

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

**ЮФУ801.01.01,**

созданного на базе Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского  
федерального государственного автономного образовательного  
учреждения высшего образования «Южный федеральный университет»,  
по диссертации на соискание ученой  
степени кандидата наук

*аттестационное дело № \_\_\_\_\_*

*решение диссертационного совета*

*от 22 ноября 2023 года №34*

О присуждении Кукле Сергею Петровичу, гражданство РФ, ученой степени кандидата биологических наук.

**Диссертация** «Влияние наночастиц оксидов микроэлементов (CuO, ZnO, TiO<sub>2</sub>, SiO<sub>2</sub>) на морских беспозвоночных (на примере *Mytilus trossulus* и *Scaphechinus mirabilis*)» по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки) принята к защите 16 сентября 2023 г. (протокол заседания № 20) диссертационным советом ЮФУ801.01.01, созданным на базе Академии биологии и биотехнологии им. Д.И. Ивановского федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южный федеральный университет», в соответствии с приказом № 166-ОД от 30.06.2022 г. (изменения в составе совета № 51-ОД от 10.03.2023 г.).

**Соискатель** Кукла Сергей Петрович, 1992 года рождения, в 2013 г. с отличием окончил бакалавриат очной формы обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» по направлению «Экология и природопользование». В 2015 г. окончил магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Дальневосточный федеральный университет» по направлению подготовки 05.04.06 Экология и природопользование. В 2018 г. окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева»

Дальневосточного отделения Российской академии наук по направлению подготовки 05.06.01 Науки о земле, специальность 03.02.08 – Экология. В 2012–2013 гг. работал по краткосрочным трудовым договорам в лаборатории 5/1 «Морская экотоксикология» федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук в должности техника; в 2015 г. – в должности инженера, с 2015 по 2018 гг. – в должности старшего инженера, с 2019 по 2020 гг. – в должности младшего научного сотрудника. С 2020 г. по настоящее время работает научным сотрудником в лаборатории перспективных методов морских исследований федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук.

С 01.10.2022 года по настоящее время прикреплен к аспирантуре федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук по научной специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

**Диссертация** выполнена в лаборатории 5/1 «Морская экотоксикология» федерального государственного бюджетного учреждения науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук.

**Научный руководитель** – доктор биологических наук, с.н.с. **Челомин Виктор Павлович**, федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Тихоокеанский океанологический институт им. В.И. Ильичева» Дальневосточного отделения Российской академии наук, лаборатория 5/1 «Морская экотоксикология», заведующий.

**Официальные оппоненты:**

1. **Чуйко Григорий Михайлович**, доктор биологических наук, федеральное государственное бюджетное научное учреждение науки «Институт

биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина Российской академии наук», заведующий лабораторией;

**2. Бугаев Леонид Анатольевич**, кандидат биологических наук, доцент по специальности «Экология», федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии», лаборатория молекулярной генетики и физиологии рыб, заведующий.

дали **положительные отзывы** на диссертацию.

Соискатель имеет 42 опубликованные работы, в том числе по теме диссертации опубликовано 17 работ, из них в научных изданиях, входящих в базы данных международных индексов научного цитирования Scopus и/или Web of Science, опубликовано 8 работ. Общий объем опубликованных работ 8,875 печатных листов, из которых вклад автора 4,438 печатных листа. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научной степени работах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

**1. Kukla, S. P.** The genotoxicity of copper oxide nanoparticles to marine organisms based on the example of the Pacific mussel *Mytilus trossulus* gould, 1850 (Bivalvia: Mytilidae) / S. P. Kukla, V. V. Slobodskova, V. P. Chelomin // Russian Journal of Marine Biology. – 2017. – Vol. 43, No. 2. – P. 171-175. – DOI 10.1134/S1063074017020067

**2.** Genotoxic potential of copper oxide nanoparticles in the bivalve mollusk *Mytilus trossulus* / V. P. Chelomin, V. V. Slobodskova, **S. Kukla**, M. Zakhartsev // Journal of Ocean University of China. – 2017. – Vol. 16, No. 2. – P. 339-345. – DOI 10.1007/s11802-017-3133-y

**3. Кукла, С. П.** Генотоксичное воздействие наночастиц диоксида титана на двустворчатого моллюска *Mytilus trossulus* (Gould, 1850) в морской среде / С. П. Кукла, В. В. Слободскова, В. П. Челомин // Морской биологический журнал. – 2018. – Т. 3, № 4. – С. 43-50. – DOI 10.21072/mbj.2018.03.4.05

**4.** Waterborne Exposure of Adult Sand Dollar, *Scaphechinus Mirabilis* (Agassiz, 1864), to Zinc Ions and Zinc Oxide Nanoparticles Affects Early Development of its Offspring / A. A. Mazur, V. V. Slobodskova, **S. P. Kukla** [et al.] // Water, Air, & Soil

