

Е.Н.Сибирцова

*Институт морских биологических исследований
им.А.О.Ковалевского РАН, г.Севастополь*

МИКРОПЛАСТИКОВОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ГРУНТОВ ПЛЯЖЕЙ Г.СЕВАСТОПОЛЯ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД 2016 – 2017 ГГ.

В рамках ежемесячного мониторинга качественно-количественного распределения микропластика в грунтах пляжей г.Севастополя собраны и проанализированы пробы на двух популярных пляжах Омега и Учкуевка в летний период (май – сентябрь) 2016 и 2017 гг. Мониторинг микропластикового загрязнения прибрежной зоны Крымского побережья Чёрного моря проводится впервые. Выявлены высокие количественные показатели содержания микропластика в грунтах исследуемых пляжей. Максимально высокие показатели на обоих пляжах зарегистрированы в мае 2017 г. ($6,9 \pm 0,26$ единиц·м⁻²) на пляже Омега и в августе 2016 г. ($3,5 \pm 0,088$ единиц·м⁻²) на пляже Учкуевка. Средние показатели в летний период составляли на пляже Омега: $5,12 \pm 0,138$ единиц·м⁻² в 2016 г. и $5,82 \pm 0,15$ единиц·м⁻² в 2017 г., на пляже Учкуевка: $3,02 \pm 0,076$ единиц·м⁻² в 2016 г. и $1,92 \pm 0,048$ единиц·м⁻² в 2017 г.

Перечислены основные источники микропластикового загрязнения на исследуемых пляжах и показаны трудности, с которыми приходится сталкиваться в процессе адаптации методов отбора и анализа проб.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: *микропластиковое загрязнение, экологический мониторинг пляжей, зоны рекреации, Чёрное море*

doi:10.22449/2413-5577-2018-1-64-73

*Светлой памяти доктора биологических наук,
профессора Токарева Юрия Николаевича
посвящается*

Процессы утилизации отходов из пластиковых материалов являются одной из важнейших проблем современной экологии. К сожалению, даже в рекреационных зонах люди постоянно соприкасаются с неразлагаемым в природе пластиковым мусором, даже не подозревая об этом. Микропластиковое загрязнение попадает в грунт пляжей из двух типов источников: наземного и из моря. Оставаясь в песке или гальке на морском берегу, пластиковые частицы с течением времени измельчаются до ещё меньших размеров. Старение материалов из пластика происходит под воздействием тепла, ультрафиолетовых лучей, кислорода воздуха, воды, механического воздействия. Всех вышеперечисленных условий для деградации пластиковых материалов на пляжах в избытке, поэтому мезопластик (частицы пластика размером менее 5 – 25 мм) [2] и «крупный микропластик» (1 – 5 мм) рано или поздно измельчаются до «мелкого микропластика» (20 мкм – 1 мм) [3, 4]. Особенно уязвимы в этом отношении дети, большинство из которых предпочитает играть в песке. Микропластик, находясь в морской воде, способен аккумулировать токсические органические примеси (хлорорганические пестициды, бисфенол А и др.). Попав в организм, эти весьма прочные

соединения склонны накапливаться в жировых тканях и часто оказывают канцерогенное, тератогенное и мутагенное воздействие. По сравнению с макропластиком (20 – 100 мм и более), который регулярно удаляется с пляжей во время уборки, микропластик не заметен в песке или гальке, и угроза заключается в вероятности его многолетнего накопления в грунте пляжей.

Целью настоящей работы является оценка качественно-количественного распределения мезо- и микропластика в отложениях двух песчаных и галечных пляжей г.Севастополя в летний период 2016 и 2017 гг.

Материалы и методы. Отбор проб. Для выполнения поставленной цели нами осуществляется мониторинг качественного и количественного состава микропластика на территориях песчаных и галечных пляжей г.Севастополя. На первоначальном этапе мы выбрали два наиболее популярных песчаных пляжа – пляж Омега и пляж Учкеевка (рис.1).

