

**ОСОБЕННОСТИ ПИГМЕНТНОЙ  
СИСТЕМЫ *LEMNA MINOR*  
ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ИОНОВ МЕДИ**

**FEATURES OF THE PIGMENT  
SYSTEM OF *LEMNA MINOR* WHEN  
EXPOSED TO COPPER IONS**

**Аннотация.** Проведены исследования о влиянии ионов меди на содержание пигментов в листьях *Lemna minor*, которые могут быть использованы для биотестирования загрязненных вод в поверхностных водоемах. Исследования проводились в модельных экспериментах с раствором сульфата меди различной концентрации. Количество пигментов определялось с помощью спектрофотометрического метода. Содержание хлорофиллов и общее количество каротиноидов определялось по формуле Лихтенгаллера. Ионы меди оказывают токсическое действие на *Lemna minor*, что влияет на рост и содержание пигментов.

**Ключевые слова:** *Lemna minor*, биотестирование, хлорофиллы, каротиноиды, фотосинтез.

**Сведения об авторах:** Сторчак Татьяна Викторовна<sup>1</sup>, доцент кафедры экологии, кандидат биологических наук, Гришечкина Алена Александровна<sup>2</sup>, аспирант кафедры экологии.

**Место работы:** Нижевартовский государственный университет.

**Контактная информация:** <sup>1</sup> 628605, г.Нижевартовск, ул.Дзержинского, д. 11, каб. 302, тел.: 89825378763; (3466)456023; <sup>2</sup> 628605, г.Нижевартовск, ул.Дзержинского, д. 11, тел.: (3466)456023.  
E-mail: <sup>1</sup> tatyana.storchak@yandex.ru; <sup>2</sup> uni@nggu.ru

**Abstract.** The research concerned the influence of copper ions on the content of pigments in the leaves of *Lemna minor*, which shall be used for biotesting of the polluted water of the surface impoundments. The studies were carried out in the model experiments. The plant *Lemna minor* was kept in the solution of copper sulfate having different concentrations. The amount of pigments was determined using the spectrophotometric method. The content of chlorophylls and total number of carotenoids was determined by the Lichtentaler formula. The copper ion has a toxic effect on the *Lemna minor* plants, which influences the growth and the content of pigments; the photosynthesis processes are suppressed.

**Key words:** *Lemna minor*, biotesting, chlorophylls, carotenoids, photosynthesis.

**About the author:** Storchak Tatiana Victorovna<sup>1</sup>, candidate of Biological Sciences, Associate professor at the Department of Ecology, Grishechkina Alyena Aleksandrovna<sup>2</sup>, postgraduate student at the department of Ecology of employment: Nizhnevartovsk State University.

Проблема загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) весьма актуальна. В результате антропогенного воздействия наблюдается избыточное поступление металлов в экосистемы, что приводит к нарушению жизненно важных функций у большинства организмов.

Способность растений накапливать ТМ и быть устойчивыми к их избытку является отражением их индивидуальности [4]. Существуют различные технологии очистки окружающей среды от ТМ с помощью растений. Кроме того, растения могут быть использованы для индикации загрязнения почвы и воды ТМ.

Наиболее перспективным методом исследования загрязнения вод является биотестирование — процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов [5].

Одним из распространенных тест-объектов является высшее водное растение семейства Lemnaceae (Рясковые) — *Lemna minor*, которое характеризуется простотой строения, быстротой размножения и высокой чувствительностью.

Целью данного исследования является определение токсического действия различных концентраций ионов меди на содержание пигментов у *Lemna minor*.

Медь — биогенный металл, важный для метаболизма, роста и развития растений, является кофактором ряда ферментов, вовлекается в процессы фотосинтеза и дыхания. Медь необходима растениям в следовых количествах, при повышенных концентрациях отмечается токсическое действие [6].

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проведены в модельных экспериментах. Растение *Lemna minor* выдерживали в растворе сульфата меди с концентрацией  $1,6 \times 10^{-6}$  М,  $1,6 \times 10^{-5}$  М,  $1,6 \times 10^{-4}$  М,  $1,6 \times 10^{-3}$  М,  $2 \times 10^{-3}$  М,  $4 \times 10^{-3}$  М,  $8 \times 10^{-3}$  М, 0,016 М, 0,02 М, 0,04 М, 0,08 М (в пересчете на медь). Все растворы готовили на питательной среде Штейнберга. Контролем служили растения, выдержанные на питательной среде. Для исследования брали растения ряски с 2—4-мя дочерними листецами. Время интоксикации 7 суток.

В конце седьмого дня подсчитывали количество листецов, отмечали их окраску и другие видимые изменения. Рассчитывался коэффициент роста [3]:

$$r = \frac{N_t - N_o}{t}$$

Количество пигментов в растениях *Lemna minor* определяли экстрактным спектрофотометрическим методом в 100%-м ацетоне на спектрофотометре SPECORD 30 [1]. Содержание хлорофиллов и суммы каротиноидов рассчитывали по формуле Лихтеналера для 100%-го ацетона [2]:

$$\text{Хл а} = 11,75E662 - 2,35E645, \text{ мг/л,}$$

$$\text{Хл b} = 18,61E645 - 3,96E662, \text{ мг/л.}$$

$$\text{Сумма каротиноидов} = \frac{1000E_{470} - 2,27\text{Хла} - 81,4\text{Хлb}}{227}, \text{ мг/л.}$$

Все определения выполнены в трех биологических и четырех аналитических повторностях. Достоверность различий между двумя вариантами определяли с помощью непараметрического критерия Манна—Уитни.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

У растений *Lemna minor*, культивированных в растворах меди с концентрацией  $1,6 \times 10^{-6}$ — $1,6 \times 10^{-4}$  М, видимых изменений не наблюдали, при этом отмечено снижение коэффициента роста на 41—67% относительно контроля.

При концентрации  $1,6 \times 10^{-3}$  и 0,002 М наблюдалось побледнение листьев от края к центру, колонии ряски распадались на отдельные листецы. Коэффициент роста снижался при этом на 87% относительно контроля.

При более высоких концентрациях ионов меди (0,004—0,08 М) отмечается полное обесцвечивание листецов *Lemna minor* и наблюдается прекращение роста (рис. 1), что свидетельствует о токсическом действии меди (табл. 1).

Таблица 1

**Реакция *Lemna minor* на различные концентрации ионов меди**

Концентрация, М	Тестовые реакции			Коэф. роста
	Окраска листецов	Рассоединение листецов	Реакция листецов	
Контроль	Зеленая	Нет	Нет	15,6
$1,6 \times 10^{-6}$	Зеленая	Нет	Нет	9,1
$1,6 \times 10^{-5}$	Зеленая	Нет	Нет	7,0
$1,6 \times 10^{-4}$	Зеленая	Нет	Нет	5,1
$1,6 \times 10^{-3}$	Бледно-зеленая	Частичное	Листья бледнеют от края к центру	3,3
$2 \times 10^{-3}$	Бледно-зеленая	Частичное	Листья бледнеют от края к центру	2,0
$4 \times 10^{-3}$	Белая	Есть	Листья побледнели	1,0
$8 \times 10^{-3}$	Белая	Есть	Листья побледнели	0,4
0,016	Белая	Есть	Листья побледнели	0,4
0,02	Белая	Есть	Листья побледнели	0,0
0,04	Белая	Есть	Листья побледнели	0,0
0,08	Белая	Есть	Листья побледнели	0,0