Pollution. – 2020. – Vol. 231, No. 3. – Art. No 115. – DOI 10.1007/s11270-020-04484-3

5. Genotoxic Testing of Titanium Dioxide Nanoparticles in Far Eastern Mussels, *Mytilus Trossulus* / **Kukla, S.**, Slobodskova, V., Mazur, A., Chelomin, V., Kamenev, Y. // Pollution. – 2021. – Vol. 7, No 1. – P. 129-140. – DOI: 10.22059/poll.2020.308128.871

6. Exposure of adult sand dollars (*Scaphechinus mirabilis*) (Agassiz, 1864) to copper oxide nanoparticles induces gamete DNA damage / **S. P. Kukla**, V. V. Slobodskova, A. A. Mazur [et al.] // Environmental Science and Pollution Research. – 2022. – Vol. 29, No. 26. – P. 39451-39460. – DOI 10.1007/s11356-021-18318-0

7. Zinc Oxide Nanoparticles Induce DNA Damage in Sand Dollar *Scaphechinus mirabilis* Sperm / **S. P. Kukla**, V. P. Chelomin, A. A. Mazur, V. V. Slobodskova // Toxics. – 2022. – Vol. 10, No. 7. – Art. No 348. – DOI 10.3390/toxics10070348

8. SiO<sub>2</sub> Nanoparticles Suspension Exposures with Marine Invertebrates: Genotoxicity Response / **Kukla, S. P.**, Chelomin, V. P.; Mazur, A. A.; Slobodskova, V. V., Mazur M. A. // Water. – 2023. – Vol. 15, No 1. – Art. No 162. – DOI 10.3390/w15010162.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов. Все отзывы положительные. В отзывах подчеркнута актуальность, оригинальность, научная новизна исследования, его теоретическая и практическая значимость.

**Отзывы поступили от:** д.б.н. по специальности 03.00.16 – Экология, профессора ведущего научного сотрудника лаборатории геохимии ФГБУН «Тихоокеанский институт географии» Дальневосточного отделения Российской академии наук **Христофоровой Надежды Константиновны**; к.б.н., с.н.с. Лаборатории экологии прибрежных донных сообществ ФГБУН «Институт Океанологии им. П.П. Ширшова Российской академии наук» **Колючкиной Галины Антоновны**; к.б.н. по специальности 03.02.10 – гидробиология (биологические науки), доцента, ст.н.с. лаборатории физиологии ФГБУН «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ННЦМБ ДВО РАН) **Кавуна Виктора Яковлевича**; к.б.н. по специальности 03.02.10 – гидробиология (биологические науки), в.н.с. отдела физиологии животных и биохимии ФГБУН

федеральный исследовательский центр «Институт биологии южных морей имени А.О.Ковалевского РАН» **Машуковой Ольги Владимировны;** к.б.н. по специальности 03.00.16 – экология, 03.00.04 – биохимия, научного сотрудника ФГБУН «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ННЦМБ ДВО РАН) **Подгурской Ольги Владимировны;** к.б.н. по специальности 03.00.17 – цитология, доцента кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет» **Жадько Елены Александровны.**

В отзыве к.б.н. по специальности 03.00.16 – экология, 03.00.04 – биохимия, научного сотрудника ФГБУН «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ННЦМБ ДВО РАН) **Подгурской О.В.** были обозначены следующие вопросы и замечания: «1. Почему в исследовании были выбраны именно эти оксиды микроэлементов? 2. Отсутствует контроль качества определений, представляющий собой измерение концентраций металлов в используемых кислотах, дубликатах проб и сертифицированных моллюсков. 3. Какая форма поллютантов оказывает большее воздействие на гидробионтов? 4. Какие наночастицы оказывают наиболее существенное воздействие на морские организмы? 5. Работа содержит ряд стилистических ошибок».

В отзыве к.б.н. по специальности 03.02.10 – гидробиология (биологические науки), доцента, ст.н.с. лаборатории физиологии ФГБУН «Национальный научный центр морской биологии им. А.В. Жирмунского» Дальневосточного отделения Российской академии наук (ННЦМБ ДВО РАН) **Кавуна В.Я.** содержатся следующие замечания: «1.В главе 3.2.4. Определение микроэлементов при описании метода определения исследованных металлов, автору следовало бы привести название стандартных образцов, которые он использовал при проведении анализа. 2. В тексте автореферата имеется немало стилистических неточностей и англицизмов».

В отзыве к.б.н. по специальности 03.00.17 – цитология, доцента кафедры «Водные биоресурсы и аквакультура» ФГБОУ ВО «Дальневосточный

государственный технический рыбохозяйственный университет» Жадько Е.А. имеется вопрос: «Чем обусловлен выбор стадий развития эмбрионов и личинок плоского морского ежа, на которых изучалась доля аномального развития при воздействии исследованных наночастиц?»

