

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию **Глушко Арины Евгеньевны** «Оценка загрязнения Азовского моря микропластиком», представленную на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 1.6.21. Геоэкология (географические науки)

Актуальность темы исследования

Работа Глушко Арины Евгеньевны посвящена одной из значимых антропогенных угроз современности – загрязнению морской среды микропластиком (МП). Побережье Азовского моря и бассейны, впадающих в него рек, активно осваиваются. Ограниченный водообмен этого небольшого и мелководного моря, высокая антропогенная нагрузка, судоходство, а также сток рек (Дон, Кубань и др.), поставляющих в море промышленные, городские, сельскохозяйственные стоки и МП, делают Азовское море одним из самых загрязнённых морей в мире. Это снижает рыбохозяйственное и рекреационное значение важного для страны водного объекта. Несмотря на очевидную актуальность проблемы, неоднократно затрагиваемой в докладах Минприроды и отчётах Гринпис Российской Федерации, систематических и комплексных исследований загрязнения Азовского моря микропластиком до настоящего времени не проводилось. Таким образом, представленную диссертационную работу можно считать первым комплексным исследованием содержания МП в воде Азовского моря, пляжевых и донных отложениях, гидробионтах, атмосферных выпадениях, почвах и воде устьев впадающих в море рек.

Степень обоснованности и достоверность научных положений и выводов, сформулированных в диссертации

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, подтверждается значительным и репрезентативным объёмом натурных данных, полученных в ходе полевых и лабораторных исследований в 2019–2023 гг. Всего было отобрано и проанализировано 255 проб, включая пробы воды, донных и пляжевых отложений, гидробионтов, атмосферных выпадений, почв прибрежной зоны и воды устьевых областей рек Азовского моря.

Достоверность полученных результатов обеспечивалась применением комплекса современных инструментальных методов: количественный и качественный анализ частиц проводился с использованием стереомикроскопа, оценка степени деградации МП выполнялась на растровом электронном микроскопе, а идентификация полимерного состава осуществлялась на ИК-Фурье спектрометрах.

Сформулированные в работе выводы о пространственном распределении микропластика, его концентрации в различных средах Азовского моря, морфологических особенностях, химическом составе, основаны на статистическом анализе. Полученные результаты сопоставлялись с данными исследований, проведенных в других морских акваториях мира, что демонстрирует согласованность результатов и подтверждает их надёжность и научную состоятельность.

Достоверность и обоснованность научных положений диссертации нашли отражение в 10-ти научных публикациях автора, 3 из которых размещены в ведущих рецензируемых изданиях, соответствующих перечню ВАК по специальности 1.6.21. Геоэкология, а также были представлены на российских и международных научных конференциях и семинарах.

Глушко А.Е. внесла заметный **личный вклад** в подготовку диссертационной работы: она принимала участие в экспедиционных исследованиях, отборе и анализе проб, выполняла статистические расчёты и картографирование полученных количественных характеристик, дала оценку загрязнённости водной, воздушной, геологической и биологической сред Азовского моря. Без соавторства написано две публикации.

Научная новизна и практическая значимость работы

Научная новизна работы заключается в получении новых данных, впервые характеризующих масштабы и особенности загрязнения МП Азовского моря. В рамках проведенного исследования впервые осуществлен комплексный анализ, охватывающий ключевые компоненты природной среды: воду (моря, устьев), донные и пляжевые отложения, гидробионты и атмосферные выпадения. В результате:

- детально исследованы основные источники загрязнения МП Азовского моря (береговые, атмосферные) и показана степень их влияния на загрязнённость абиотической и биотической составляющих морской экосистемы;

- впервые для Азовского моря определена концентрация МП и выявлены особенности пространственного распределения содержания МП в водной, воздушной и геологической средах региона;

- определены и систематизированы морфологические и морфометрические характеристики частиц МП, выполнена оценка типов их деградации во всех изученных средах и установлено преобладание вторичного микропластика (волокон и плёнок);

- методом ИК-Фурье спектроскопии впервые идентифицирован химический состав частиц МП в средах Азовского моря, показавший преобладание полиэтилена, полипропилена и полистирола;

— на основе комплексного анализа впервые выполнено районирование акватории Азовского моря по степени загрязнённости МК с выделением трёх категорий районов: высокого, среднего и низкого уровня загрязнения.

Практическая значимость работы состоит в том, что полученные результаты могут быть основой для организации комплексного мониторинга за загрязнённостью Азовского моря и его побережья микропластиком.

Полученные в диссертации материалы применимы в работе:

- федеральных и региональных органов власти для разработки природоохранных программ и нормативных документов;
- профильных научно-исследовательских институтов при планировании экологических исследований;
- образовательных учреждений в качестве учебных курсов.

Материалы диссертации уже внедрены в преподавание дисциплин экологического и географического профиля в Южном федеральном университете.

