

Комплексная оценка загрязненности морским мусором и экологического состояния пляжей на примере Черного моря

Морозова Екатерина Сергеевна, учащаяся 11-го класса

МБОУ г. Мурманска Мурманский политехнический лицей

Ложкин Альберт Романович, учащийся 11-го класса

МАОУ «Лингвистический лицей № 25» г. Ижевска

Попова Арина Андреевна, учащаяся 11-го класса

Лицей-интернат для одаренных детей с углубленным изучением химии — филиал ФГБОУ ВО «КНИТУ» в п. Дубровка Республики Татарстан

Смирнова Ярослава Владимировна, учащаяся 9-го класса

МБОУ «Лицей № 8 имени академика Е. К. Фёдорова» г. Нижний Новгород

Гриневиц Анастасия Сергеевна, учащаяся 11-го класса

ГАУ Калининградской области общеобразовательная организация «Школа-интернат лицей-интернат»

Черемшнина Евгения Александровна, учащаяся 11-го класса

МБОУ Петрозаводского г. о. «Средняя общеобразовательная школа №10 с углублённым изучением предметов гуманитарного профиля имени А. С. Пушкина»

Научный руководитель: Спирина Виктория Андреевна, лаборант-исследователь;

Научный руководитель: Погожева Мария Петровна, ведущий научный сотрудник, кандидат географических наук, зав. лабораторией

Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова (г. Москва)

Научный руководитель: Овчинникова Екатерина Александровна, младший научный сотрудник

Геологический институт Российской академии наук (г. Москва)

Введение

Черное море является уникальным природным объектом. Его структура неповторима в связи с его географическим положением и геоморфологическими особенностями. Акватория Черного моря относится к бассейну Атлантического океана. Черное море соединено с Азовским и Мраморным морями через Керченский и Босфорский проливы. Также Черное море соединено со Средиземным и Эгейским морями, с которыми у него есть водный обмен [1].

Загрязнение морской среды мусором является одной из наиболее серьезных экологических проблем современности [2]. Морской мусор, состоящий из различных видов пластика, резины, стекла, металла и других материалов, наносит значительный ущерб морским экосистемам, оказывая негативное воздействие на морскую флору и фауну, а также на здоровье человека. Черное море особенно уязвимо к накоплению морского мусора из-за полузамкнутого бассейна [3]. К тому же в Черном море низкое биоразнообразие из-за повышенного содержания сероводорода, который превышает критическую концентрацию для большинства живых организмов уже на глубине 150–200 метров [4].

Комплексная оценка загрязненности Черного моря морским мусором является важной задачей, требующей применения различных методов исследования. Это включает в себя мониторинг количества, распределения и состава морского мусора на пляжах, в прибрежной зоне и в толще воды, а также анализ источников и путей поступления отходов в морскую среду. Полученные

данные позволят разработать эффективные меры по предотвращению и сокращению загрязнения Черного моря.

При комплексной геоэкологической оценке загрязненности морским мусором побережий Черного моря особое внимание следует уделять таким аспектам, как: идентификация и классификация различных типов морского мусора (пластик, стекло, резина, металл и др.); составление перечня микропластиковых частиц с разными характеристиками; определение пространственного распределения и плотности мусора в прибрежных районах Черного моря; выявление основных источников поступления и путей миграции отходов в морской экосистеме; оценка влияния морского мусора на живые организмы; сравнение полученных данных с другими странами Черного моря.

Материалы и методы

Район работ

За время нашей работы над данным проектом с 1 по 24 июля 2024 года был произведен мониторинг 6 пляжей: пляж Сириус; Приморский пляж; пляж Известия; пляж Хоста; пляж Мацеста; пляж Бархатные сезоны (табл.1).

Все пляжи находятся на Черноморском побережье. Курортная зона, часть северо-восточного побережья Чёрного моря Краснодарского края (рис. 1).

Макромусор, микропластик

В процессе каждой мониторинговой сессии нами был собран макромусор, произведенный человеком и принесенный Черным морем, а также производился сбор микропластика с помощью сит.

Таблица 1. Характеристики пляжей

Пляж	Дата	Тип отложений	Погода	Количество мусора
Сириус	03.07.2024	Валунно-галечный пляж	Солнечная, малая волна	30
Приморский	07.07.2024	Песчано-галечный	После шторма, большие волны	116
Известия	09.07.2024	Галечный	Облачно, перед дождем	26
Хоста	11.07.2024	Песчано-галечный	Переменная облачность, море спокойное	203
Мацеста	14.07.2024	Валунно-галечный	Солнечная, небольшие волны, безветрие	163
Бархатные сезоны	16.07.2024	Валунно-галечный	Солнечно, небольшие волны, ветра нет, близость реки	73

