

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ НА МЕХАНИЗМ ФИТОЭКСТРАКЦИИ РАСТЕНИЙ

*Т.С. Авдеенкова, А.С. Макарова, А.В. Матасов, В.В. Челноков*

*Российский химико-технологический университет Д.И. Менделеева», Москва, Россия*

Антропогенное загрязнение воды тяжелыми металлами является одной из основных проблем в современном мире, и необходимо отметить постоянный рост степени загрязнения водных объектов, который, в свою очередь, является вызвано ежегодным увеличением производства [1–3]. Источниками тяжелых металлов в окружающей среде в результате деятельности человека являются выбросы от промышленности, транспортных средств и мусоросжигательных заводов. К отраслям, загрязняющим окружающую среду тяжелыми металлами, относятся черная и цветная металлургия, производство топлива, горнодобывающие комплексы, стекло, керамика, электротехника и т. д. [4].

Тяжелые металлы, попадающие в водоемы, приводят к изменениям физических свойств воды, в частности к изменению органолептических и химических показателей воды [5]. Поступающие в водоемы металлы препятствуют естественным процессам самоочищения воды. Загрязненные водоемы становятся непригодными для питьевого, промышленного водоснабжения, а также теряют ценность для рыбного промысла. Кроме того, загрязненная вода может вызывать нарушения в росте и развитии растений и организмов, являющихся частью водной биоты [6]. Одним из эффективных способов очистки водоемов является механизм фитореимидации. Благодаря данному способу тяжелые металлы извлекаются из воды, что делает ее пригодной для потребления и использования [7]. Целью этой работы было определение наиболее эффективных элементов в инженерных сооружениях, обеспечивающих механизм фитоекстракции для удаления тяжелых металлов из водоемов.

Одним таким биологическим способом очистки с помощью высших водных растений (макрофитов) является использование биоплато. Данное биологическое инженерное сооружение, представляет собой мат-платформу с посадкой высших водных растений. Корни растений с аборигенными микроорганизмами-деструкторами полностью погружены в воду и играют главную роль в очистке – поглощают загрязняющие вещества из воды. Для интенсификации процессов очистки используются искусственные корни из полимерных материалов, которые создают большую единую площадь поверхности. В частности, искусственные корни из углеродных волокон являются привлекательным местом для водных микроорганизмов. Микробиота, оседая на поверхности нитей, образует биопленку, способную к разложению попавших в воду загрязняющих веществ. При этом создается особая среда обитания, в которой интенсивно происходят процессы разложения [8].

В ходе исследований были проведены лабораторные опыты, направленные на получение результатов о работоспособности предлагаемых биоплато, создание нескольких видов биоплато для сравнения и выявления более результативного, эффективности очистки воды с помощью высших водных растений в симбиозе с добавленными микроорганизмами от тяжелых металлов (свинец (II) уксуснокислый) с использованием разных конструкций углеродных волокон

Экспериментальная установка представляет собой имитацию закрытого водоема. В несколько емкостей на 20 л были помещены маты-платформы с посаженными в них высшими водными растениями Ириса болотного. Температуры воздуха (Твозд.) и воды (Тводы) составляют 23°C и 19°C соответственно. Также были добавлены разные навески свинца (II) уксуснокислого.

Для эксперимента были использованы разные конструкции углеродных волокон. Форма № 1 представляет собой кистеобразную конструкцию углеродных волокон, свободно висющую в толще воды вблизи корней растений. Форма № 2 представляет собой упорядоченные пучки, связанные в конструкцию лестничного типа.

Данные о концентрации свинца в воде экспериментальных контейнеров представлены в табл. 1.