Выделенные зоны экологического риска позволяют целенаправленно осуществлять природоохранные мероприятия в наиболее уязвимых частях акватории, а также повысить эффективность контроля за соблюдением природоохранного законодательства хозяйствующими субъектами.

Объём и структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка использованной литературы. Общий объём работы составляет 158 страниц. Работа содержит 64 рисунка и 9 таблиц. Список литературы включает 225 наименований.

Анализ содержания диссертационной работы

Во Введении обосновывается актуальность темы, формулируется цель и задачи исследования, показаны личный вклад, научная новизна и практическая значимость работы, представлены положения, выносимые на защиту.

Первая глава носит теоретико-аналитический характер. В ней рассмотрена история проблемы, дано определение микропластика, проанализирован современный уровень знаний о загрязнении им Мирового океана. Автор делает вывод о недостаточности качественных и количественных наблюдений за загрязнённостью МП Азовского моря и наметившемся отставании отечественных исследований содержания МП от аналогичных исследований за рубежом (табл. 1.1, стр. 22).

Вторая глава включает физико-географическую характеристику объекта исследований (географическое положение, геологическое строение, гидрологический

режим и гидробиологические особенности), что создает необходимый контекст для интерпретации эмпирических данных.

Третья глава посвящена анализу методик. В ней подробно описан ход исследований, основанный на модифицированном методе NOAA.

В разделе 3.1 представлены унифицированные методы отбора проб воды, донных и пляжевых отложений, атмосферных выпадений и почв, обеспечивающие репрезентативность данных.

Раздел 3.2 описывает лабораторные методы анализа: просеивание проб для фракционирования материала; плотностное разделение в насыщенном растворе NaCl; окисление органического материала перекисью водорода; фильтрация полученных образцов; визуальная идентификация и подсчёт частиц.

В разделе 3.3 приведены методы идентификации МП: стереомикроскопия (Микромед MC-1 вар. 2C Digital) для определения морфометрических характеристик (размер, форма, цвет); растровая электронная микроскопия (VEGA II LMU) для анализа степени деградации частиц; ИК-Фурье спектроскопия (JASCO FT/IR-6800, ФСМ 2202) для идентификации полимерного состава.

Особого внимания заслуживает комплексный подход к валидации результатов, включающий: использование контрольных проб на всех этапах исследования; применение стандартных протоколов измерений; статистическую обработку полученных данных; сравнительный анализ с результатами других исследований.

Четвертая глава представлена систематизированными результатами оригинальных исследований автора по оценке загрязнённости микропластиком всех сред Азовского моря. Структура главы построена по принципу комплексного анализа компонентов морской среды, где каждому объекту исследования посвящен отдельный раздел.

Раздел 4.1. В пляжевых отложениях отмечается значительная пространственная дифференциация концентрации МП, коррелирующая со степенью антропогенной нагрузки. Наибольшая аккумуляция частиц фиксировалась в тыловых частях пляжей и зонах штормового заплеска, что свидетельствует о комплексном влиянии морских факторов и береговых источников поступления. В донных отложениях выявлена закономерность уменьшения концентраций МП от прибрежных акваторий к центральным районам моря (рис. 4.9). В поверхностном слое воды Азовского моря наибольшая концентрация МП была приурочена к устьевым взморьям рек Дон и Кубань, городским акваториям и Керченскому проливу (рис. 4.14).

Раздел 4.2. Комплексный анализ источников загрязнения микропластиком позволил установить ведущую роль стока рек Дон и Кубань в его поступлении в

Азовское море. Именно в морских устьях этих рек концентрация МП обычно максимальная, так как это конечные звенья речных систем, в которые поступают загрязняющие вещества, включая МП, со всего водосбора. Наибольшее количество МП в аэрозолях было обнаружено автором в районе Ростова-на-Дону и Таганрога (табл. 4.3). Исследование почв абразионных берегов показало их значение как вторичного источника микропластика.

Раздел 4.3. Исследования МП выявили разнообразные формы деградации частиц, включая механическое растрескивание, расслаивание и т. д. Описана вероятная зависимость морфологии частиц от времени их пребывания в морской среде.

Раздел 4.4. Результаты спектроскопического анализа позволили идентифицировать основные типы синтетических полимеров и установить, что среди них преобладают полимеры, относящиеся ко II-му и III-му классам опасности: полистирол, полиэтилен (высокой и низкой плотности), полипропилен, акрил, полиамид и полиэтилентерефталат.

Раздел 4.5. Зонирование акватории Азовского моря по степени загрязнённости воды микропластиком выполнено методом К-средних (QGIS). Автор выделил три категории районов: зона высокого загрязнения (19 % площади); зона среднего загрязнения (36 % площади); зона низкого загрязнения (45 % площади). Наибольшая загрязнённость МП отмечается в прибрежной зоне моря и на устьевом взморье р. Дон.