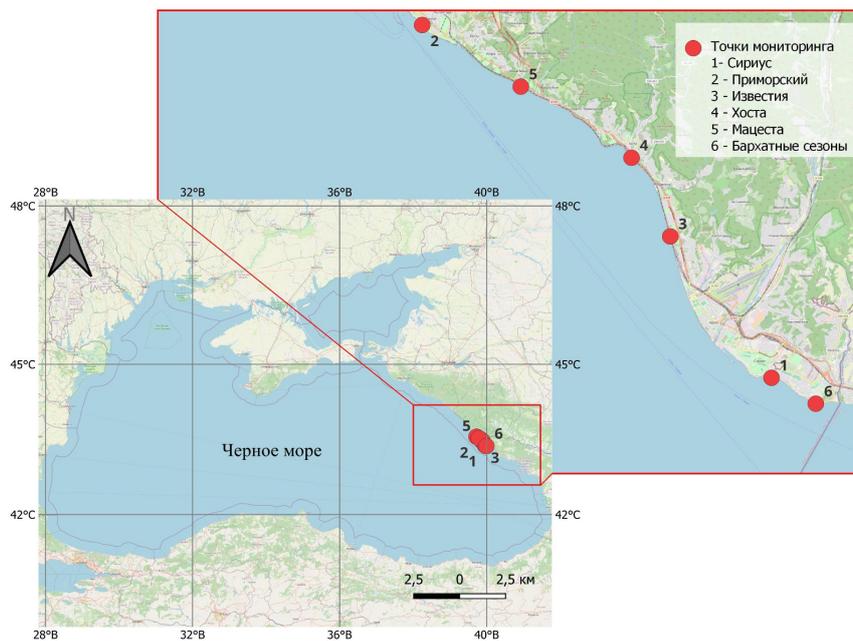


Рис. 1. Карта точек проведения исследований

За основу критериев выбора площадок и методики проведения исследований по загрязненности морским мусором была взята методика [5]. Данная методика заключается в отборе мусора учитывая следующие критерии: наличие мусора, но отсутствие несанкционированных свалок, открытый доступ к морю, отсутствие регулярных уборок. Сбор мусора производится на территории 5*100 метров. В данном исследовании критерии выбора пляжей были скорректированы под поставленные цели и задачи данного проекта и мониторинг мусорного загрязнения проводился на пляжах со следующими характеристиками:

- Длина вдоль линии воды от 50 до 100 метров;
- Исследуемые пляжи являются городскими (пригородными);
- Возможность нахождения волнорезов, пирсов, в связи с видом исследуемых пляжей;
- На пляжах имеется мусор, но нет несанкционированной свалки;
- На пляжах может производиться ежедневная уборка, но данный факт учитывается при записи полученных результатов.

Также на каждом исследуемом пляже производился расчет плотности мусора на 100 м (рис. 4). Расчет производился исходя из строения исследуемых пляжей и полученных данных. Использовалась формула:

$$P = (N \text{ мусора} / L) * 100 \text{ метров, где}$$

P — Плотность на 100 метров пляжа, N — кол-во мусора на исследуемом участке пляжа, L — длина исследуемого участка пляжа

Кроме того, производился расчет плотности на m^2 (рис. 5) на исследуемых пляжах. Данный расчет производился для сравнения и сопоставления полученных данных этой работы с другими.

Использовалась формула:

$$P = (N \text{ мусора} / (L * D)) \text{ метров, где}$$

P — Плотность на m^2 пляжа, N — количество мусора на исследуемом участке пляжа, L — длина исследуемого участка пляжа, D — ширина исследуемого участка пляжа

Помимо макромусора был исследован микромусор, а именно микропластик.

Для проведения исследований использовались сита с диаметром ячеек 0,5 мм и 1 мм. Проба отбиралась на

отдельной песчаной территории пляжей площадью 50*50 см с верхнего 5 см слоя.

Рекреационная нагрузка

Рекреационная нагрузка изучаемых пляжей проводилась на основе методики [6]. Она была рассчитана по следующим критериям: единовременная нагрузка, дневная посещаемость, тип отдыхающих, пластиковое оборудование пляжей, характер прилегающей территории, стоки воды, морской транспорт, городская и транспортная инфраструктура. Значения каждого фактора устанавливали в промежутке от 0 до 1, где 0 — фактор отсутствует; 0,1–0,3 — слабый или присутствует нерегулярно; 0,4–0,6 — среднее регулярное влияние; 0,7–0,9 — высокое регулярное влияние фактора; 1 — максимально возможное негативное воздействие фактора.

В ходе данной работы была предложена шкала для интерпретации полученных данных: 0–2 рекреационная нагрузка почти отсутствует, 2–4 умеренная, 4–6 повышенная, 6–8 высокая. Для пользования шкалой необходимо сложить все полученные значения.

Также был рассчитан Индекс чистого берега (ИЧБ) по формуле, предложенной в статье [6], где ИЧБ = $n \cdot \text{мусора} / S \text{ пляжа} \cdot 20$. По данным ИЧБ, пляж классифицируется как очень чистый (0–2), чистый (2–5), умеренный (5–10), грязный (10–20) и очень грязный (20) [6].

Виды-биоиндикаторы

В рамках исследования было проведено изучение видов биоиндикаторов на пляжах Черного моря. В России нет руководящего документа по биоиндикаторам Черного моря, поэтому были использованы зарубежные

аналоги [7]. Сбор видов индикаторов проводился вручную в волно-прибойной зоне. В zip-пакеты отбирались образцы после чего проводилась классификация обнаруженных биоиндикаторов и оценка их биоиндикационной способности.

Биоиндикация с помощью зоопланктона

В ходе работы проводилось гидробиологическое исследование. На каждом изучаемом пляже закладывалось 4 точки отбора проб воды: 2 вблизи от берега, 2 на расстоянии 7–12 метров от него. Пробы воды отбирались в чистые 0,5 л пластмассовые бутылки и в дальнейшем анализировались ручным методом с помощью микроскопа на наличие зоопланктона в лаборатории.

Для проведения экологической оценки с помощью зоопланктона также нет утвержденных методик, поэтому в работе опирались на методику, предложенную в статье [8], в основе которой лежит сравнение количественных характеристик крупных таксонов зоопланктона.

Результаты

Макромусор, микропластик

В ходе работы был произведен мониторинг 6 различных городских (пригородных) пляжей Черного моря и сравнительная характеристика их загрязненности по количеству найденного макромусора. Во время полевых выездов было найдено 611 частей макромусора: 29,3 % из них составили бумага, картон; 25,9 % — пластик; 11,9 % — стекло; 9,7 % — металл; 1 % — резина; 3,1 % — одежда и текстиль; 2,0 % — обработанная древесина; 12,4 % — керамика; 4,3 % — гигиенические и медицинские отходы (рис. 2).

