

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Мазура Андрея Александровича «Экотоксикологическая оценка влияния полиэтилена и полистирола на отдельных представителей морских беспозвоночных», представленную на соискание ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. – Экология (биологические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования. Загрязнение Мирового океана пластиковыми отходами является одной из глобальных экологических проблем современности. Под воздействием факторов окружающей среды крупные полимерные изделия со временем разрушаются, образуя микроразмерные частицы пластика. Мелкие пластиковые частицы, проникая в организм гидробионтов, вызывают засорение желудочно-кишечного тракта, механическое повреждение тканей и существенные нарушения физиологических процессов, в некоторых случаях становятся причиной их гибели. Также большую опасность представляет способность микропластика адсорбировать на своей поверхности разнообразные высокотоксичные химические вещества. Однако биологическая активность микроразмерных частиц пластика до сих пор остается малоизученной. Поэтому диссертационная работа Мазура А.А., посвященная исследованию влияния фрагментов полиэтилена и микросфер полистирола на отдельных представителей морских беспозвоночных с использованием биомаркеров, несомненно, своевременна и весьма актуальна.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается грамотно продуманной структурой исследования. В процессе выполнения данной работы автор использовал современные методы исследования, достаточный объем анализируемых данных. Экспериментальная часть работы выполнена в полном соответствии с протоколами и методиками. Основные положения диссертации обсуждались на международных и всероссийских конференциях. Представление полученных в ходе исследования результатов в рецензируемых научных изданиях

подтверждает их достоверность. По теме диссертации опубликовано 8 работ, в том числе 5 статей в рецензируемых журналах, индексируемых в базах Web of Science, Scopus и рекомендуемых ВАК России для опубликования научных результатов.

Научная новизна и практическая значимость работы. Впервые проведена оценка токсического влияния фрагментов полиэтилена и микросфер полистирола на тихоокеанскую мидию *Mytilus trossulus* с использованием методов определения параметров окислительного стресса. В жабрах и пищеварительной железе моллюсков обнаружены изменения стабильности мембран лизосом и интегральной антиоксидантной активности, определен уровень малонового диальдегида, глутатиона и карбониллов белков, а также исследована степень повреждения ДНК клеток анализируемых тканей. Получены новые данные об уровне повреждения генома сперматозоидов плоского морского ежа *Scaphechinus mirabilis*, подвергшихся воздействию микроразмерных частиц полистирола в различных концентрациях. Изучено и проанализировано влияние микропластика на процесс оплодотворения и раннее развитие плоского морского ежа *S. mirabilis*.

Результаты проведенного исследования вносят вклад в понимание механизмов ответных реакций гидробионтов на воздействие микропластиковых частиц как на клеточном, так и на организменном уровне. Полученные данные могут быть использованы при реализации образовательных программ биологического направления.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций. Достоверность результатов, полученных Мазуром А.А., не вызывает сомнений. Экспериментальный материал достаточен по объему, примененные методы подобраны адекватно цели и задачам исследования, что позволило диссертанту получить научно обоснованные и достоверные результаты. Статистическая обработка данных выполнена с использованием современных методов и в достаточной степени отражает выявленные эффекты. Научные положения и

выводы полностью основаны на результатах собственных исследований и в полной мере отвечают поставленным задачам.

Объем и структура диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, 5 глав, выводов, списка сокращений и обозначений, списка литературы. Работа изложена на 145 страницах, содержит 20 рисунков и 7 таблиц. Список литературы включает 257 источников, в том числе 243 зарубежных.

Во введении (стр. 4-12) автор описывает актуальность, степень разработанности темы диссертационного исследования, формулирует цель и задачи исследования, а также положения, выносимые на защиту, раскрывает научную новизну, теоретическую и практическую значимость работы, анонсирует структуру и методические особенности выполнения работы.

Первая глава диссертации «Обзор литературы» (стр. 13-54) состоит из логично структурированных разделов, в которых подробно изложен обзор отечественной и зарубежной литературы по теме исследования. Освещены вопросы, связанные с производством пластика, его накоплением в Мировом океане и деградацией, влиянием на гидробионтов.