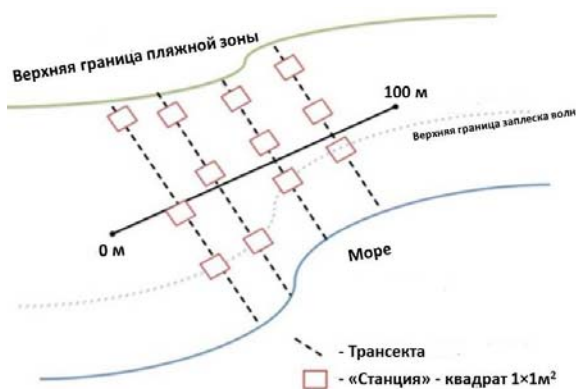
На последующих этапах мониторинга планируется исследование качественно-количественного распределения микропластика на территориях пляжей Крымского побережья Чёрного моря (в Евпатории, Ялте, Алуште, Судаче, Феодосии), а также в поверхностном слое воды и донных отложениях прилегающих к пляжам акваторий.

Отбор и хранение проб мезо- и микропластика в пробах грунтов песчаных и галечных пляжей производится согласно [1] на основе методики [5]. Для пляжа, выбранного для проведения исследования, сначала заполнялись необходимые данные – основные характеристики места исследования: название, координаты, тип отложений, основные объекты инфраструктуры и т.п. Затем вдоль береговой линии отмерялся отрезок длиной 100 м. Местоположение такой секции устанавливалось ближе к середине пляжа. Перпендикулярно отмеренному 100-метровому отрезку в произвольном порядке откладывались четыре трансекты (рис.2). Вдоль каждой из четырёх трансект отмечались по три «станции» (квадраты площадью $1 \times 1 \text{ м}^2$) по следующему принципу: крайние две станции находились ближе к краям трансекты, т.е. одна располагалась ближе к верхней границе пляжной зоны, а вторая – к максимально верхнему краю зоны заплеска, третья же «станция» располагалась ближе к середине каждой из трансект.

Для каждой трансекты и «станции» записывались координаты *GPS* с помощью мобильного телефона со встроенным *GPS*-приложением (максимально возможная точность достигает $\pm 2 - 3 \text{ м}$ на горизонтали).



Рис. 1. Территория исследований.



Р и с . 2 . Схематическое расположение трансект и станций для отбора проб мезо- и микропластика на пляжах.

меньшая по размерам, чем 1,0 мм. Ополаскивая ведро небольшим количеством дистиллированной воды, фракцию собирали в стеклянную тару с металлической крышкой. Фракции, собранные с верхнего сита (размерами от 5,0 мм до 2,5 см) и с нижнего (1,0 – 5,0 мм), упаковывали в отдельные контейнеры для проб.

Галечные пляжи. Если слой гальки не превышал 5 – 10 см, на каждом квадрате сначала отбирали верхний слой гальки (до песка) и помещали его сразу в ведро (емкостью 10 л) с морской водой, лопаткой перемешивали содержимое несколько минут, чтобы с камней отсоединились и всплыли к поверхности все прикрепившиеся к ним частицы мезо- и микропластика. Затем все процедуры повторялись, как в случае песчаных пляжей.

Если слой гальки превышал 5 – 10 см, то производили процедуру, как в случае галечных пляжей, но отбор камней совершали до глубины 30 – 50 см.

Всю тару с пробами этикетировали и доставляли в лабораторию для дальнейшего анализа.

Особенности исследуемых пляжей. Пляж Омега расположен на западном берегу бухты Омега (Круглая). Длина пляжа 400 м, ширина от верхней до нижней границы пляжа 10 – 20 м. Бухта очень мелкая, на её противоположной стороне имеется небольшой пляж. Через асфальтированную дорогу от верхней зоны пляжа расположен комплекс инфраструктуры – множество зданий кафе, баров и т.п. В нижней зоне пляжа тип отложений галечный, в верхней и средней – песочный, однако, на протяжении более 70 % длины пляжа песок лежит таким тонким слоем или вовсе отсутствует, что можно говорить о каменистом грунте (сплошные крупные плоские камни). Поэтому местом взятия проб для мониторинга мы выбрали участки ближе ко второму пирсу и за ним, где слой песочного грунта составляет не менее 20 см.