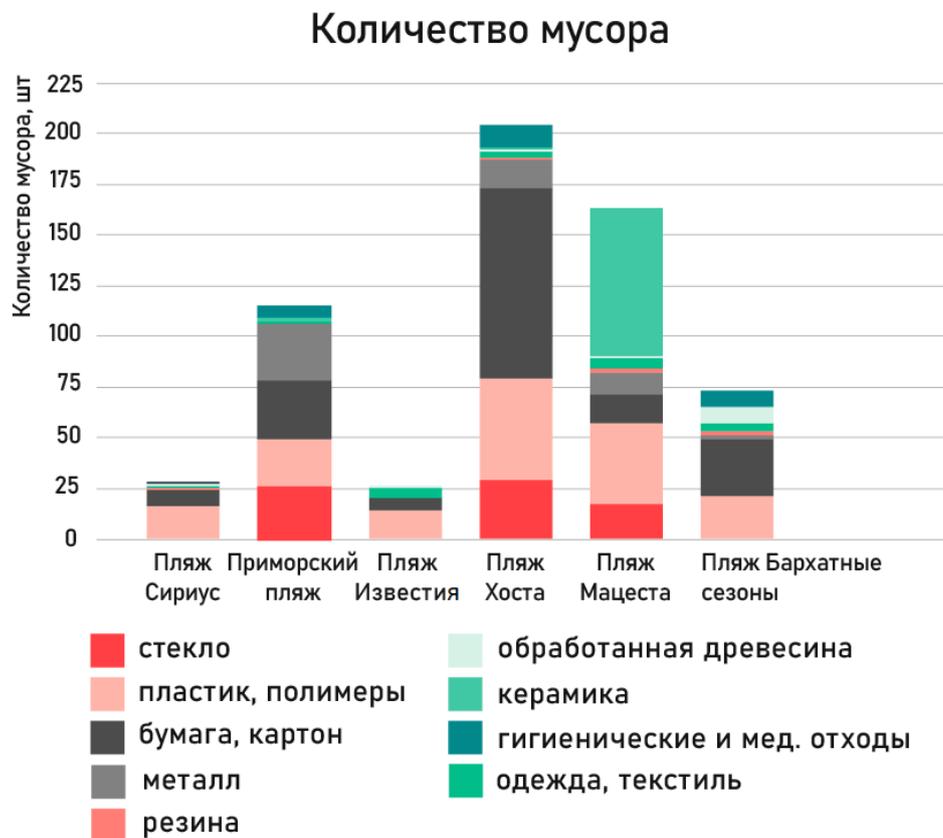


Рис. 2. Количество мусора на пляжах

Морфологический состав обнаруженного мусора (рис. 3):

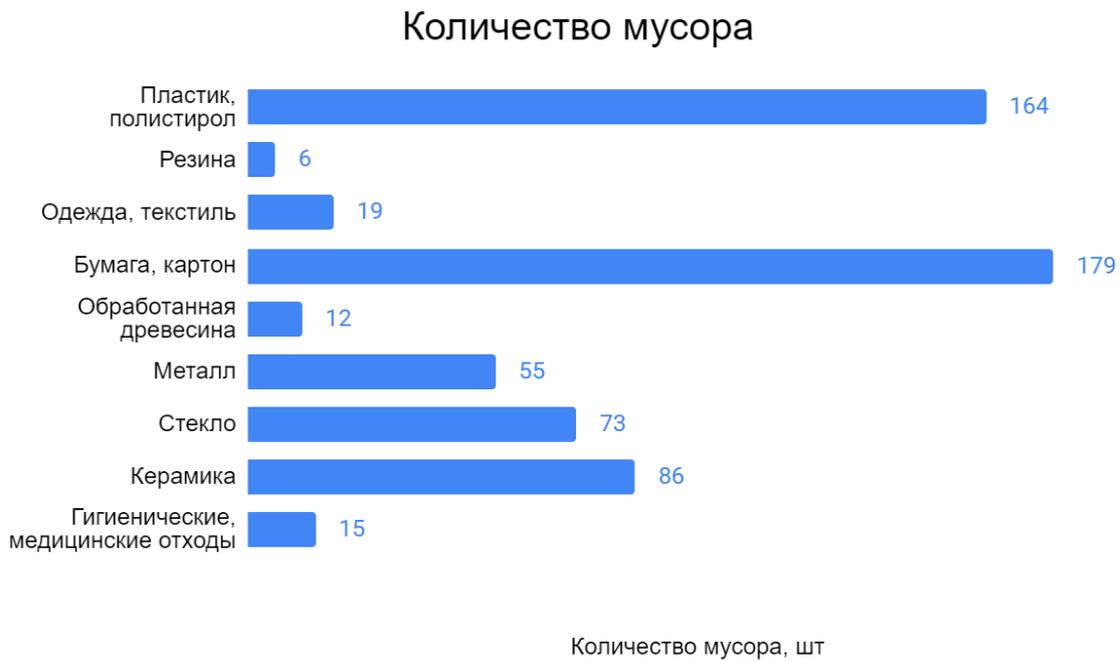


Рис. 3. Количество и соотношение мусора разных категорий на обследованных пляжах

Чаще всего на пляжах встречались окурки. Этот вид макромусора может содержать такие вещества как: ацетат целлюлозы, бериллий и другие, которые обладают канцерогенным эффектом. Для полного разложения данных веществ понадобится около 20 лет и при увеличении концентрации их влияние на окружающую среду Черного моря может усиливаться [9].

