

**ВЛИЯНИЕ НАНОЧАСТИЦ Cu И CuO  
НА АНТИОКСИДАНТНУЮ СИСТЕМУ *DANIORERIO***

***Е.П. Мирошникова, А.Е. Аринжанов\*, Ю.В. Килякова***

Оренбургский государственный университет, 460013, г. Оренбург, пр. Победы 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**РЕЗЮМЕ.** Представлены результаты влияния наночастиц (НЧ) Cu (чистота 99,7%,  $d=55$  нм) и CuO (чистота 99,6%,  $d=90$  нм), полученных плазмохимическим синтезом, на выживаемость и состояние антиоксидантной системы *Danio rerio*, при концентрациях 0,001, 0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Установлено, что поступление в организм *Danio rerio* наночастиц сопровождается гибелью рыб с последующим прогрессивным снижением выживаемости при увеличении сроков экспозиции (до 84 суток). Исследуемые наночастицы вызывают снижение антиоксидантной защиты (каталаза, супероксиддисмутазы) организма рыб на фоне оксидативного стресса. Содержание малонового диальдегида увеличивается к концу эксперимента в 8 раз (НЧ Cu – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>), в 42 раза (НЧ Cu – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>), в 3,5 раза (НЧ Cu – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) и в 2 раза (НЧ CuO – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, 0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>).

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** медь, наночастицы, выживаемость, токсичность, *Danio rerio*.

**THE EFFECT OF Cu AND CuO NANOPARTICLES  
ON DANIO RERIO ANTIOXIDANT SYSTEM**

***E.P. Miroshnikova, A.E. Arinzhanov\*, Y.V. Kilyakova***

Orenburg State University, 460013, Orenburg, Pr. Pobedy 13

\*e-mail: arin.azamat@mail.ru

**ABSTRACT.** The article presents the results of the nanoparticles (NP) effect of Cu (purity 99.7%,  $d = 55$  nm) and CuO (purity 99.6%,  $d = 90$  nm) obtained by plasma chemical synthesis on the *Danio rerio* survival and antioxidant system, at concentrations of 0.001 mg/dm<sup>3</sup>, 0.01 and 0.1 mg/dm<sup>3</sup>. It was established that the nanoparticles intake into the *Danio rerio* body is accompanied by the fish death with a subsequent progressive decrease in survival with an increase in exposure time (up to 84 days). The studied nanoparticles cause a decrease in antioxidant defence (catalase, superoxide dismutase) of fish body against the background of oxidative stress. The content of malonic dialdehyde increases by the end of the experiment by 8 times (NP Cu – 0.001 mg/dm<sup>3</sup>), by 42 times (NP Cu – 0.01 mg/dm<sup>3</sup>), by 3.5 times (NP Cu – 0.1 mg/dm<sup>3</sup>) and by 2 times (NP CuO – 0.001 mg/dm<sup>3</sup>, 0.01 and 0.1 mg/dm<sup>3</sup>).

**KEYWORDS:** copper, nanoparticles, survival, toxicity, *Danio rerio*.

**ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время экспериментальные работы по изучению действия наночастиц металлов на объекты водных биоценозов единичны.

Цель работы – исследование влияния наночастиц меди и оксида меди на выживаемость и состояние антиоксидантной системы *Danio rerio*.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ**

В работе использовали НЧ Cu (чистота 99,7%,  $d=55$  нм,  $S_{уд} = 12$  м<sup>2</sup>/г) и НЧ CuO (чистота 99,6 %,  $d=90$  нм,  $S_{уд} = 14$  м<sup>2</sup>/г), полученные плазмохимическим синтезом, в дозах 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, 0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>. Объектом исследования являлись рыбы *Danio rerio* ( $n=15$ ).

Условия содержания рыб: температура  $22 \pm 2$  °С, pH  $7,3 \pm 0,07$ , растворенный кислород  $5 \pm 0,2$  мг/л, 12 ч света/12 ч темноты. Условия выращивания и содержания объектов исследования соответствовало правилам OECD (1992).

Подготовку НЧ проводили путем диспергирования на ультразвуковом диспергаторе в течение 30 мин ( $f = 35$  кГц,  $N = 300$  Вт,  $A = 10$  мкА). Наночастицы вводили в форме лиозолей с кормом (личинки комаров семейства *Chironomidae*) для рыб один раз в 2 суток.

---

---

Определение активности ферментов антиоксидантной системы и продуктов перекисного окисления липидов выполняли на 7-, 14- и 84-е сутки.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В ходе эксперимента НЧ Cu оказали влияние на выживаемость рыб. Увеличение концентраций НЧ сопровождалось снижением выживаемости *Danio rerio*: в группах с НЧ Cu на 42-е сутки эксперимента при дозировках 0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>, а также в группах с НЧ CuO (0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) на 44-е сутки с последующим прогрессивным снижением численности до конца эксперимента. Анализ активности малонового диальдегида на 7-е сутки экспозиции не показал его критического увеличения в организме рыб, лишь к концу эксперимента (80-е сутки) в опытных группах зафиксировано повышение активности по сравнению с началом эксперимента в 8 раз (НЧ Cu – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>), в 42 раза (НЧ Cu – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>), в 3,5 раза (НЧ Cu – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) и в 2 раза (НЧ CuO – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, 0,01 и 0,1 мг/дм<sup>3</sup>).

Поступление НЧ в организм рыб на 7-е сутки экспозиции привело к ингибированию активности супероксиддисмутазы и повышению ее в группах с НЧ Cu на 67–107% ( $p < 0,05$ ) и НЧ CuO на 66–102% ( $p < 0,05$ ), относительно контроля, что говорит о сильном снижении антиоксидантной защиты организма на фоне гиперпродукции свободных радикалов (Ganesan et al., 2016). Снижение функции систем защиты клетки от окислительного стресса подтверждают данные активности каталазы, так на 7-е сутки было зафиксировано снижение активности каталазы на 38% (НЧ Cu – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>), на 15% (НЧ Cu – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>), 55% (НЧ Cu – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>), на 82% (НЧ CuO – 0,001 мг/дм<sup>3</sup>), 54% (НЧ CuO – 0,01 мг/дм<sup>3</sup>) и 84% (НЧ CuO – 0,1 мг/дм<sup>3</sup>) относительно контроля.

Выявлено усиление активности каталазы в организме рыб к концу эксперимента (80-е сутки) в группах с НЧ CuO в 2 раза относительно контроля, что рассматривается как адаптационно-приспособительная реакция на развитие.

## ВЫВОДЫ

Наночастицы CuO и Cu вызывают окислительный стресс в организме *Danio rerio* приводя к активизации системы антиоксидантной защиты в ответ на образование свободных радикалов.

### Список литературы / References

1. Ganesan S., Anaimalai Thirumurthi N., Raghunath A., Vijayakumar S., Perumal E. Acute and sub-lethal exposure to copper oxide nanoparticles causes oxidative stress and teratogenicity in zebrafish embryos. J. Appl. Toxicol. 2016, 36(4):554–567. doi: 10.1002/jat.3224.
-