Пляж Учкеевка расположен на Северной стороне г.Севастополя. Протяженность берега более 1,5 км. Пляж хорошо оборудован, на берегу имеется множество баров, кафе, торговых точек по продаже пляжного и сопутствующего инвентаря. Тип отложений – песочно-галечный, ширина пляжной зоны составляет 25 – 30 м. Слой песка везде равномерен и не менее

Песчаные пляжи. Для анализа верхнего слоя грунта пляжа толщиной $5 \pm 0,5$ см с помощью металлической лопатки или совка снимались верхние $3 \pm 0,5$ см песка и сразу просеивались в металлическое ведро через вставленные друг в друга сита с размером ячеек 5,0 мм (верхнее) и 1,0 мм (нижнее), а затем таким же образом просеивались $2 - 3 \pm 0,5$ см нижележащего слоя грунта. Таким образом, в ведре оставалась только фракция,

30 см глубиной. Грунт нижней зоны пляжа галечный. Для достоверности результатов мы отбирали пробы, отмеряя ежемесячно на каждом пляже по три стометровых отрезка, вдоль которых располагали по 12 станций, т.е. на каждом пляже за месяц анализировалось 30 – 36 проб.

Анализ проб. *Фракции 1 – 5 мм и 5 – 25 мм.* Соответствующие фракции помещались в сухие, предварительно взвешенные стеклянные флаконы вместимостью 500 мл и высушивались в сушильном шкафу при температуре 90 °С в течение 10 – 12 ч. Затем контейнеры снова взвешивались. Вычислялась масса пластика. Частицы пластика затем сортировались по нескольким качественным категориям, измерялись их линейные размеры, классифицировались и фотографировались на цифровой аппарат с функцией макросъёмки.

Основными качественными категориями, по которым оценивались частицы мезо- и микропластика, следующие:

- тип полимерного материала (полиэтилен, полипропилен, пенопласт и др.);

- тип частиц (фрагменты пластика, нити, гранулы, ленты);

- форма частиц (для гранул: цилиндрические, дискообразные, пузыревидные, овальные, сферические; для фрагментов: круглые, квадратные, прямоугольные, треугольные; другие характеристики: симметричность / несимметричность, степень эрозии, шершавость, наличие / отсутствие повреждённых краёв);

- степень старения: свежие, неповреждённые, начальные этапы деформации, степень растрескивания, эрозии, насечки, царапины, неровность поверхности, наличие зазубрин, очень деформированные.

Фракции менее 1 мм. Подготовка пробы для лабораторного анализа. В лаборатории пустые сухие 800-миллилитровые контейнеры взвешивались и этикетировались. В каждый контейнер добавляли 400 мг пробы с пляжа (фракция менее 1 мм). Контейнеры с пробами высушивали в сушильном шкафу при температуре 90 °С в течение ночи. Затем к высушенной пробе добавляли 300 мл водного раствора соли метавольфрамовой кислоты (плотность составляла 1,6 г/мл). Полученный водно-песочный раствор тщательно перемешивали в течение нескольких минут с помощью металлической или стеклянной палочки, чтобы микропластик всплыл на поверхность.

Фракция, всплывшая на поверхность раствора, перемещалась на сито с размерами ячеек 0,3 мм. Сито ополаскивали небольшими порциями дистиллированной воды, чтобы все частицы фракции мельче 0,3 мм смогли пройти сквозь него. При этом все микропластиковые частицы с размерами 0,3 – 1,0 мм помещали в чистый контейнер объёмом 500 мл, содержимое которого снова высушивали в сушильном шкафу при температуре 90 °С в течение 24 ч.

Влажное перекисное окисление. К высушенной фракции 0,3 – 1 мм добавляли 20 мл водного раствора 0,05 М Fe(II). К полученному добавляли 20 мл 30 – 33 %-ого раствора перекиси водорода. На электрической плитке контейнер нагревали до 75 °С. Как только на поверхности появлялись пузырьки газа, контейнер снимали с плитки и помещали в пароуловитель до завершения кипения.