При расчете плотности мусора на 100 м самым загрязненным пляжем по макромусору оказался пляж Хоста, на котором плотность мусора составила 244 шт/100 м. Самыми чистыми пляжами оказались пляж Известия и Сириус, плотность составила 40 шт/100 м и 41 шт/100 м соответственно (рис. 4).

По количеству микромусора самый загрязненный пляж — Приморский.

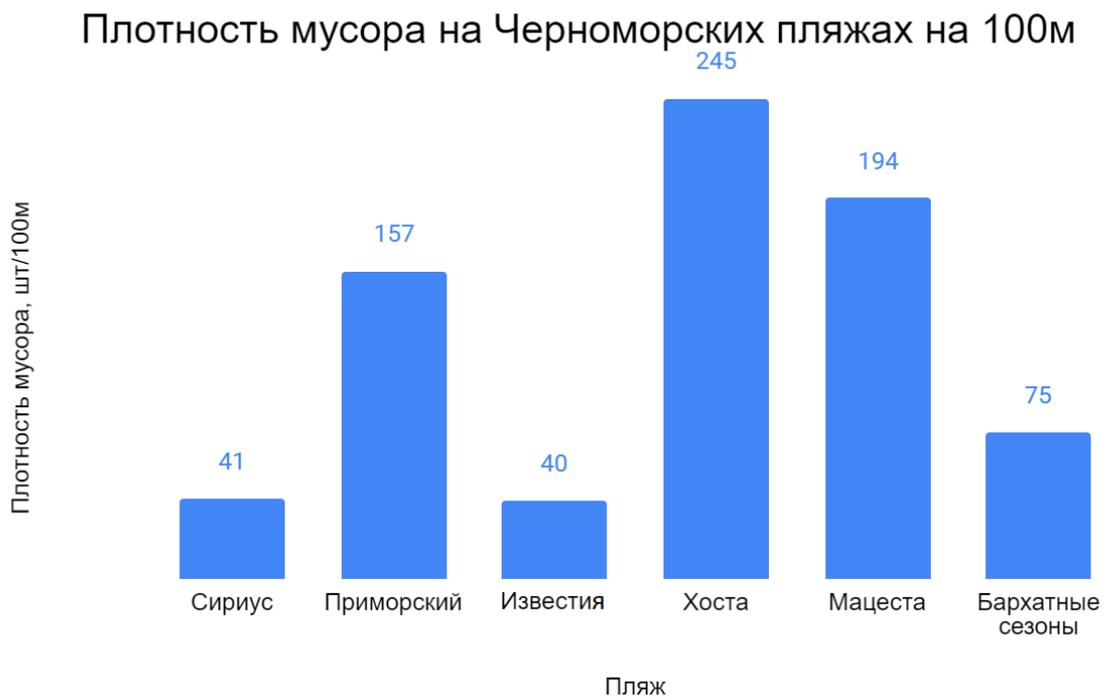


Рис. 4. Плотность мусора на обследованных пляжах

Результаты расчета плотности мусора на м²: самым загрязненным пляжем по макромуусору оказался пляж Приморский, на котором плотность мусора составила

0,3 шт/м². Наименее загрязненным оказался пляж Известия, на котором плотность мусора была 0,01 шт/м² (рис. 5).

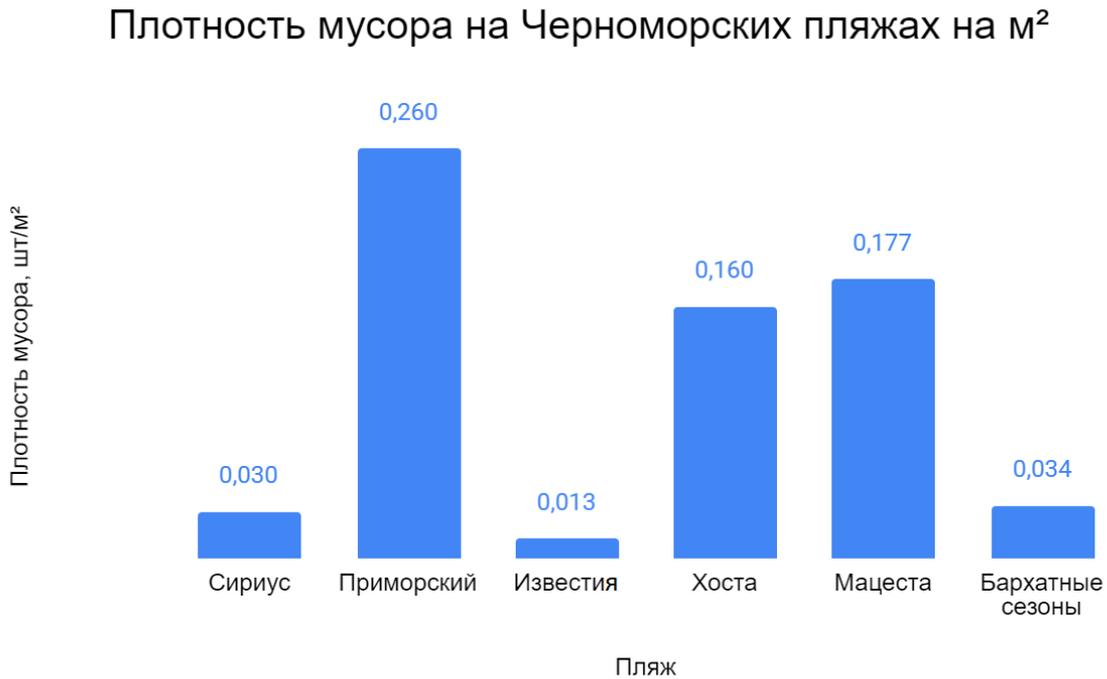


Рис. 5. Плотность мусора на обследованных пляжах

Произведено сравнение двух методик определения плотности мусора на местности. Из первых полученных результатов видно, что на участке в 100 метров наиболее загрязненным является пляж Хоста, с наибольшей концентрацией мусора. При расчете количе-

ства мусора на меньший участок (м²) наиболее загрязненным является Приморский пляж с наибольшей плотностью загрязнения. Но при этом после проведения двух расчетов самым чистым пляжем является пляж Известия.

