

**МЕТАБОЛИЗМ НИКЕЛЯ В ТКАНЯХ ГИДРОБИОНТОВ
НА ФОНЕ ПРИСУТСТВИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ
НИКЕЛЬСОДЕРЖАЩИХ НАНОЧАСТИЦ**

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

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

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

РЕЗЮМЕ. Изучена особенность метаболизма никеля в тканях *Danio rerio* и *Limnea stagnalis* в присутствии в водной среде никельсодержащих наночастиц: Ni размером 70 нм при дозировке 1,0 мг/дм³ и NiO размером 94 нм при дозировке 1,3 мг/дм³. Установлена высокая биодоступность никеля в наноформе и как следствие увеличение содержания никеля на 7-е сутки экспозиции в тканях *Danio rerio* в 9,5 раза и 2 раза, в тканях *Limnea stagnalis* в 8,6 раза и в 15 раз на фоне присутствия в водной среде наночастиц NiO и Ni соответственно. При дальнейшем увеличении экспозиции в тканях *Danio rerio* зафиксировано снижение уровня никеля до контрольных значений, что обусловлено активизацией системы гомеостаза рыб и способностью организма адаптироваться к действию наночастиц и выводить их из организма, в отличие от *Limnea stagnalis*.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: никель, наночастицы, *Danio rerio*, *Limnea stagnalis*.

**NICKEL METABOLISM IN HYDROBIONTS TISSUES
AGAINST THE BACKGROUND OF NICKEL-CONTAINING NANOPARTICLES
IN AQUATIC ENVIRONMENT**

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

Orenburg State University, 460013 Orenburg, Pr. Pobedy 13

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

ABSTRACT. The peculiarity of nickel metabolism in *Danio rerio* and *Limnea stagnalis* tissues in presence of nickel-containing nanoparticles in aquatic environment: Ni with size of 70 nm at 1.0 mg/dm³ dosage and NiO with size of 94 nm at 1.3 mg/dm³ dosage was studied. High bioavailability of nickel in nanoform was identified and as a consequence there was an increase of nickel content on the 7th day of exposure in *Danio rerio* tissues by 9.5 times and 2 times, in *Limnea stagnalis* tissues by 8.6 times and 15 times against the background of NiO and Ni nanoparticles presence in aquatic environment, respectively. A decrease in nickel level to control values was recorded when exposure was further increased in *Danio rerio* tissues, due to the activation of the fish homeostasis system and the body ability to adapt to the nanoparticles action and to remove them from the body, unlike *Limnea stagnalis*.

KEYWORD: nickel, nanoparticles, *Danio rerio*, *Limnea stagnalis*.

ВВЕДЕНИЕ

Стремительный рост коммерческого использования наноматериалов, их уникальные свойства и увеличение риска попадания в окружающую среду ставят задачи их аттестации и апробации на живых организмах.

Цель работы – исследование процессов аккумуляции никеля на фоне присутствия в водной среде никельсодержащих наночастиц

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях использовали наночастицы никеля (НЧ Ni) 99,758% чистоты, размером 70 нм, $S_{уд} = 4,6-6,0$ м²/г, полученные методом электрического взрыва проводника в атмосфере воздуха, и наночастицы оксида никеля (НЧ NiO) 99,6% чистоты, размером 94 нм, $S_{уд} = 12$ м²/г, полученные методом плазмохимического синтеза («Передовые порошковые технологии», Россия). Исследуемые концентрации наночастиц: 1,0 мг/дм³ (НЧ Ni) и 1,3 мг/дм³ (НЧ NiO). В качестве тест-объектов использовали рыб *Danio rerio* ($n=15$) и брюхоногих моллюсков *Limnea stagnalis* ($n=10$). Средние значения тестируемых свойств воды во время эксперимента: температура 22 ± 2 °C, pH $7,3 \pm 0,07$,

растворенный

кислород

5±0,2 мг/л. Режим содержания обеспечивал 12 ч света/12 ч темноты. Условия выращивания и содержания объектов исследования соответствовало правилам OECD (1992). Подготовку препарата наночастиц проводили путем диспергирования в течение 30 мин на ультразвуковом диспергаторе (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 течение 7 суток. Содержание в тканях рыб и моллюсков химических элементов исследовали в лаборатории АНО «Центра биотической медицины» (Москва, аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.22ПЯ05).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ содержания химических элементов в теле рыб на 7-е сутки экспозиции показал высокую биодоступность никеля в водной среде на фоне присутствия в воде НЧ NiO, что отразилось в резком увеличении содержания никеля в теле *Danio rerio* в 9,5 раза ($p < 0,001$) и в теле *Limnea stagnalis* в 8,6 раза ($p < 0,001$) относительно контроля. На фоне НЧ Ni уровень элемента был выше в 2 раза ($p < 0,001$) в теле *Danio rerio* и в 15 раз ($p < 0,001$) в теле *Limnea stagnalis*. На 14-е сутки концентрация никеля в тканях рыб снизилась до контрольных значений (1,17 мкг/г), что связано с системой гомеостатического регулирования микроэлементов. В тканях брюхоногих моллюсков на фоне присутствия в воде НЧ NiO уровень никеля был выше контроля в 9 раз, а на фоне НЧ Ni – в 23,5 раза. Дальнейшее увеличение экспозиции наночастиц до 28 суток не привело к значительным изменениям концентрации никеля в тканях рыб, что может быть обусловлено активизацией системы гомеостаза рыб. Кроме того, существует данные, что рыбы способны адаптироваться к действию микроэлементов и затем выводить их из организма (Zhang et al., 2012). У *Limnea stagnalis* на 28-е сутки уровень никеля в теле был выше в 27,5 раза на фоне присутствия в воде НЧ NiO и в 9,5 раза на фоне НЧ Ni относительно контрольной группы. Хроническое воздействие никельсодержащих наночастиц к 84-м суткам привело к гибели рыб и моллюсков на фоне НЧ NiO, что подтверждает токсичное действие наночастиц, в частности происходит поражение дыхательной системы гидробионтов (Reid, 2011)

ВЫВОДЫ

Полученные результаты свидетельствуют о высокой биодоступности никеля в наноформе, связанное с быстрым переходом ионов металла в водную среду. Установлено, что *Danio rerio* способны адаптироваться к действию наночастиц никеля за счет активизации работы системы гомеостаза и соответственно выводить их из организма, в отличие от *Limnea stagnalis*.

Список литературы / References

1. Reid S. Molybdenum and chromium. *Fish Physiology*. 2011;31:375–415. 10.1016/S1546-5098(11)31008-4.
 2. Zhang W., Sun X., Chen L., Lin K.-F., Dong Q.-X., Huang C.-J., Fu R.-B., Zhu J. Toxicological effect of joint cadmium selenium quantum dots and copper ion exposure on zebrafish. *Environ. Toxicol. Chem.* 2012, 31(9):2117–2123.
-