

## К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ УТИЛИЗИРОВАННОГО МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ШЛАМА В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ

А. Г. Шубина<sup>1</sup>, С. Е. Синютина<sup>1</sup>, А. А. Гусев<sup>2</sup>,  
Р. А. Шубин<sup>3</sup>, С. В. Абрамова<sup>3</sup>

*Кафедра «Биохимия и фармакология» (1);  
Лаборатория медицинской экологии и нанотоксикологии  
НОЦ «Нанотехнологии и наноматериалы» (2), ФГБОУ ВПО «Тамбовский  
государственный университет им. Г. Р. Державина»;  
кафедра «Технологические процессы, аппараты  
и техносферная безопасность», kvider@cen.tstu.ru  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ» (3)*

**Ключевые слова:** антиоксидантная система; каротиноиды; каталаза; пероксидаза; полифенолоксидаза; растения льна; удобрение; хлорофилл; шлам металлургического производства.

**Аннотация:** Компоненты шлама в малых концентрациях оптимизируют метаболические процессы в клетках льна, следовательно, изученный шлак металлургического производства возможно применять в качестве удобрения при выращивании данной культуры.

---

В настоящее время антропогенная нагрузка оказывает все большее влияние на организмы различного уровня организации. В частности, попадание или внесение в почву различных веществ может оказать двойное влияние на растения: как негативное, так и положительное. Ответ растительного организма, в числе прочих, проявляется в изменении содержания фотосинтетических пигментов и активности антиоксидантной системы (каталаза (КФ 1.11.1.6), пероксидаза (КФ 1.11.1.7)) и полифенолоксидазы (КФ 1.10.3.1) [1 – 5]. Эти показатели рассматривались для решения вопроса о возможности утилизации шлама ОАО «Севверсталь», применяя его в качестве удобрения посевов льна.

Данные образцы, отобранные из золошламонакопителя № ДП ЗШН-2 в марте 2013 г., исследовались рентгенографически и методом электронной сканирующей микроскопии [6]. Шлак содержит, %: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> – 58,0; SiO<sub>2</sub> – 19,6; FeO – 13,7; CaCO<sub>3</sub> – 8,7; цинка – 9,7; алюминия – 4,54; следовые количества титана; никеля; калия; хрома. Шлак вносился в питательный грунт в концентрации, %: 0,001, 0,01, 0,1, 1 и 10. Период вегетации льна составил 14 недель.

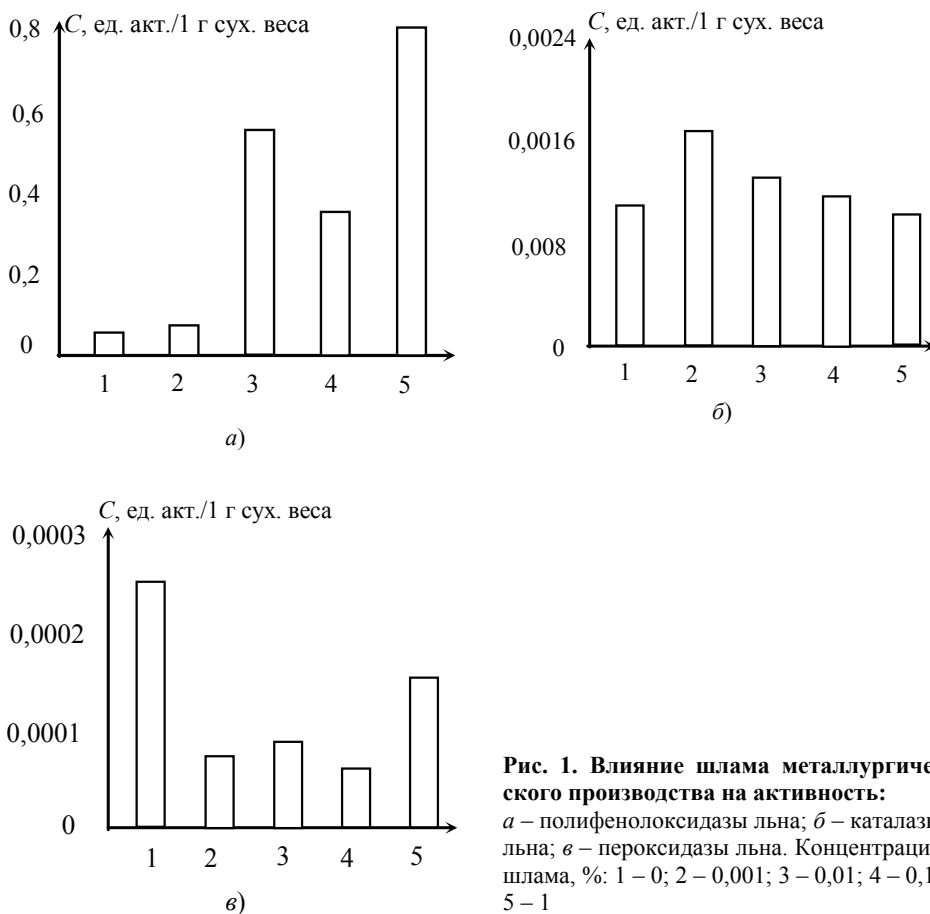
Активность исследуемых ферментов антиоксидантной системы и содержание хлорофилла и каротиноидов в растениях льна определяли согласно [7, 8].