Таблица 2. Микропластик на черноморских побережьях

Номер	Пляж	Микропластик (количество и наличие полипептида)
1	Сириус	24 частички (большое количество пенопласта)
2	Приморский	37 частичек (только пенопласт)
3	Известия	не было найдено
4	Хоста	11 частичек (4 пенопласта)
5	Мацеста	3 частички (все из них пенопласт)
6	Бархатные сезоны	8 частичек (не был найден пенопласт)

Наибольшее количество найденного микропластика (рис. 6) составляют газонасыщенные полипропилены (табл. 2). Это произошло вследствие существующей проблемы Черноморского побережья: морские фермы на берегах поддерживались на плаву за счет большого количества полипропиленовых блоков. После эксплуатации все блоки были вынесены на сушу и оставлены

там. За счет механического воздействия ветра, волн, температуры, данные блоки разделялись на маленькие частички газонасыщенного полипропилена и разнеслись по всему черноморскому побережью. Вследствие чего появилась экологическая проблема загрязнения пляжей полипропиленом.

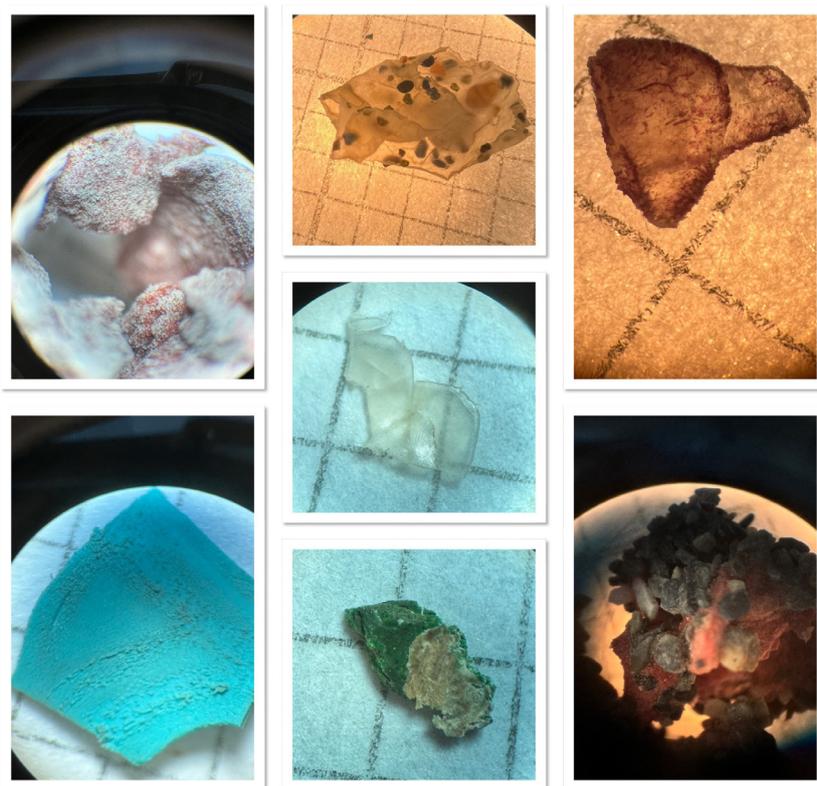


Рис. 6. Фото найденных частиц

Рекреационная нагрузка

Рекреационная нагрузка является важным показателем, по которому можно судить о степени антропогенной на-

грузки на пляжи, что необходимо для проведения исследований. В данной таблице представлены результаты оценки рекреационной нагрузки на исследуемых пляжах (табл. 3).

Таблица 3. Рекреационная нагрузка

Фактор	Сириус	Приморский	Известия	Хоста	Мацеста	Бархатный сезон
Единовременная нагрузка	0,5	1	1	0,5	0,5	0,25
Дневная посещаемость	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Тип отдыхающих	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Пластиковое оборудование	0,5	0	0,5	0,5	1	0,25
Характер прилегающей территории	0,8	0,8	0,4	0,8	0,8	0,4
Стоки воды	0,1	0,1	0,1	0,5	0,5	0,1
Морской транспорт	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Городская транспортная инфраструктура	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Уровень рекреационной нагрузки (сумма)	3,3	3,3	3,4	3,7	4,2	2,4

В таблице представлены результаты оценки рекреационной нагрузки на исследуемых пляжах. Наибольшей нагрузке подвергаются пляжи Приморский, Хоста, Мацеста.

ИЧБ рассчитывается для понимания степени загрязненности пляжа мусором и для определения корреляции между потоком туристов и загрязненностью пляжей мусором (табл.4).

Таблица 4. Индекс чистого берега для пляжей черноморского побережья

Номер	Название	Индекс чистого берега	Оценка
1	Сириус	1	Чистый
2	Приморский	5	Грязный
3	Известия	0.2	Очень чистый
4	Хоста	5	Грязный
5	Мацеста	4	Умеренный
6	Бархатные сезоны	1	Чистый

В ходе исследования выявлено, что пляжи Приморский, Хоста и Мацеста подвержены наибольшей степени рекреационной нагрузки (повышенная и умеренная), и согласно ИЧБ [10] они подвержены наибольшему загрязнению и относятся к грязному и умеренно-грязному типам. Основываясь на этих данных, можно предположить, что туристы вносят значимый вклад в загрязнение пляжей мусором.

