

М. В. Вдовина, Л. И. Матус, Е. Э. Нефедьева,  
К. И. Шайхиева

## ИЗУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА (II) С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОМАССЫ *ELODEA CANADENSIS*

Ключевые слова: фиторемедиация, *Elodea canadensis*, ионы железа, удаление.

Определена возможность удаления ионов железа (II) из водных растворов с использованием в качестве фиторемедианта *Elodea Canadensis*. Найдено, что степень удаления ионов Fe(II) из водных растворов составила более 90 %.

Keywords: phytoremediation, *Elodea canadensis*, iron ions, removal.

The possibility of removal of iron ions (II) from aqueous solutions using as fitoremedianta *Elodea Canadensis*. Found that the removal rate of the ions Fe (II) from aqueous solutions is more than 90 %.

Проблема загрязнения водных ресурсов является актуальной в связи с продолжающимся ростом антропогенной нагрузки на природную среду. В списках приоритетных загрязняющих веществ одно из первых мест занимают ионы тяжелых металлов (ИТМ), соединения которых не подвергаются деструкции в водоеме, а лишь изменяют формы миграции [1]. Обладая высокой способностью к биоаккумуляции, последние быстро включаются в пищевые цепи и накапливаются в организмах видов, находящихся на высоких трофических уровнях, включая человека.

В последнее время для удаления поллютантов, в том числе и ИТМ, широкое распространение находит фиторемедиация – метод удаления загрязнителей из водной среды различными частями водных растений [2, 3].

Для фиторемедиации наиболее пригодны водные растения, которые обладают следующими важными функциями с точки зрения очистки воды:

- 1) фильтрационная (способствуют осаждению взвешенных веществ);
- 2) поглотительная (поглощают биогенные элементы, некоторые органические вещества);
- 3) накопительная (способны накапливать некоторые металлы и трудно разлагаемые органические соединения);
- 4) санитарная (обладают бактерицидными свойствами);
- 5) окислительная (в процессе фотосинтеза обогащают воду кислородом);
- 6) детоксикационная (способные накапливать токсичные вещества и превращать их в нетоксичные) [4].

В данной работе для фиторемедиация исследовалась элодея канадская (*Elodea Canadensis*), которая обладает большой скоростью накопления биомассы [5, 6] и поглотительной способностью [7, 8]. В качестве поллютанта исследовались ионы Fe<sup>2+</sup>.

Эксперимент состоял из двух частей. Первоначально образцы *Elodea Canadensis* помещались в 3 емкости с питательной средой Кнюппа с концентрацией ионов Fe<sup>2+</sup> 10 мг/дм<sup>3</sup> и 100 мг/дм<sup>3</sup> и контрольным образцом, не содержащим названные ионы. Время инкубации составило 4 недели. Через

определенные промежутки времени определялось остаточная концентрация ионов Fe(II) в растворе.

По окончании эксперимента образцы *Elodea Canadensis* извлекались из среды инкубации, высушивались при температуре 105 °С, гомогенизировались. Ионы железа (II) извлекались концентрированной соляной кислотой. Перед определением раствор разбавлялся, чтобы масса ионов железа (II) в пробе воды объемом 500 мл составляла от 0,08 мг до 2,00 мг.

Массовая концентрация ионов железа (II) в водных растворах определялась фотометрическим методом, основанным на измерении интенсивности светопоглощения окрашенного в оранжево-красный цвет комплексного соединения железа (II) с о-фенатролином при длине волны  $\lambda = 540$  нм в интервале pH = 3,5-4,5.

Оптическая плотность раствора определялась спектрофотометром марки «UNICO 2100». Использовали кюветы с толщиной поглощающего свет слоя 30 мм.

Градуировочная характеристика зависимости среднего значения оптической плотности от массы ионов железа (II) аппроксимируется линейной функцией вида

$$\bar{D} = K \cdot m + a,$$

где  $\bar{D}$  – среднее значение оптической плотности градуировочного раствора; K, a – коэффициенты градуировочной зависимости; m – масса ионов железа (II) в градуировочном растворе, мг.

Масса ионов железа (II), мг, рассчитывалась по формуле:

$$m_i = \frac{\bar{D} - a}{K}$$

где  $m_i$  – масса ионов железа (II), мг;  $\bar{D}$  – среднее значение оптической плотности анализируемой пробы; a, K – градуировочные коэффициенты, рассчитанные методом наименьших квадратов.

Массовая концентрация ионов железа (II), X, мг/дм<sup>3</sup>, рассчитывалась по формуле:

$$X = \frac{m_i \cdot 1000}{V_{\text{пробы}}}$$

где  $m_i$  - масса ионов железа (II), мг;  $V_{\text{пробы}}$  - объем пробы, взятый для анализа,  $\text{см}^3$ ; 1000 – коэффициент пересчета  $\text{см}^3$  в  $\text{дм}^3$ .