Таблица 1. Данные о содержании в воде  $Pb^{2+}$

| Макрофит      | Наличие углеродного волокна (у/в) | Концентрация, мкг/л |           |           |             |
|---------------|-----------------------------------|---------------------|-----------|-----------|-------------|
|               |                                   | День 1              | День 2    | День 5    | День 8      |
| Ирис болотный | Без у/в                           | 3,1 ± 0,3           | 1,1 ± 0,1 | 1,1 ± 0,1 | 0,81 ± 0,08 |
|               | С у/в формы № 1                   | 147 ± 14            | 18 ± 1    | 14 ± 1    | 8,9 ± 0,9   |
|               | С у/в формы № 2                   | 39 ± 4              | 12 ± 1    | 11 ± 1    | 11 ± 1      |

По данным таблицы видно, что в результате проведения эксперимента с течением времени концентрация свинца в воде стремительно снижается. Обработанные результаты оставшегося количества в воде свинца в течение 8 с Ирисами болотными (рис. 1) в виде процентного содержания.

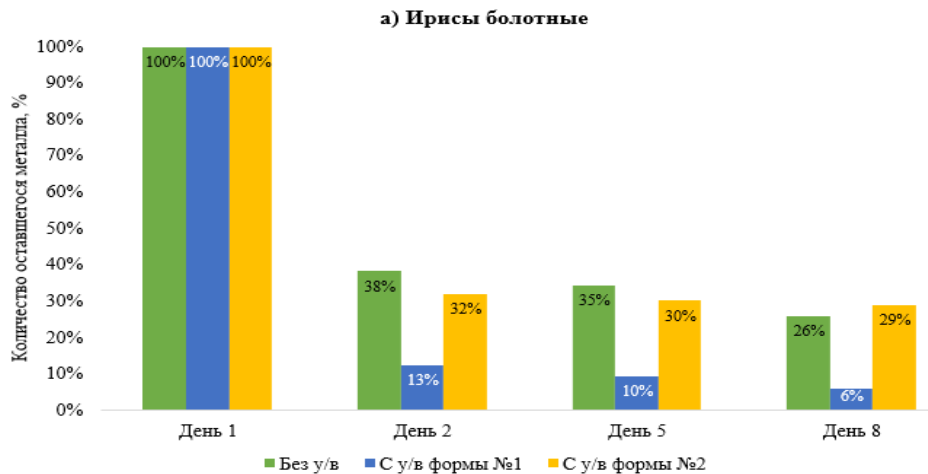


Рис. 1. Количество оставшегося свинца в воде

По гистограммам видно, что ирисы болотные поглотили большее количество свинца (74 %). А добавление углеродного волокна формы № 1 способствовало наибольшему поглощению тяжёлого металла и очистке воды (94 %). Это говорит о том, что углеродное волокно формы № 1 можно в дальнейшем применять в конструкции биооплато в очистке воды от свинца.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18–29–25068.*

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Walker D.B., Baumgartner D.J., Gerba C.P., Fitzsimmons K. Surface Water Pollution. Environmental and Pollution Science, 2019. P. 261–292.
2. Аринжанов А.Е., Сарычева А.В. Загрязнение водоемов тяжелыми металлами. Материалы Всероссийской научно-методической конференции; Оренбургский государственный университет – Оренбург, 2017. С. 1494–1499.
3. Теплая Г.А. Тяжелые металлы как фактор загрязнения окружающей среды (обзор литературы). Астраханский вестник экологического образования, № 1 (23), 2013. С. 182–192.
4. Dhir, Phytoremediation: Role of aquatic plants in environmental clean-up (Springer India, 2013).
5. Owa F.W. Water Pollution: Sources, Effects, Control and Management International Letters of Natural Sciences, 2014. P. 2–5.
6. Jatin K. Srivastava, Harish Chandra, Swinder J.S. Kalra, Pratibha Mishra, Hena Khan, Poonam Yadav. Plant–microbe Interaction in Aquatic System and Their Role in the Management of Water Quality: a Review, Applied Water Science, vol. 7, 2016. P. 1079–1090.
7. Зайнутдинова Э.М., Ягафарова Г.Г. Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов с использованием водных растений. Башкирский химический журнал. 2013. Том 20. № 3
8. Kojima, A., 1999. Carbon fiber-based artificial seaweed bed and carbon fiber-based artificial seaweed bed system made by combining plural kinds of carbon fiber-based artificial seaweed. Patent № JP2001136861A. Japan.