Виды биоиндикаторы

В ходе исследования были обнаружены следующие виды-биоиндикаторы экологического состояния Чер-

ного моря (рис. 7), (табл.5): Бурая водоросль цистозира, Церариум, Красная водоросль, Береговая улитка или Литторина, Морской салат (ульва лактука), Морское блюдечко, Филлофора загнутая, Скафарка, Мидия, Рапана дальневосточная, Раковина моллюск, Венерка. Из них к биоиндикаторам относятся: Бурая водоросль цистозира, Береговая улитка или Литторина, Морское блюдечко, Мидия, а к инвазивным видам — Рапана дальневосточная [11].



Рис. 7. Виды биоиндикаторы

Но в ходе исследования не были найдены такие представители биоиндикаторов черного моря как: бурая водоросль саргассум иволистный, красная водоросль филлосфора усеченная, красная водоросль филлосфора

ребристая, мраморный краб, полихета спирорбис, полихета спирорбис трехгранный, двустворчатый моллюск донацилла, многощетинковый червь офелия, двустворчатый моллюск барнеа.

Таблица 5. Виды биоиндикаторов

Виды-индикаторы	Сириус	Приморский	Известия	Хоста	Приморский	Бархатные сезоны
Виды						
Бурая водоросль цистозира						
Береговая улитка или литторина						
Морское блюдечко						
Мидия						
Инвазивные виды [6]						
Рапана дальневосточная						
Остальные виды						
Церариум						
Раковина моллюска						
Морской салат (ульва лактука)						
Красная водоросль						
Филлофора загнутая						
Скафарка						
Венерка						
Единичные экземпляры		Встречаются в большом количестве			Отсутствуют	

По отдельности виды-индикаторы встречались на всех исследуемых пляжах, кроме пляжа Бархатные сезоны. Вероятнее всего это связано с тем, что рядом с пляжем Бархатные сезоны находились сточные воды — негативно влияющие на всех гидробионтов (табл. 5). Наибольшее видовое разнообразие было замечено на пляже Приморский. Там обнаружены такие виды, как: Церариум, Красная водоросль, Береговая улитка или Литторина, Морской салат (Ульва лактука), Морское блюдечко, Филлофора загнутая.

Повышенное видовое разнообразие возможно связано с тем, что в день сбора проб был шторм и большое количество водорослей вынесло на берег. Рапана дальневосточная (инвазивный вид) встречался на пляжах Известия и Мацеста. Наиболее часто встречаемый вид-биоиндикатор — мидия, она была обнаружена на пляжах Известия, Хоста и Мацеста.

Биоиндикация с помощью зоопланктона

В ходе шести полевых исследовательских выездов было отобрано и проанализировано 12 литров воды

и найдено 82 представителя 4 различных классов зоопланктона: Copepoda (53 особей), Meroplankton (26 особей) Aurelia (1 особь) Amphipoda (2 особи) (рис. 8).

Copepoda — всего 53 штуки: 17 в пробах, набранных у берега, 36 в пробах, удаленных от берега примерно на 10 метров. Meroplankton — всего 26 штук: 16 в пробах у берега, 10 в пробах, удаленных от берега в среднем на 10 метров. Морская блоха проявилась один раз двумя особями в пробах у берега. Она была найдена запутанной в водоросле цистозира (биоиндикаторе) с пляжа Сириус. Медуза один раз появилась в пробе воды, отбираемой в некотором диапазоне от берега на пляже Хоста.

Самой наполненной пробой стала проба на пляже Сириус в некотором отдалении от берега. Информация по найденному зоопланктону представлена в виде таблицы видового состава (табл. 6).

Таблица 6. Сравнение количества зоопланктона на разных пляжах

Точка отбора проб	Пляж Сириус	Приморский	Известия	Хоста	Мацеста	Бархатные сезоны
У берега	МП* — 3, К** — 1	МП — 6, К-4	К-3	К-2, МП — 3	МП — 2, К-1	К-6, МП-2
10 м от берега	МП* — 3, К** — 13, Морская блоха — 2	К-1	К-8	Медуза-1, К-2, МП-4	К-3	К-9, МП-3
Всего	22	11	11	12	6	20

* — Меропланктон, ** — Копепода

В ходе анализа проб на наличие и разнообразие зоопланктона преимущественно были встречены представители классов Meroplankton и Copepoda. Отсутствие видового разнообразия зоопланктона не позволяет рассчитывать индексы чистоты Черного моря.

Такое минимальное разнообразие видового состава может быть связано с значительным превышением объема поступления загрязняющих веществ над ассимиляционной способностью морских экосистем, что привело к загрязнению морских вод и потере биологических видов.



Рис. 8. Зоопланктон

Обсуждение

Макромусор

Для получения полной картины загрязнения Черноморского побережья были проанализированы данные других стран, которые имеют доступ к побережью Черного моря. Исследовались страны (табл. 7): Россия,

Болгария, Румыния, Турция, Грузия. Наибольшее загрязнение было в России в городе Сочи на пляже «Хоста»; в Болгарии на мысе Калиакра; в Румынии на Малибу; в Турции в Кумсал; в Грузии в Цкалтсминде.