Исследования влияния шлама металлургического производства на активность ферментов антиоксидантной защиты льна показали, что введение 0,001 %

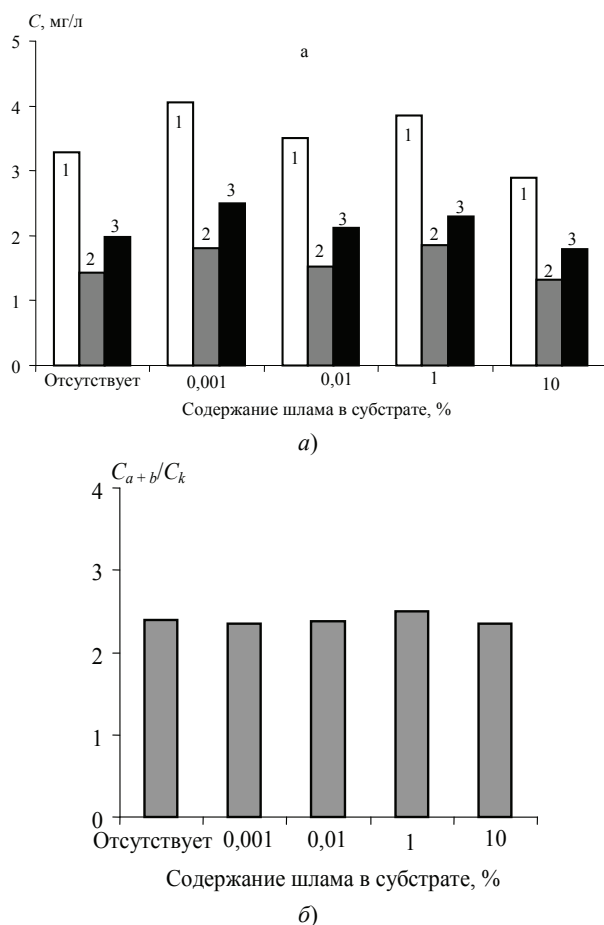
шлама в культивационную среду практически не влияет на активность фермента полифенолоксидазы. Увеличение концентрации шлама до 0,01 % приводит к значительному росту активности, причем наиболее активен фермент при концентрации шлама 10 % (рис. 1, *a*). Напротив, при минимальной концентрации шлама активность каталазы льна возрастает (рис. 1, *б*). Повышение концентрации добавки приводит к незначительному снижению активности фермента.

Активность фермента пероксидазы растений льна, в целом, невысока. Максимальная активность пероксидазы отмечена для растений контрольной группы (рис. 1, *в*). Можно предположить, что внесение 0,001 – 0,1 % шлама металлургического производства оказывает благоприятное влияние на метаболические процессы в растениях льна, связанные с активностью данного фермента. При концентрации шлама 10 % отмечен рост активности пероксидазы, хотя он и ниже, чем у растений контрольной группы.

Однозначно четкой зависимости концентрации хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов в растениях льна от процентной доли шлама в культивационной среде выявить не удалось. Однако, из рис. 2, *a* следует, что компоненты шлама менее угнетают и наиболее стимулируют работу фотосинтетического аппарата льна при содержании в питательной среде в количестве 0,001 %: отмечается превышение концентрации рассматриваемых пигментов против таковой в контрольных посевах. Это не противоречит результатам, представленным на рис. 2, *б*.



**Рис. 1. Влияние шлама металлургического производства на активность:**  
*a* – полифенолоксидазы льна; *б* – каталазы льна; *в* – пероксидазы льна. Концентрация шлама, %: 1 – 0; 2 – 0,001; 3 – 0,01; 4 – 0,1; 5 – 1



**Рис. 2. Содержание хлорофилла  $a$  (1),  $b$  (2), каротиноидов (3) (а) и отношение  $C_{a+b}/C_k$  (б) в растениях льна**

Вероятно, наблюдается ингибирование пероксидазы и, в некоторой степени, каталазы льна, и существенную долю в компенсаторный механизм вносит увеличение активности полифенолоксидазы. Тем не менее, подобный механизм эффективен в диапазоне содержания шлама в культивационной среде от 0,001 до 1 % и сохраняет функционирование фотосинтетического аппарата на уровне контрольной группы растений.