Во второй главе «Объекты, материалы и методы исследования» (стр. 55-66) дана подробная характеристика объектам исследований - плоскому морскому ежу *Scaphechinus mirabilis* и тихоокеанской мидии *Mytilus trossulus*; описаны методы, использованные в ходе работы над диссертацией. Автором был применен широкий спектр современных методов, последовательно изложенных в данной главе. Использованные в работе методы позволили решить все поставленные задачи и являются адекватными цели работы.

В третьей главе «Влияние фрагментов полиэтилена на тихоокеанскую мидию» (с. 67-75) приведены результаты лабораторных исследований влияния «чистых» и «грязных» фрагментов полиэтилена на интегральный показатель антиоксидантной активности, содержание низкомолекулярного антиоксиданта глутатиона и уровень повреждения ДНК в жабрах и пищеварительной железе тихоокеанской мидии *M. trossulus*. В тканях моллюсков обеих

экспериментальных групп выявлены биохимические изменения, свидетельствующие о развитии окислительного стресса.

В четвертой главе «Токсичность микросфер полистирола при воздействии на морских беспозвоночных» (с. 76-95) представлены результаты оценки токсичности микросфер полистирола при воздействии на плоского морского ежа *S. Mirabilis* и тихоокеанскую мидию *M. trossulus*.

В подглаве 4.1. «Спермиотоксичность и эмбриотоксичность микросфер полистирола на примере плоского морского ежа *S. Mirabilis*» (с. 77-80) приведены результаты оценки воздействия микросфер полистирола на подвижность сперматозоидов морского ежа *S. Mirabilis*, процессы оплодотворения и эмбрионы. Показано, что микросферы полистирола не оказывают значительного воздействия на подвижность сперматозоидов, процессы оплодотворения и формирования зигот.

В подглаве 4.2. «Генотоксичность микросфер полистирола на примере половых продуктов плоского морского ежа *S. Mirabilis*» (с. 80-87) дана оценка генотоксического эффекта полистирольных микросфер на половые продукты плоского морского ежа *S. Mirabilis*. Показано, что кратковременное воздействие исследуемых концентраций микропластика не вызывает повреждений ДНК яйцеклетки. В то же время установлено, что микросферы полистирола при воздействии на сперматозоиды проявляют дозо-зависимые генотоксические свойства, что выражается в значительном увеличении повреждений ДНК сперматозоидов. Однако, независимо от уровня повреждения ДНК, спермии сохраняют способность оплодотворять яйцеклетки с эффективностью до 97%.

В подглаве 4.3. «Генотоксические свойства микросфер полистирола на примере моллюска *Mytilus trossulus*» (с. 88-95) приведены результаты оценки генотоксических свойств микросфер полистирола на примере моллюска *M. trossulus* с использованием метода ДНК-комет. Установлено, что микросферы полистирола, взаимодействуя с пищеварительными тканями двустворчатого

моллюска *M. trossulus*, несмотря на химическую инертность, проявляют биологическую активность, выраженную в генотоксических свойствах.

В главе 5. «Воздействие микросфер полистирола и наночастиц оксида меди на тихоокеанскую мидию» (с. 96-112) приведены результаты экспериментальных исследований влияния микросфер полистирола и наночастиц оксида меди на стабильность мембран лизосом, уровень интегральной антиоксидантной активности, содержание продуктов перекисного окисления липидов и карбониллов белков, степень повреждения ДНК в жабрах и пищеварительной железе тихоокеанской мидии *M. Trossulus*. Показано, что как микроразмерные частицы полистирола, так и наночастицы оксида меди способны оказывать токсическое влияние на тканевый и клеточный уровень. При этом наблюдается увеличение токсического воздействия при сочетанном влиянии этих материалов.

В заключении работы приводятся выводы, список сокращений и обозначений, список использованной литературы. В выводах представлены полученные автором основные результаты диссертационного исследования. Выводы сформулированы корректно и отражают содержание диссертационного исследования.

Автореферат диссертации достаточно полно отражает содержание диссертации.

К работе имеются некоторые замечания:

В разделе 2.1. «Объекты исследования» указывается, что «морские ежи, в частности их гаметы и эмбрионы, используются в современной экотоксикологии для тестирования токсичности различных видов загрязнения», «моллюски-фильтраторы, в частности двустворчатые моллюски, широко используются как биоиндикаторы загрязнения». Однако ссылки на работы, подтверждающие этот факт, отсутствуют.

