Таблица 7.

**Зависимость сорбции железа (II) природным карбонатом из водных растворов
(соотношение Т:Ж – 1:100)**

pH исх.	pH равн.	C_{исх.} Fe²⁺, мг/л	C_{равн.} Fe²⁺, мг/л	Сорбция, %
1,1	4,9	300	238	20,7
1,8	7,2	300	47	84,3
2,6	7,6	300	2,7	99,1

Сравнение приведенных в таблицах данных позволяет сделать вывод о том, что природно-ресурсный потенциал рекреационных зон, а именно морские водоросли и природные карбонаты на основе остатков морского происхождения представляют собой особый интерес как сорбционные материалы селективного типа по отношению к ионам тяжелых металлов.

Анализ полученных результатов подтверждает сделанное в работах [2, 3] предположение о высоких сорбционных способностях продуктов морского происхождения по отношению к экотоксикантам как органической, так и неорганической природы.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Пон Ги Мун.* Бали и последующий период: новая "зеленая" экономика. II Доклад Генерального секретаря ООН Пан Ги Муна на Международном саммите по проблемам изменений климата. // "2000". – 2007. – № 50(394). – С. 3.
2. *Shvets D.I., Lapko V.V., Mikhalovsky S.V., Waite S.* // British Carbon Group Workshop II. Carbon Science and Art. – 21-22 March 2005. – 3 P.
3. *Зборщик Я.А., Антошок Н.Г., Колесник І.С., Лапко В.В.* Сорбційні властивості водоростей по відношенню до йонів купруму (II). // Києво-Могилянська академія. Наукові записки. Хімічні науки і технології. – 2007. – т. 66. – С. 60–65.

*Институт сорбции и проблем эндоэкологии НАН Украины,
г. Киев*

Поступило в редакцию 23.05.2008