Анализ полученных экспериментальных данных позволяет предположить, что содержащиеся в шламе компоненты обладают биологической активностью. В частности, малые концентрации кальция способны активировать пероксидазу и, путем взаимодействия с кальмодулином, регулировать активность других внутриклеточных ферментов ( $Ca^{2+}$ -инозитолфосфатная мессенджерная система). Цинк, являющийся еще одним из компонентов исследуемого шлама, необходим для образования триптофана и, следовательно, играет важную роль в белковом синтезе, в том числе в синтезе ферментов. Цинк также присутствует в синтезе биологически активного вещества растений – индолилуксусной кислоты. Железо – необходимый компонент окислительно-восстановительных внутриклеточных систем, активирует ферменты синтеза хлорофилла, входит в состав ферментов антиоксидантной защиты (каталаза, пероксидаза). Никель участвует в активации процесса трансляции путем стабилизации структуры рибосом.

Таким образом, перечисленные металлы – компоненты шлама – в малых концентрациях способны оптимизировать метаболические процессы, протекаю-

шие в растительных клетках, что подтверждается проведенными биохимическими исследованиями. Следовательно, лен относится к группе толерантных к рассматриваемому шламу растений, и поэтому шлам из золошламонакопителя № ДП ЗШН-2 ОАО «Северсталь» возможно применять в качестве удобрения при выращивании данной культуры.

#### Список литературы

1. Федулов, Ю. П. Содержание и соотношение хлорофиллов в листьях озимой пшеницы в зависимости от агротехнических приемов ее выращивания / Ю. П. Федулов // Науч. журн. Кубан. Гос. аграр. ун-та. – 2009. – № 51 (7). – С. 13–14.
2. Рачковская, М. М. Изменение активности некоторых оксидаз как показатель адаптации растений к условиям промышленного загрязнения / М. М. Рачковская, Л. О. Ким // Газоустойчивость растений. – Новосибирск : Наука, 1980. – С. 117 – 126.
3. Шубина, А. Г. Содержание хлорофилла и каротиноидов в листьях одуванчика лекарственного (*Taraxacum Officinale*) и березы повислой (*Betula Pendula Roth*), растущих в г. Тамбове / А. Г. Шубина // Державинские чтения : мат. Всерос. науч. конф. преподавателей и аспирантов / Тамб. гос. ун-т им. Г. Р. Державина. – Тамбов, 2011. – Т. 16, Вып. 1. – С. 353 – 355.
4. Синюткина, С. Е. Активность полифенолоксидазы в хвое ели голубой (*Picea Pungens*) и картофеле (*Solanum Tuberosum*) как фитоиндикационный маркер состояния окружающей среды / С. Е. Синюткина, А. Г. Шубина, Е. Д. Попова // XVI Державинские чтения : мат. Общерос. науч. конф. / Тамб. гос. ун-т им. Г. Р. Державина. – Тамбов, 2012. – Т. 17, Вып. 1. – С. 347 – 348.
5. Можаров, А. В. Исследование влияния соединений тяжелых металлов на формирование проростков ячменя / А. В. Можаров, М. А. Зайченко // XVI Державинские чтения : мат. Общерос. науч. конф. / Тамб. гос. ун-т им. Г. Р. Державина. – Тамбов, 2013. – Т. 18, Вып. 1. – С. 255 – 257.
6. Синюткина, С. Е. Влияние металлургического шлама на биохимические показатели растений кукурузы / С. Е. Синюткина, А. Г. Шубина, А. А. Гусев // Актуальные вопросы развития науки : сб. ст. Междунар. науч.-практ. конф. / Башк. гос. ун-т. – Уфа, 2014. – С. 131 – 132.
7. Физиологические и биохимические методы анализа растений : практикум / Калинингр. ун-т; авт.-сост. Г. Н. Чупахина. – Калининград, 2000. – 59 с.
8. Шлык, А. А. Определение хлорофиллов и каротиноидов в экстрактах зеленых листьев / А. А. Шлык // Биохим. методы в физиологии растений. – 1971. – С. 154–170.