Выбор официальных оппонентов обосновывается их компетентностью в соответствующей отрасли науки, что подтверждается многочисленными публикациями авторов по рассматриваемой в диссертационной работе проблеме.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

**установлено**, что воздействие наночастиц оксидов микроэлементов вызывает деструктивные изменения в клетках отдельных представителей видов донных беспозвоночных животных Японского моря.

**обосновано** наличие связи между воздействием наночастиц на морских беспозвоночных и развитием у них окислительного стресса; аккумуляции соответствующих микроэлементов, а также повреждением молекулы ДНК.

**доказана** разница в последствиях воздействия растворённых форм микроэлементов и наночастиц оксидов соответствующих микроэлементов.

**предложен** экспериментальный *in vivo* подход к проблеме изучения экотоксикологических последствий попадания стабильных наночастиц в морские экосистемы.

**Новизна и теоретическая значимость исследования обоснована тем, что** впервые на основе биомаркеров представлена сравнительная оценка сублетальных эффектов наноразмерных частиц на организмы Японского моря.

Получены новые данные о воздействии 4 видов наночастиц на морских беспозвоночных.

Показано, что хроническое воздействие наночастиц оксидов металлов (CuO, ZnO, TiO<sub>2</sub>) и неметаллов (SiO<sub>2</sub>) приводит к ряду негативных последствий у живых организмов, проявляющихся на биохимическом уровне.

Установлено, что аккумуляция наночастиц двустворчатыми моллюсками является тканеспецифичной. Наиболее сильно аккумуляция происходит в пищеварительной железе моллюска.

## **Применительно к проблематике диссертации результативно:**

**использован** комплекс широко применяемых в современных экотоксикологических исследованиях методов: метод биотестирования с использованием половых продуктов морских ежей, анализ повреждения ДНК одиночной клетки (метод ДНК-комет), атомно абсорбционная спектроскопия для анализа содержания микроэлементов в мягких тканях, определение содержания малонового диальдегида (МДА), статистический анализ;

**изложены** результаты определения степени повреждения ДНК, содержания исследуемых микроэлементов в мягких тканях, содержания МДА, наличия отклонений в оплодотворении и раннем развитии личинок плоского морского ежа.

**раскрыты** особенности аккумуляции НЧ в разных тканях двустворчатых моллюсков;

**изучено** повреждение ДНК в соматических и половых клетках отдельных представителей беспозвоночных животных Японского моря.

**проведено** сравнение последствий воздействия одинаковых концентраций микроэлементов в ионной и нано форме.

**Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:**

**определены** биодоступность и генотоксический эффект НЧ CuO, ZnO, TiO<sub>2</sub> и SiO<sub>2</sub>, а также их способность индуцировать окислительный стресс.

**представлены** данные, свидетельствующие, что воздействие наночастиц оксидов микроэлементов вызывает деструктивные изменения в клетках отдельных представителей видов донных беспозвоночных животных Японского моря. Данные по токсичности и биодоступности исследованных НЧ могут использоваться экологическими, санитарными и научными организациями Российской Федерации. Материалы работы могут использоваться при чтении лекций бакалавриата, магистратуры и аспирантуры биологических направлений по таким дисциплинам как «Общая экология», «Биоиндикация и биотестирование», «Экотоксикология».

**Оценка достоверности результатов исследования выявила** воспроизводимость результатов исследования оценки биодоступности НЧ оксидов микроэлементов, их генотоксичности и способности вызывать окислительный

стресс; теория построена на известных, проверяемых данных, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации; идея базируется на анализе практики, обобщении передового опыта; использовано сравнение авторских данных и данных, полученных ранее по рассматриваемой тематике; установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике; использованы современные методики сбора и обработки исходной информации.

**Личный вклад соискателя** состоит в его участии во всех этапах создания диссертации, выполнении экспериментов и лабораторно-аналитических исследований, проведении анализа и обобщения результатов работы, сбора и систематизации литературных данных, подготовке основных публикаций по выполненной работе. Тема, цель, задачи, объекты, методы и программа исследования определены автором совместно с научным руководителем. Анализ и обобщение полученных результатов, формулировка выводов и основных защищаемых положений, подготовка основных публикаций по выполненной работе, выполнены лично автором при направляющем и корректирующем участии научного руководителя.

На заседании 22 ноября 2023 года диссертационный совет отметил, что рассматриваемая диссертация соответствует критериям раздела 2 «Положения о присуждении ученых степеней в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южный федеральный университет» и принял решение присудить Кукле С.П. ученую степень кандидата биологических наук.

При проведении тайного онлайн-голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки), участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 13, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета

Казеев К. Ш.

Ученый секретарь диссертационного совета

Тимошенко А. Н.

22.11.2023