В заключении диссертации последовательно изложены основные выводы, полностью отражающие полученные новые результаты, соответствующие поставленным задачам и защищаемым положениям работы.

Автореферат целиком соответствует диссертационной работе, представляющей собой целостное, завершённое исследование, он достаточно иллюстрирован и выполнен с соблюдением норм, предъявляемым к рефератам диссертаций.

Замечания и комментарии

1. Автор не поместил выводы к главам диссертации, что затрудняет анализ значимости полученных результатов по каждому разделу работы.
2. На стр. 23 написано: «Средняя концентрация МП в пробах донных осадков (Чёрного моря) составила 106,7 шт/кг-1 (Savitska et al., 2022)», однако в табл. 1.1 (стр. 22) вместо этих данных стоит « – ». Неясно, что означают прочерки, а также « ± » в этой таблице, поэтому было бы уместно дать примечание.
3. В нормативных документах РФ нет ПДК микропластика в природных средах, поэтому критерии, которые использовал автор для районирования Азовского моря по содержанию МП, надо было бы указать.

4. Вторая глава (19 стр.) состоит из цитируемого материала предыдущих исследований, в основном из справочников ГОИН и СО ГОИН 1962 и 1986 гг. При этом игнорируются более современные издания «Гидрометеорологические условия морей Украины. Том 1. Азовское море», 2009 г. и «Современный гидрохимический режим и загрязнение Азовского моря», 2012 г.
5. Из работы неясно, одновременно или нет отбирались пробы в разных средах Азовского моря в период эпизодических наблюдений или выполнялись многолетние наблюдения в «реперных» точках в определённые сезоны года.
6. При описании рек Азовского моря и их устьев на стр. 104–106 не приводятся ссылки на литературу, поэтому непонятно, из какого источника заимствованы сведения о стоке рек в 2020 г. (табл. 4.4, стр. 106) и по каким гидропостам.
7. Не указано, что выполнялись наблюдения в Сиваше, однако этот район Азовского моря отнесён к сильно загрязнённым (рис. 4.40, стр. 124).
8. В тексте имеются словосочетания, не соответствующие нормативам и принятой терминологии. Например, согласно ГОСТ Р 59059—2020, правильно писать не «загрязнители» (стр. 4), а «загрязняющие вещества». Используются не употребляемые понятия: «Керченское предпроливье» (стр. 8); «срединно-океанические гряды» (стр. 11); «атмосферные ветра» (стр. 13); «Гидро климатические особенности» (стр. 31); «речные стоки» (стр. 102, 103), «в речных стоках Азовского моря и Керченского пролива...» (рис. 4.47).
9. Некоторые фразы неудачные. Например: «Пляжи, расположенные в крупном промышленном и портовом городе Таганрог, демонстрировали концентрацию частиц...» (стр. 76); «поселок Ильич (рис. 4.3), находящийся в зоне влияния черноморского течения из Керченского пролива, показал значительные показатели загрязнения...» (стр. 76); «График распределения частиц микропластика по крупности соответствует естественному распределению» (стр. 82) и др.

Общее заключение

Отмеченные замечания касаются преимущественно редактирования работы, носят рекомендательный характер и не оказывают влияния на оценку научной ценности работы, представляющей значительный вклад в изучение процессов загрязнения Азовского моря микропластиком. Научная ценность исследования подтверждается первым комплексным изучением МП во всех средах Азовского моря. Полученные результаты обладают теоретической и практической значимостью. Основные выводы диссертации отражены в статьях, опубликованных автором, а также в тезисах докладов на конференциях.

Диссертационная работа «Оценка загрязнения Азовского моря микропластиком» выполнена на достаточно высоком научном уровне и оформлена в соответствии с критериями и требованиями ВАК РФ, установленными Положением о порядке присуждения учёных степеней. Работа соответствует паспорту специальности 1.6.21. Геоэкология по нескольким пунктам: п. 4, п. 5.

Представленная диссертационная работа отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении учёных степеней», утвержденного Постановлением правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842 (с ред. и изменениями), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор – Глушко Арина Евгеньевна, достойна присуждения учёной степени кандидата географических наук по специальности: 1.6.21. Геоэкология (географические науки).

Официальный оппонент: доктор географических наук по научной специальности 25.00.28. Океанология (географические науки), старший научный сотрудник, Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федеральный исследовательский центр «Морской гидрофизический институт РАН», 299011, Севастополь, ул. Капитанская, 2, e-mail: rminkovskaya@mhi-ras.ru тел.: +7-978-859-59-73

24 ноября 2025 г.



/Миньковская Роза Яковлевна/

Я, Миньковская Роза Яковлевна, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и их дальнейшую обработку

24 ноября 2025 г.



/Миньковская Роза Яковлевна/

Подпись Миньковской Р.Я. заверяю

Учёный секретарь ФГБУН ФИЦ МГИ РАН

кандидат физ.-мат. наук



/Алексеев Дмитрий Владимирович/