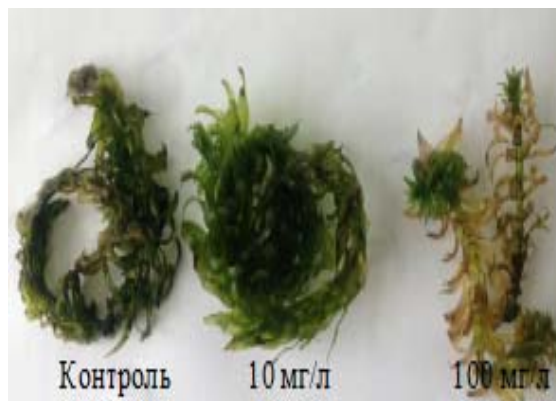
Проведенными анализами остаточного содержания ионов  $\text{Fe}^{2+}$  в модельных растворах выявлено, что степень удаления исследуемых ионов железа превышает 90 % (табл. 1). В то же время отмечено, что с увеличением концентрации ионов  $\text{Fe}(\text{II})$  в растворе повышается и содержание последних в биомассе элодеи. Следует отметить, что некоторое количество ионов железа содержится и в самой сухой биомассе растения.

**Таблица 1 – Значения содержания ионов железа в растворах и биомассе элодеи**

Концентрация ионов железа, $\text{мг}/\text{дм}^3$			Степень очистки, %
в модельной жидкости	в элодее после 4 х недель, $\text{мг}/\text{г}$ сух. массы	в растворе после 4 х недель культивирования	
контроль	0,043	-	-
10	0,376	0,74	92,6
100	1,016	3,64	96,4

Визуально отмечено, что малая концентрация ионов железа в модельном растворе ( $10 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ), в котором находились образцы элодеи, способствует интенсификации прироста биомассы растения, что видно из приведенных на рис. 1 фотографиях.

В то же время более высокая концентрация ионов железа в модельном растворе способствует угнетению растения, снижению прироста биомассы по сравнению с контрольным образцом. Тем не менее, остаточная концентрация ионов железа в растворе невысока. Данное обстоятельство, по всей видимости, связано с выделением элодеей в процессе жизнедеятельности кислорода, который окисляет присутствующие в воде ионы  $\text{Fe}(\text{II})$  в ионы  $\text{Fe}(\text{III})$ . Косвенным доказательством данному обстоятельству служит наличие на дне экспериментального сосуда светло-коричневого нерастворимого осадка, по всей видимости,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$ .



**Рис. 1 – Внешний вид растений элодеи после четырех недель эксперимента**

Таким образом, показана возможность поглощения ионов железа малой концентрации из водных сред биомассой растения *Elodea Canadensis*, что позволяет расширить в дальнейшем области экспериментов.

### Литература

1. Т.А. Прокопенко, С.В. Степанова, И.Г. Шайхиев, *Вестник Казанского технологического университета*, 8, 60-64 (2011).
2. Н.А. Собгайда, Л.Н. Ольшанская, А.В. Стоянов, *Экология и промышленность России*, 2, 53-56 (2011).
3. Н.А. Собгайда, Ю.А. Тарушкина, Л.Н. Ольшанская, *Химическое и нефтегазовое машиностроение*, 3, 18-21 (2008).
4. С.С. Тимофеева, С.С. Тимофеев, *Вестник Иркутской государственной сельскохозяйственной академии*, 48, 136-145 (2012).
5. М.В. Вдовина, В.П. Мишта, Е.Э. Нефедьева, И.Г. Шайхиев, *Вестник Казанского технологического университета*, 17, 3, 184-186 (2014).
6. Л.Г. Бондарева, О.П. Калякина, *Журнал Сибирского Федерального университета. Химия*, 3, 269-276 (2008).
7. Abida Begum, S. HariKrishna, *International Journal of ChemTech Research*, 2, 1, 250-254 (2010).
8. Чан Хоан Куок, И.В. Мельник, М.И. Карапун, *Вестник Астраханского Государственного Технического Университета. Серия: Рыбное Хозяйство*, 2, 63-68 (2011).

© **М. В. Вдовина** – магистрант каф. промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности Волгоградского госуд. техн. ун-та, [magiy231091@yandex.ru](mailto:magiy231091@yandex.ru); **Л. И. Матус** – канд. хим. наук, доц. той же кафедры; **Е. Э. Нефедьева** – д-р биол. наук, проф. той же кафедры; **К. И. Шайхиева** – студ. каф. инженерной экологии КНИТУ.