Таблица 7. Степень загрязнения всех пляжей Черного моря

Страна	Пляж	Плотность	Пластик, %	Ссылка
Россия	Пляж Сириус	41,096 шт/100 м; 3,16 шт/м ²	57.14	данное исследование
Россия	Приморский пляж	156,7568 шт/100 м; 26,12 шт/м ²	19.82	данное исследование
Россия	Пляж Известия	40 шт/100 м; 1,38 шт/м ²	53.83	данное исследование
Россия	Пляж Хоста	244,578 шт/100 м; 16,3 шт/м ²	24.63	данное исследование
Россия	Пляж Мацеста	194,0476 шт/100 м; 17,4 шт/м ²	24.53	данное исследование
Россия	Пляж Бархатные сезоны	75,2577 шт/100 м; 3,4 шт/м ²	28.76	данное исследование
Болгария	мыс.Калиакра	93.8 шт/км ²	-	Dimitar Berov, Stefania Klajn., 2020 [12]
Болгария	севернее мыса Эмине	77.4 шт/км ²	-	Dimitar Berov, Stefania Klajn., 2020 [12]
Болгария	Варненский залив	60.9 шт/км ²	-	Dimitar Berov, Stefania Klajn., 2020 [12]
Румыния	Ваду (защитый)	102 (на 100 м)	-	Elena Stoica et al., 2021 [13]
Румыния	Марина Регия	383 (на 100 м)	-	Elena Stoica et al., 2021 [13]
Румыния	Малибу	1401 (на 100м)	-	Elena Stoica et al., 2021 [13]
Россия	Учкуевка, Крым	17,2 шт/м ²	75 %	В. А. Кальпа, А. В. Багаев., 2022 [14]
Турция	Акклиман	0,29–7,67 ед. · м ²	88,14 %	Levent BatAysah Öztekin et al., 2022 [15]
Турция	Кумсал	3,46–49,09 г · м ²	98,46 %	Levent BatAysah Öztekin et al., 2022 [15]
Турция	пляж города Трабзон	22,00 шт /м ²	77,46 %	Yahya Terzi et al., 2020 [16]
Турция	пляж ггорода Трабзон	19,9 шт /м ²	76 %	Yahya Terzi et al., 2020 [16]
Грузия	Кобулет	0.32–0.95 шт /м ²	-	Ülgen Aytan et ai., 2020 [17]
Грузия	Уреки	0.07–0.9 шт /м ²	-	Ülgen Aytan et ai., 2020 [17]
Грузия	Сарпи	0.02–0.07 шт /м ²	-	Ülgen Aytan et ai., 2020 [17]
Грузия	Цкалтсминда	0.84–1.12 шт /м ²	-	Ülgen Aytan et ai., 2020 [17]
Грузия	Малтаква	0.20–0.23 шт /м ²	-	Ülgen Aytan et ai., 2020 [17]

Анализ и сравнение данных усложняется тем, что отсутствует единая система оценивания загрязненности пляжей Черноморского побережья. Данные представлены в различных величинах: шт/м²; шт/км²; шт/100 м. Кроме того, лишь на небольшом количестве данных о пляжах представлена информация о процентном содержании различных видов мусора, такие как пластик, металл, бумага и т. д.

Также был проведен анализ проекта и апробация предложенной методики по наблюдению за морским мусором Руководящего документа «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды пляжный (береговым) мусором антропогенного происхождения» (в настоящее время находится в разработке Государственного океанографического института им. Н. Н. Зубова) [18]. В ходе работы было предложено внести некоторые изменения в руководящий документ для полноты исследования пляжей.

Рассматривались такие предложения об изменениях, как:

1. Разделить исследуемые пляжи на городские (пригородные) и дикие, так как в данном документе рассматриваются только дикие пляжи для исследования загрязнения, а про другие типы ничего не сказано.

2. Расширить список распределения мусора по категориям, добавив пункты: Палочки от леденцов (из раздела пластика — Другие предметы из пластика или полистирола), обертки от конфет (из раздела пластика — Другие предметы из пластика или полистирола), газо-насыщенные полимеры (пенопласт) из раздела пластика — Другие предметы из пластика или полистирола, магазинные чеки и бирки (из раздела бумага, картон — Другие предметы из бумаги или картона), пластыри (из раздела Гигиенические, медицинские отходы — Другие предметы гигиенических и медицинских отходов), осколки бутылок (из раздела стекло — Другие предметы из стекла) категориям, добавить новые категории в разделы пластик и полистирол, бумага и картон, гигиенические и медицинские отходы. Предложение выдвинуто в связи с найденным большим количеством макро — мусора, именно этих типов и для удобства дальнейшего анализа необходимо их вынести в отдельный пункт.
3. Внести расчет плотности мусора на единицу пляжа для оценки загрязнения пляжей. Это необходимо для наглядного сравнения исследуемых пляжей на наличие загрязнения. Формула и критерии расчетов изложены в данной статье.

4. Выдвинуто предложение о создании государственного веб-ресурса (сайта), на который будет внесена информация о наблюдениях за экологическим состоянием морского побережья (рис. 9). Также на сайт могут быть внесены фотографии частиц мусора, чтобы все желающие могли

изучать данную информацию. Данной информацией смогут воспользоваться правительство, для получения полной информации о загрязнении и возможности внесения дальнейших изменений в законодательство, и научное сообщество, занимающиеся исследованием данной проблемы.



Рис. 9. Фото сайта

5. Вести совместно с мониторингом мусора попутные наблюдения за биоиндикаторами морской среды черноморского пляжа. Учитываться предлагается виды-индикаторы, перечисленные в публикации — «Экологические дозорные Черного моря Полевой определитель» [7].
6. Кроме того, было выдвинуто предложение о создании иллюстрационного материала для обучения волонтеров, занимающихся исследованием загрязненности морским мусором. Для более быстрого внедрения их в процесс и сокращения времени на изучения проблемы и необходимых обязанностей.

Заключение

Наши результаты свидетельствуют о важности мониторинга пляжей Черноморского побережья из-за видимых загрязнений окружающей среды, морских экосистем, пляжей, утраты биоразнообразия и других вызовов в результате масштабных проблем с антропогенным загрязнением. Также наши исследования показывают, что загрязнение пластиком представляет серьезную угрозу морской среде не только на Федеральной терри-

тории «Сириус», но и на других пляжах Черноморского побережья.