В главе 3 указывается, что «у экспериментальной группы мидий *M. trossulus* в присутствии «чистого» пластика в клетках жабр и пищеварительной железы интегральный показатель антиоксидантной активности снизился в 1,5 и

1,3 раза, соответственно, а в присутствии «грязных» фрагментов ПЭ падение этого индекса было более выраженным – в 1,7 и 2,5 раза, соответственно.» Однако на рисунке 7А указана достоверность отличия от контроля только для пищеварительной железы (с. 68-69). Различия в жабрах либо не достоверны по сравнению с контрольной группой, либо диссертант забыл обозначить их на рисунке «*».

В главе 3 (с. 69) автор указывает, что «у мидий обеих экспериментальных групп в различной степени снизился уровень низкомолекулярного антиоксиданта глутатиона.» Однако обозначения «*» на рисунке отсутствуют. В то же время, исходя из значений среднее $\pm$ станд. откл., на рисунке 7Б достоверность отличий в эксперименте и контроле вероятно отсутствует. Поэтому некорректно говорить о снижении уровня глутатиона в экспериментальных группах по сравнению с контролем при отсутствии достоверных отличий.

В подглаве 5.4 (с. 104) отмечено повышение концентрации карбонилов белков в жабрах и пищеварительной железе в присутствии наночастиц оксида меди и смеси полистирольных микросфер и наночастиц оксида меди в среде. Однако отсутствуют объяснения возможных причинах этих изменений.

По тексту диссертации встречаются опечатки.

Вопросы, требующие пояснения:

Чем обусловлен выбор концентраций микросфер полистерола и наночастиц оксида меди, размера микросфер полистерола (0.9 мкм) для проведения экспериментов?

Соответствует ли размер микросфер полистерола (0.9 мкм) размерам пищевых объектов моллюсков?

Проводились ли гистологические исследования или вскрытие с визуальным осмотром на предмет наличия частиц микропластика в тканях моллюсков после эксперимента?

Чем может быть обусловлено достоверное уменьшение концентрации кадмия (Cd), свинца (Pb) и марганца (Mn) в жабрах и пищеварительной железе у экспериментальных моллюсков по сравнению с контролем (табл. 5 на с. 71)?

Почему при воздействии наноразмерных частиц оксида меди было установлено значительное повышение уровня МДА (более чем в 2 раза) по сравнению с контролем и другими экспериментальными группами, тогда как при воздействии смеси полистирольных микросфер и наноразмерных частиц оксида меди уровень МДА не изменялся по отношению к контролю (с. 103)?

Общее заключение. Диссертация Мазура А.А. является законченным научно-исследовательским трудом, выполненным автором самостоятельно на высоком научном уровне. Полученные результаты, сделанные выводы и сформулированные положения научно обоснованы, достоверны, подтверждены значительным фактическим материалом и его статистической обработкой, имеют существенную научную значимость и практическую ценность. Работа написана грамотным научным языком, хорошо иллюстрирована и соответствует уровню требований, предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автореферат диссертации достаточно полно отражает содержание диссертации.

Диссертация Мазура Андрея Александровича на тему: «Экотоксикологическая оценка влияния полиэтилена и полистирола на отдельных представителей морских беспозвоночных» соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней в ЮФУ» (№270-ОД от 29.09.2023 г.), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. А ее автор, Мазур Андрей Александрович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата биологических наук по специальности 1.5.15. Экология (биологические науки).

Официальный оппонент:

Скуратовская Екатерина Николаевна, кандидат биологических наук по специальности 03.01.04 – биохимия, заместитель директора по научной работе,

ведущий научный сотрудник отдела ихтиологии Федерального государственного
бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра
«Институт биологии южных морей имени А. О. Ковалевского РАН»

30 октября 2023 года



299011, г. Севастополь, пр-кт Нахимова, д. 2,

телефон: +7(978)811-40-46; e-mail: skuratovskaya@ibss-ras.ru

Подпись Скуратовская Е.Н.
удостоверяю

Ул секретарь

Ф.И.О. Ковалевский



С. Ковалевский