---

## Application of Disposed Metal Cuttings as Fertilizers

A. G. Shubina<sup>1</sup>, S. E. Sinyutina<sup>1</sup>, A. A. Gusev<sup>2</sup>, R. A. Shubin<sup>3</sup>, S. V. Abramova<sup>3</sup>

Department "Biochemistry and Pharmacology" (1); Laboratory of Medical Ecology and Nanotoxicology REC "Nanotechnology and Nanomaterials" (2),  
Derzhavin Tambov State University;

Department "Processes, Apparatus, Technosphere and Safety", TSTU,  
kvidep@cen.tstu.ru

**Keywords:** antioxidant system; carotenoids; catalase; chlorophyll; cuttings of metal production; peroxidase; polyphenol oxidase; flax plant; fertilizer.

**Abstract:** The components of metal cuttings in small concentrations optimize the metabolic processes in cells of flax; therefore the studied metal cuttings can be used as fertilizers when growing this kind of crop.

#### References

1. Fedulov Yu.P. (2009) *Nauchnyi zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 51 (7), pp. 13-14.

2. Rachkovskaya M.M., Kim L.O. (1980) *Izmenenie aktivnosti nekotorykh oksidaz kak pokazatel' adaptatsii rastenii k usloviyam promyshlennogo zagryazneniya* (Changes in the activity of some oxidases as an indicator of plant adaptation to the conditions of industrial pollution), Novosibirsk: Nauka, pp. 117-126.

3. Shubina A.G. (2011) *Derzhavinskie chteniya: materialy Vserossiiskoi nauchnoi konferentsii prepodavatelei i aspirantov* (Derzhavin readings: Materials of All-Russian scientific conference of teachers and graduate students), Tambov: izdatel'stvo Vestnik Tambovskogo universiteta im. G.R. Derzhavina, Vol 16, Ussue 1, pp. 353-355.

4. Sinyutina S.E., Shubina A.G., Popova E.D. (2012) *XVI Derzhavinskie chteniya: materialy Obshcherossiiskoi nauchnoi konferentsii* (XVI Derzhavin readings: Materials of All-Russian scientific conference), Tambov: izdatel'stvo Vestnik Tambovskogo universiteta im. G.R. Derzhavina, Vol. 17, Ussue 1, pp. 347-348.

5. Mozharov A.V., Zaichenko M.A. (2013) *XVI Derzhavinskie chteniya: materialy Obshcherossiiskoi nauchnoi konferentsii* (XVI Derzhavin readings: Materials of All-Russian scientific conference), Tambov: izdatel'stvo Vestnik Tambovskogo universiteta im. G.R. Derzhavina, Vol.18, Ussue 1, pp. 255-257.

6. Sinyutina S.E., Shubina A.G., Gusev A.A. *Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii* (Collection of articles of the International scientific and practical conference), Ufa, 2014, pp. 131-132.

7. *Fiziologicheskie i biokhimicheskie metody analiza rastenii: Praktikum / Kaliningradskii universitet* (Physiological and biochemical analysis methods of plant: Workshop), Kaliningrad, 2000, 59 p.

8. Shlyk A.A. (1971) *Biokhimicheskie metody v fiziologii rastenii* (Biochemical Methods in Plant Physiology), Moskva: Nauka, pp. 154-170.

---

### **Zur Frage der Anwendung des ausgenutzten metallurgischen Schlammes als Düngemittel**

**Zusammenfassung:** Die Komponente des Schlammes in den kleinen Konzentrationen optimieren die metabolischen Prozesse in den Leinzellen, folglich kann man den erlernten Schlamm der metallurgischen Produktion als Düngemittel bei dem Anbau dieser Kultur anwenden.

---

### **Sur le problème de l'application recyclée des boues métallurgiques comme engrais**

**Résumé:** Les composants des boues en petites concentrations optimisent les processus métaboliques dans les cellules de lin, donc les boues de la production métallurgiques étudiées peuvent être utilisées comme engrais dans l'agriculture.

---

**Авторы:** *Шубина Анна Геннадиевна* – кандидат химических наук, доцент кафедры «Биохимия и фармакология»; *Синютина Светлана Евгеньевна* – кандидат химических наук, доцент кафедры «Биохимия и фармакология»; *Гусев Александр Анатольевич* – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующий лабораторией медицинской экологии и нанотоксикологии, ФГБОУ ВПО «ТГУ им. Г. Р. Державина»; *Шубин Роман Александрович* – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность»; *Абрамова Светлана Владимировна* – магистрант кафедры «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

**Рецензент:** *Гатапова Наталья Цибиковна* – доктор технических наук, профессор, заведующая кафедрой «Технологические процессы, аппараты и техносферная безопасность», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».