Если в растворе замечали натуральный органический материал, добавляли ещё 20 мл 30 %-ого раствора перекиси водорода и все процедуры по-

вторяли, пока не исчезали все видимые частицы органического материала. Добавляли около 6 г соли (NaCl) на каждые 20 мл пробы для достижения плотности раствора приблизительно 5 М NaCl.

Плотностное сепарирование. Полученный раствор помещали на плотностный сепаратор. Оставляли на экспозицию на ночь. Осевшие твёрдые частицы проверяли визуально на принадлежность к микропластику. Плавающие на поверхности частицы собирали на чистое сито с размером ячеек 0,3 мм.

Микроскопирование. Взвешивали чистый сухой 4-х мл пузырьрёк (вместе с крышкой и этикеткой). С помощью пинцета с сита собирали частицы микропластика для изучения под микроскопом *Leica DM LS2* (при 40-кратном увеличении), а затем помещали в пузырьрёк и взвешивали вместе с ним.

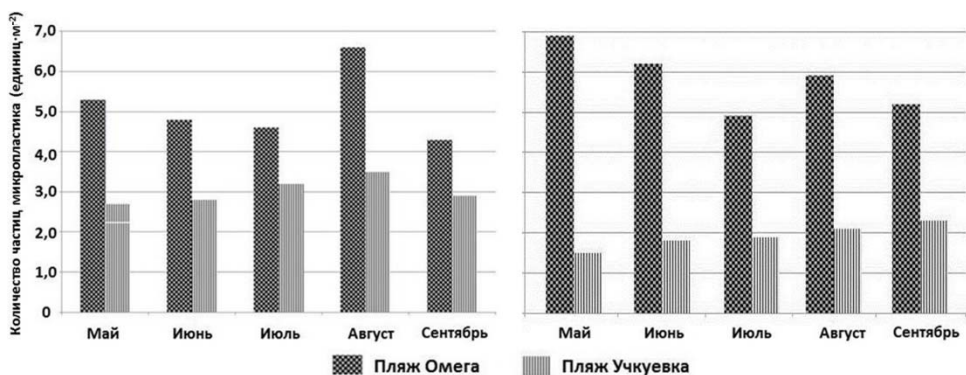
Результаты и их обсуждение.

Качественно-количественный состав микропластикового загрязнения в отложениях Севастопольских пляжей. В ходе двухлетнего мониторинга в летний период (май – сентябрь 2016 и 2017 гг.) нами было проанализировано более 300 проб, соответствующих «станциям» площадью $1 \times 1 \text{ м}^2$ каждая. Данные средних месячных значений микропластикового загрязнения грунтов исследуемых пляжей приведены в табл.1, где показаны также и самые максимальные значения количества частиц микропластика, обнаруженные на одной «станции». Как показано в таблице, самые высокие средние показатели микропластикового загрязнения в летний период 2016 г. наблюдались в августе и мае на пляже Омега ($6,6 \pm 0,21$ и $5,3 \pm 0,15$ единиц $\cdot \text{м}^{-2}$). В летний период 2017 г. аналогичные показатели зафиксированы в мае и июне ($6,9 \pm 0,28$ и $6,2 \pm 0,19$ единиц $\cdot \text{м}^{-2}$).

В течение всех пяти месяцев летнего периода в 2016 г. на пляже Омега показатели микропластикового загрязнения постепенно снижались с $5,3 \pm 0,15$ единиц $\cdot \text{м}^{-2}$ в мае до $4,3 \pm 0,05$ единиц $\cdot \text{м}^{-2}$ в сентябре, кроме резкого подъёма в августе – до $6,6 \pm 0,21$ единиц $\cdot \text{м}^{-2}$ (рис.3, а).

Т а б л и ц а 1. Средние и максимальные количественные показатели микропластика (ед. $\cdot \text{м}^{-2}$) на пляжах Омега и Учкучевка в течение летнего периода 2016 – 2017 гг.