Наземный мусор является основным источником морского мусора в Черном море и должен быть признан наивысшим приоритетом для рассмотрения волонтерами и исследователями. Местные власти должны разработать эффективные стратегии управления отходами на берегу для уменьшения количества мусора, попадающего в море. С учетом того, что многие негативные последствия морского загрязнения хорошо известны, необходимо проводить мониторинговые исследования на разных уровнях для изучения состояния, источников поступления, путей перемещения и воздействия морского мусора на экосистемы Черного моря, включая пластиковые материалы. Это позволит принять срочные меры по сокращению загрязнения Черного моря.

Благодарности

Статья выполнена в рамках всероссийского конкурса научно-технологических проектов «Большие вызовы» при поддержке образовательного фонда «Талант и успех».

ЛИТЕРАТУРА:

1. Янина, Т. А. Москва: неоплейстоцен понто-каспия: биостратиграфия, палеогеография, корреляция, с. 264.
2. Кудельких, Н. С. Международно-правовая охрана морской среды от загрязнения пластиком // Международное право и международные организации / International Law and International Organizations. — 2022. — №4. DOI: 10.72562454-0633.2022.4.38947 EDN: DTKMOK URI: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=38947
3. Игнатов, Е. И. Современные представления о рельефе берегов и дна Черного моря // Региональные исследования. — Москва: 2010. — с. 63.
4. Стельмах, Л. В. Мансурова И. М. Эколого-физиологические основы биоразнообразия фитопланктона Черного моря <https://cyberleninka.ru/article/n/ekologo-fiziologicheskie-osnovy-bioraznoobraziya-fitoplanktona-chernogo-morya>
5. Vasilakopoulos, P., Palialexis, A., Boschetti, S.T., Cardoso, A.C., Druon, J.-N., Konrad, C., Kotta, M., Magliozzi, C., Palma, M., Piroddi, C., Ruiz-Orejón, L.F., Salas-Herrero, F., Stips, A., Tornero, V. and Hanke, G., Marine Strategy Framework Directive, Thresholds for
6. MSFD Criteria: state of play and next steps, EUR 31131 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-53689-5, doi:10.2760/640026, JRC128344.
7. Silakov, M., Sibirtsova E., Temnykh A. Assessment of microplastic pollution sources in coastal recreational zones // Pollution. 2023. Vol. 9, iss. 3. P. 1117-1127. <https://doi.org/10.22059/poll.2023.350197.1670>

8. Б. Александров, Ю. Зайцев. Экологические дозорные Черного моря // Полевой определитель. — Одесса: UNDP, European Commission, с. 2016.
9. Методы оценки качества вод по гидробиологическим показателям: учебно-методическая разработка по курсу «Гидробиология»; сост.: О. Ю. Деревенская. — Казань: КФУ, 2015.—44 с. <https://studylib.ru/doc/2388013/uchebno---metodicheskaya-razrabotka-po-kursu-»gidrobiologiya>
10. Prabhakaran D, Park H, Choi O, Abraham A, Sang BI. Enhancing cellulose acetate biodegradability in cigarette filters: an in-depth analysis of thermal alkaline pretreatment, microbial dynamics, and breakdown pathway prediction. *Microb Cell Fact.* 2024 Jul 18;23(1):199. doi: 10.1186/s12934-024-02476-0. PMID: 39026314; PMCID: PMC11256436.
11. Alkalay, Pasternak & Zask Clean-coast index—A new approach for beach cleanliness assessment https://www.researchgate.net/publication/326259027_Clean-coast_index-A_new_approach_for_beach_cleanliness_assessment
12. М. В. Переладов. Современное состояние популяции и особенности биологии рапаны (*Rapana venosa*) в северо-восточной части Черного моря <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennoe-sostoyanie-populyatsii-i-osobennosti-biologii-rapany-rapana-venosa-v-severo-vostochnoy-chasti-chyornogo-morya/viewer>
13. Dimitar Berov, Stefania Klajn. Microplastics and floating litter pollution in Bulgarian Black Sea coastal waters // *Marine Pollution Bulletin.* — 2020. — с. 6. // 19.07.2024
14. Elena Stoica, Magda Nenciu, Silvia Mădălina Creangă, Mihaela Cosmina Tănase, Dragoș Marin, Andreea Mădălina Ciucă, Vasile Pătrașcu. Romanian black sea beaches // *Grigore Antipa.* — Romania: с. 49–63. // 19.07.2024
15. В. А. Кальпа, А. В. Багаев. Оценка количественного и качественного состава антропогенного морского мусора на западном побережье Крыма // XXIX Береговая конференция: Натурные и теоретические исследования — в практику берегопользования. — 2022. — с. 3. // 19.07.2024
16. Levent BatAydın Öztekin, Dilara Kaya Öztürk, Pınar Gürbüzler, Uğur Öz sandıkçı, Bora Eyüboğlu, Hasan Can Öztekin. Загрязнение пляжным мусором средне-Черноморского побережья Турции: пространственные и временные вариации, состав и возможные источники // 2022
17. Состав и источники морского мусора на побережьях юго-восточной части Черного моря: долгосрочное тематическое исследование // *national library of medicine*, 2020
18. Ülgen Aytan Maria Pogojeva Anna Simeonova. Marine litter in the Black sea // 2020. — № 56. — с. 344.
19. Руководящий документ «Руководство по организации и проведению наблюдений, оценке состояния и загрязнения морской среды пляжный (береговой) мусором антропогенного происхождения» от Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации; Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет)