

УДК: 631.422

**СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ТРОСТНИКЕ  
ОБЫКНОВЕННОМ (*PHRAGMITES AUSTRALIS*) ТЕХНОГЕННО  
ЗАГРЯЗНЕННОГО РАЙОНА ПОЙМЫ СЕВЕРСКОГО ДОНЦА<sup>1</sup>**

***В.А. Чаплыгин, С.С. Манджиева, Д.Г. Невидомская,  
Ю.А. Литвинов, Т.М. Минкина, Н.П. Черникова***

*Академия биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского,  
Южный федеральный университет  
(Ростов-на-Дону, Россия)  
otshelnic87.ru@mail.ru*

**Введение.** Экологическая напряженность, возникающая в промышленных центрах малых городов, усугубляется отсутствием или отказом в проведении рекультивационных работ техногенных территорий. Под угрозой оказываются месторождения пресных подземных вод при промышленном загрязнении водоносных природных территорий, где происходит химическое загрязнение сельскохозяйственных угодий и атмосферы.

Город Каменск-Шахтинский Ростовской области является примером, когда многолетняя антропогенная деятельность сказывается губительно на прилегающие наземные и водные экосистемы. Строительство химических заводов в городе в 50-х годах прошлого века привело к тому, что в долине реки Северский Донец были размещены пруды-отстойники и шламонакопители.

---

<sup>1</sup> Работа поддержана грантами РФФИ 16-35-60055 мол\_а\_дк, 18-55-05023 Арм\_а.

Для этих целей использовались естественные озера в пойме реки Северский Донец. Сброс промстоков в эти озера продолжался до середины 90-х годов, в результате природные экосистемы были уничтожены, техногенные озера шламонакопители превратились в опаснейший источник вторичного загрязнения окружающей среды.

Вследствие фильтрации иловых вод из озер-отстойников под ними образовался ореол сильно загрязненных подземных вод. В зоне загрязнения оказались месторождения подземных пресных вод, которые используются для снабжения питьевой водой жителей г. Каменска-Шахтинского. По этой причине необходимо проведение многолетнего экологического мониторинга состояния окружающей среды в пойме Северского Донца, для прогнозирования потенциальных экологических рисков и угрозы здоровью жителей Каменск-Шахтинского.

Целью данной работы являлось изучение аккумуляции Cr, Ni, Mn, Cd, Cu, Zn и Pb в наземной части и корневой системе тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) в условиях многолетнего техногенного загрязнения почвы.

**Объекты и методы.** Озеро Атаманское находится в пойме реки Северский Донец — главного притока Дона и с начала 50-х годов используется в качестве резервуара для сброса промстоков завода «Химволокно». Озеро Атаманское представляет собой подковообразное понижение с кочковатой поверхностью и является высохшей старицей. В настоящее время оз. Атаманское уже не используется в качестве резервуара для сброса промстоков, но является вторичным источником загрязнения окружающей среды.

В долине Северского Донца выделены следующие серии техногенных сукцессий: лесо-луговая, луговая (мезофильная), лугово-болотная и ксерофильная (Приваленко и др., 2000). Рассматриваемая нами мезофильная сукцессия района озера Атаманское представляет последнюю стадию, включающую «климаксовые» сообщества, выживающие в условиях очень сильного загрязнения окружающей среды. Это монодоминантные астрово-тростниковые и тростниковые группировки, состоящие из тростника обыкновенного (*Phragmites australis*), выживающего благодаря своей удивительной экологической устойчивости (Jiang and Wang, 2008; Kumari, Tripathi, 2015). Тростник обыкновенный (*Phragmites australis*), являющийся доминирующим видом на территории исследований, был выбран в качестве объекта исследований.

Площадки мониторинга закладывались исходя из целей определения уровня техногенного загрязнения сопредельной к оз. Атаманскому территории. Было заложено 4 площадки мониторинга (см. рис. 1).

В образцах растений определялись такие элементы как Pb, Cd, Zn и Cr, присутствующие в выбросах крупных промышленных предприятий региона (Minkina et al., 2017). Минерализацию проб растений проводили методом сухого озоления по ГОСТ 26657-85. Экстракция ТМ из золы осуществлялась 20%-ным раствором HCl с последующим определением методом атомно-адсорбционной спектрофотометрии (ААС) (Методические указания..., 1992).

Для оценки аккумуляции ТМ наземной частью тростника был рассчитан транслокационный фактор (TF), представленный отношением концентрации элемента в наземной части растения к его содержанию в корнях (Авессаломова, 2007; Minkina et al., 2014; Безель и др., 1998; Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).



Рис. 1. Спутниковый снимок оз. Атаманское с указанием площадок мониторинга

**Результаты.** Установлено загрязнение растений тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) Zn, Pb, Cr и Cd. Наибольшим содержанием в тростнике характеризуется Zn, концентрация которого в надземной части растений превышает МДУ в 1,6-9,9 раза на площадках № 1, № 3 и № 4 (табл. 1). Загрязнение Cr наблюдается на всех площадках мониторинга и составляет 4,8-10,3 МДУ. На площадке № 4 присутствует превышение МДУ для Cd и Pb в 4,7 и 2,2 раза соответственно.

