

## МИКРОБИОМ КИШЕЧНИКА И ОБМЕН МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ТЕЛЕ РЫБ НА ФОНЕ ПРИСУТСТВИЯ В ВОДНОЙ СРЕДЕ НАНОЧАСТИЦ МОЛИБДЕНА

*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 экспериментальные данные о влиянии наночастиц MoO<sub>3</sub> (концентрация 0,2 мг/дм<sup>3</sup>) 99,8% чистоты и размером 92 нм, полученные плазмохимическим синтезом, на обмен макроэлементов в теле рыб и на таксономию микробиоты *Danio rerio*. Наночастицы вводили один раз в течение 2 суток в форме лиозолей с кормом для рыб. Установлено отрицательное влияние НЧ на депонирование макроэлементов в теле рыб относительно контроля. Выявлено снижение уровня концентрации макроэлементов (Ca, Mg, Na, P) в теле рыб в первые недели экспозиции (до 21 суток) относительно контроля, и повышение содержания макроэлементов до контрольных значений уже на 28-е сутки. Исследование показало влияние наночастиц на смену биоразнообразия желудочно-кишечного тракта *Danio rerio*. Видовое разнообразие микрофлоры кишечника *Danio rerio* на 7-е сутки эксперимента было представлено 393, а на 14-е сутки – 299 морфологически различными бактериальными разновидностями.

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:** наночастицы, молибден, макроэлементы, микробиом, *Danio rerio*.

### GUT MICROBIOME AND MACROELEMENTS METABOLISM IN FISH BODY AGAINST THE BACKGROUND OF MOLYBDENUM NANOPARTICLES IN AQUATIC ENVIRONMENT

*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 experimental data on the effect of MoO<sub>3</sub> nanoparticles (concentration 0.2 mg/dm<sup>3</sup>) with 99.8% purity and 92 nm size, obtained by plasma chemical synthesis, on the macroelements exchange in fish body and on the taxonomy of *Danio rerio* microbiota. NP were added with fish feed in the lyosols form once in 2 days. The negative effect of NP on the macroelements depositing in fish body was established relative to control. The decreased level of macroelements (Ca, Mg, Na, P) concentration in fish body relative to control was revealed in the first weeks of exposure (up to 21 days), and the macroelements content was increased to control values on the 28<sup>th</sup> day. This study showed the nanoparticles effect on the change of *Danio rerio* gastrointestinal biodiversity. The species diversity of *Danio rerio* intestinal microflora was presented by 393 morphologically different bacterial varieties on the 7<sup>th</sup> day of the experiment, and 299 – on the 14<sup>th</sup> day.

**KEYWORDS:** nanoparticles, molybdenum, trace elements, microbiome, *Danio rerio*.

### ВВЕДЕНИЕ

На фоне усиления техногенной нагрузки на водные объекты, подробного изучения и обобщения требуют вопросы адаптационной реакции водных экосистем, в частности их биотических компонентов, на действие химических элементов в наноформе. Цель работы – исследование влияния наночастиц молибдена на микробиом кишечника и обмен макроэлементов в теле рыб.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследованиях использовали наночастицы молибдена (НЧ MoO<sub>3</sub>) 99,8% чистоты, размером 92 нм, S<sub>уд</sub> – 12 м<sup>2</sup>/г, полученные методом плазмохимического синтеза («Передовые порошковые технологии», Россия). Исследуемая концентрация НЧ – 0,2 мг/дм<sup>3</sup>. Объектом исследования являлись рыбы *Danio rerio* (n=15). Методом аналогов было сформировано две группы: опытная и контрольная. Условия содержания рыб: температура 22 ± 2 °С, рН 7,3 ± 0,07, растворенный кислород 5 ± 0,2 мг/л, 12 ч света/12 ч темноты. 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 (*Chironomidae*) для рыб один раз в течение 2 суток.

---

Содержание в тканях рыб химических элементов исследовали в лаборатории АНО «Центр биотической медицины» (Москва, аттестат аккредитации № РОСС RU.0001.22ПЯ05). Метагеномный анализ содержимого кишечника рыб проводили в Центре коллективного пользования «Персистенции микроорганизмов» Института клеточного и внутриклеточного симбиоза Уральского отделения РАН.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование микробиома кишечника рыб с экспозицией НЧ 7 и 14 суток позволило выявить определенные изменения как численности ранее определенных видов, так и изменение таксономического состава. На 14-е сутки экспозиции самое многочисленное семейство представлено *Moraxellaceae* (26,72% от общего числа), семейство же *Rhodobacteraceae* по сравнению с 7-ми сутками экспозиции становится более малочисленным и составляет 13,2%.

В филуме *Firmicutes* классе *Bacilli* выделены два семейства, которые до этого не были идентифицированы ни в контрольной группе, ни на 7-е сутки, *Staphylococcaceae* и *Bacillaceae*, содержание которых составляло 12,55 и 7,5% соответственно. При этом представители семейства *Staphylococcaceae* являются достаточно частыми обитателями желудочно-кишечного тракта *Danio rerio*, в то время как наличие представителей семейства *Bacillaceae* больше говорит о нарушении в структуре микробиоценозов, связанных с действием НЧ (Cantas, et al., 2012). Видовое разнообразие микрофлоры кишечника *Danio rerio* на 7-е сутки эксперимента было представлено 393, а на 14-е – 299 морфологически различными бактериальными разновидностями. Анализ содержания макроэлементов на 7-е сутки экспозиции показал снижение уровня Са на 63%, Mg на 36%, Na на 5,6%, P на 44% по сравнению с контролем. На 14-е и 21-е сутки экспозиции динамика сохранилась, и разница относительно контроля составила: 72% (Са), 37% (Mg), 2,5% (Na), 51% (P) и 7,6% (Са), 9% (К), 13% (Mg), 4,2% (Na), 5% (P) соответственно, что объяснимо свойством костного матрикса прочно удерживать молибден и вытеснять макроэлементы, особенно Са и P, вследствие физиологического антагонизма. На 28-е сутки экспозиции зафиксировано повышение уровня макроэлементов в теле *Danio rerio* до контрольных значений, вследствие работы системы гомеостаза рыб.

### ВЫВОДЫ

Наночастицы, попадающие в организмы, могут разрушать устоявшиеся микробные сообщества и, соответственно, влиять на здоровье организма, приводя к ослаблению роста, высокой подверженности рыб заболеваниям и повышенной смертности.

### Список литературы / References

1. Cantas L., Sorby J.R.T., Aleström P., Sorum H. Culturable gut microbiota diversity in zebrafish. *Zebrafish*. 2012, 9(1):26–37.
-