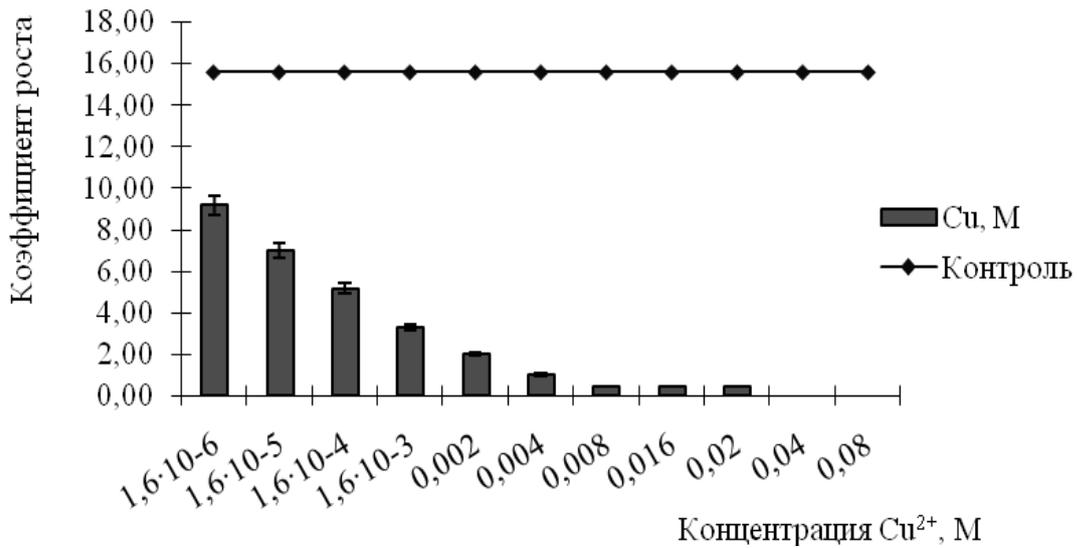


Рис. 1. Влияние меди на коэффициент роста *Lemna minor*

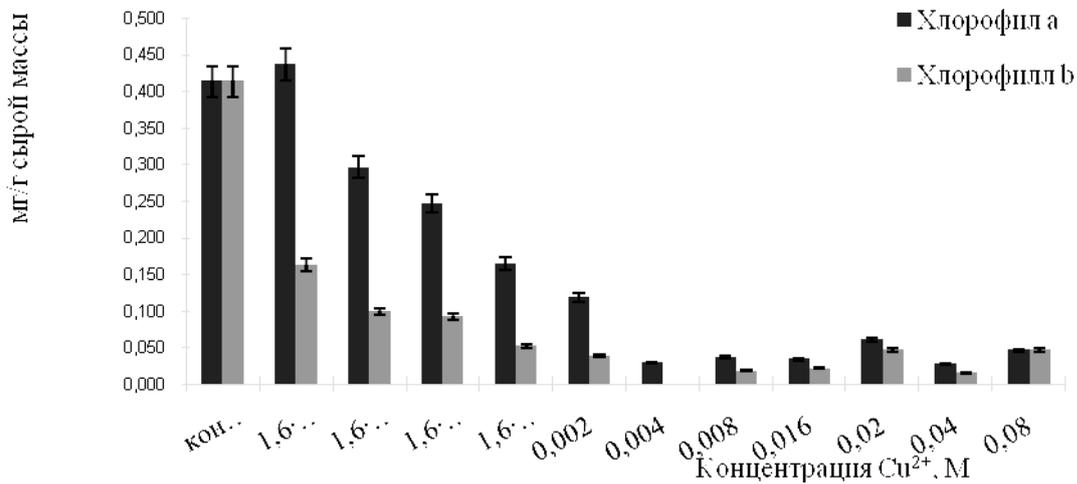


Рис. 2. Содержание хлорофилла а и b в листьях *Lemna minor*

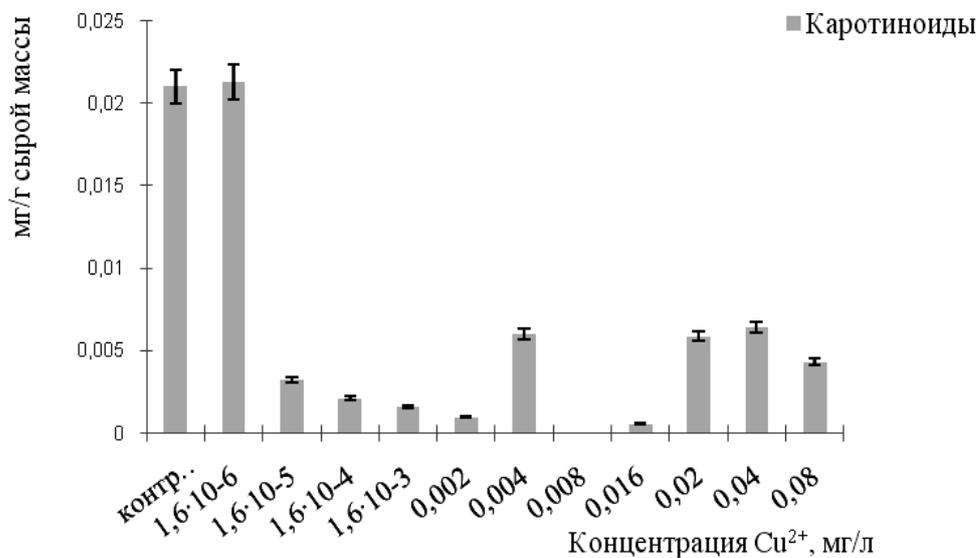


Рис. 3. Содержание суммы каротиноидов в листьях *Lemna minor*

У опытных растений *Lemna minor* выявлено однозначное влияние ионов меди на параметры пигментного аппарата.

У растений, выдержанных при концентрации ионов меди  $1,6 \times 10^{-6}$  М количество хлорофилла а возросло на 5% относительно контроля. При высоких концентрациях ионов меди в среде ( $1,6 \times 10^{-5}$ — $0,08$  М) наблюдается снижение количества хлорофилла а и b до 28—89% (рис. 2), каротиноидов — до 70% относительно контроля, что может стать причиной изменения интенсивности фотосинтеза (рис. 3).

Таким образом, ион меди оказывает токсическое действие на растения *Lemna minor*, что сказывается на процессе роста и содержании пигментов, подавляя процесс фотосинтеза.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гавриленко В.Ф., Жигалова Т.В. Большой практикум по фотосинтезу. М., 2003.
2. Маслова Т.Г., Попова И.А., Попова О.Ф. Критическая оценка спектрофотометрического метода количественного определения каротиноидов // Физиология растений. 1986. Т. 33. № 3.
3. Мелехова О.П., Егорова Е.И., Евсеева Т.И. и др. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Под ред. О.П.Мелехова и Е.И.Егоровой. М., 2007.
4. Некрасова Г.Ф., Малева М.Г., Новачек О.И. Роль белков в связывании Cu, Cd, Ni листьями гидрофитов // Вестн. Нижневарт. гос. гуманит. ун-та. 2009. № 1.
5. Цаценко Л.В., Перстенёва А.А., Гусев В.В. Оценка фитотоксичности почвы на посевах подсолнечника с помощью биотеста ряски малой (*Lemna minor* L.) // Научный журнал КубГАУ. 2010. № 59 (05).
6. Черных Н.А., Сидоренко С.Н. Экологический мониторинг токсикантов в биосфере. М., 2003.