Таблица 1

**Содержание ТМ в растениях тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) на площадках мониторинга в районе озера Атаманского промзоны г. Каменск-Шахтинский Ростовская область, мг/кг (2017 г.)**

№ площадки мониторинга	Часть растения	Zn	Pb	Cr	Cd
1	стебли	<b>81.9±7.8</b>	1.2±0.1	<b>5.2±0.5</b>	0.08±0.01
	корни	190.2±12.3	2.0±0.1	2.7±0.3	0.14±0.02
2	стебли	23.3±2.2	2.3±0.2	<b>2.4±0.2</b>	0.14±0.02
	корни	55.4±4.5	<b>6.1±0.5</b>	1.9±0.1	0.15±0.02
3	стебли	<b>272.0±25.6</b>	4.7±0.4	<b>2.9±0.3</b>	0.03±0.01
	корни	265.3±24.9	4.0±0.4	1.1±0.1	0.21±0.03
4	стебли	<b>493.9±36.4</b>	<b>11.2±1.0</b>	<b>4.0±0.3</b>	<b>1.40±0.06</b>
	корни	893.1±65.2	4.5±0.4	<b>2.5±0.2</b>	0.30±0.03
МДУ для трав [9]		50.0	5.0	0.5	0.3

Примечание: жирным шрифтом выделено превышение МДУ.

Площадка № 4 имеет максимальное содержание Zn, Pb и Cd в растениях, что связано с ее наиболее близким расположением от источника выбросов загрязняющих веществ в озеро — сточной трубы завода «Химволокно».

Аккумуляция большинства изучаемых элементов происходит в корневой системе тростника, только для Cr наблюдается преимущественное накопление в надземной части (табл. 1). Установленный характер распределения ТМ по частям растений указывает на адаптацию тростника к высокому уровню техногенного загрязнения почвы.

Расчитанный TF для Cr был >1 на всех площадках мониторинга, что подтверждает активную транслокацию данного металла из корней тростника в его надземную часть (табл. 2). Наибольшие значения данного коэффициента для всех изучаемых ТМ зафиксированы на площадках № 3 и № 4. Это указывает на прямую зависимость аккумуляции ТМ тростником от расстояния до источника сброса сточных вод в водоем.

Таблица 2

**TF тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) на площадках мониторинга в районе озера Атаманского промзоны г. Каменск-Шахтинский Ростовская область**

№ площадки мониторинга	Zn	Pb	Cr	Cd
1	0,4	0,6	1,9	0,6
2	0,4	0,4	1,3	0,9
3	1,0	1,2	2,6	0,1
4	0,6	2,5	1,6	4,7

Таким образом, установлено загрязнение растений тростника обыкновенного (*Phragmites australis*) Zn, Pb, Cr и Cd. Zn и Cr характеризуются наибольшими превышениями МДУ для кормовых трав, составляющими 9,9 и 10,3 раз соответственно. Величины TF показали максимальную транслокацию ТМ из корней в надземную часть тростника на площадках мониторинга, заложенных вблизи источника сброса сточных вод завода «Химволокно».

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Безель В.С., Жуйкова Т.Е., Позолотина ВН. Структура ценопопуляции одуванчика и специфика накопления тяжелых металлов // Экология. 1998. № 5. С. 376-382.
2. Временные максимально допустимые уровни (МДУ) некоторых химических элементов гостипола в кормах сельскохозяйственных животных. Утвержден Главным Управлением Ветеринарии министерства сельского хозяйства РВ, 1991.
3. ГОСТ 26657-85. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Методы определения содержания фосфора.
4. Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 437 с.
5. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. М.: ЦИНАО, 1992. 61 с.
6. Приваленко В.В. Экологические проблемы города Каменска-Шахтинского / В.В. Приваленко и др. Ростов н/Д, Цветная печать, 2000. 152 с.

7. Jiang X., Wang C. Zinc distribution and zinc-binding forms in *Phragmites australis* under zinc pollution. *Journal of Plant Physiology*. 2008. Vol. 165. P. 697-704. doi:10.1016/j.jplph.2007.05.011.
8. Kumari M., Tripathi B.D. Efficiency of *Phragmites australis* and *Typha latifolia* for heavy metal. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2015. V. 112. P. 80-86. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2014.10.034>.
9. Minkina T.M. Accumulation and distribution of heavy metals in plants within the technogenesis zone / T.M. Minkina et al. // *Environmental Engineering and Management Journal*. 2014. V. 13. No. 5. P. 1307-1315.
10. Minkina T.M. Heavy metals in the soil-plant system of the Don River estuarine region and the Taganrog Bay coast / T.M. Minkina et al. // *Journal of Soils and Sediments*. 2017. Vol. 17. P. 1474-1491. DOI 10.1007/s11368-016-1381-x.