год	месяц	пляж Омега		пляж Учкучевка	
		среднее количество	максимальное количество	среднее количество	максимальное количество
2016	май	$5,3 \pm 0,15$	17	$2,7 \pm 0,078$	9
	июнь	$4,8 \pm 0,19$	18	$2,8 \pm 0,080$	5
	июль	$4,6 \pm 0,12$	23	$3,2 \pm 0,082$	11
	август	$6,6 \pm 0,21$	19	$3,5 \pm 0,088$	8
	сентябрь	$4,3 \pm 0,05$	18	$2,9 \pm 0,065$	14
2017	май	$6,9 \pm 0,28$	25	$1,5 \pm 0,029$	5
	июнь	$6,2 \pm 0,30$	28	$1,8 \pm 0,031$	4
	июль	$4,9 \pm 0,22$	38	$1,9 \pm 0,030$	8
	август	$5,9 \pm 0,25$	39	$2,1 \pm 0,038$	12
	сентябрь	$4,3 \pm 0,11$	18	$2,3 \pm 0,045$	10



Р и с . 3 . Среднее количество частиц микропластика (единиц·м⁻²) на пляжах Севастополя в летний период 2016 г. (а) и 2017 г. (б).

Подобная тенденция наблюдалась и в 2017 г., когда аналогичные показатели снижались с $6,9 \pm 0,28$ единиц·м⁻² в мае до $4,3 \pm 0,11$ единиц·м⁻² в сентябре также с подъёмом в августе до $5,9 \pm 0,25$ единиц·м⁻² (рис.3, б).

Возможно, это объясняется снижением количества пластика, приносимого морем с мая по сентябрь, в связи со стабилизацией гидродинамических характеристик (уменьшение волнения, установление штиля на море). С другой стороны, резкий подъём уровня микропластика в грунте пляжа в августе может соответствовать увеличению количества отдыхающих.

Рассмотренная ежемесячная динамика количественных параметров микропластикового загрязнения говорит, в первую очередь, о наличии такого явления, как накопление, аккумуляция частиц микропластика в грунте пляжа в течение всего пляжного сезона, т.е. об отсутствии таких мер, как основательная, хотя бы ежемесячная, уборка макро- и мезопластикового мусора с поверхности грунта пляжа, кроме мест, отведённых под точки сбора мусора. Особенно мало внимания уделяется участку пляжа у границы заплеска волн, где ежедневно остаются десятки не только кусков пластика, но и ещё целых пластиковых изделий. Также следует отметить, что на участке между верхней и нижней границами пляжа наблюдаются самые высокие количественные показатели микропластика.

По качественным характеристикам именно в этой зоне микропластик более всего эрозирован, обесцвечен; здесь очень часто встречаются частицы пластика от таких предметов, как детские пластиковые игрушки, трубочки от упаковок сока, части крышек от бутылок из полиэтилентерефталата (ПЭТ бутылок) и пенопластовые гранулы.

Таким образом, отмечается, что минимальные размеры микропластика, наряду с максимальными показателями деградиационных процессов, наблюдались в средней зоне пляжа, а на верхней и нижней границах пляжной зоны встречались более крупные пластиковые куски или цельные изделия, свежесброшенные или принесённые из моря.

Выявлено, что более высокие показатели уровня микропластика средней зоны пляжа Омега содержались в нижнем слое грунта (нижние $2 - 3 \pm 0,5$ см) и составляли в среднем за весь летний период 2016 г. $5,94 \pm 0,16$ единиц·м⁻², в то время как в верхнем слое тех же проб (верхние $3,0 \pm$

0,5 см) эти показатели соответствовали $4,34 \pm 0,21$ единиц·м⁻². Этот факт и вышеописанные данные о качественном состоянии частиц пластика в средней зоне пляжа говорит о том, что для этой зоны характерны процессы аккумуляции пластиковых частиц и наиболее мощного механического воздействия на них, что приводит к более ускоренному процессу деградации, чем у пластика, сосредоточенного в верхней или нижней зонах пляжа.

Что касается пляжа Учкеевка, то здесь ситуация существенно лучше. Средние показатели микропластика немного повышаются с мая по август 2016 г. с $2,7 \pm 0,078$ до $3,5 \pm 0,088$ единиц·м⁻² и несколько снижаются в сентябре и составляют $2,9 \pm 0,065$ единиц·м⁻² (табл.1, рис.3, а). Количество частиц микропластика в верхнем и нижнем слое в пробах отложений на пляже Учкеевка не составляет существенной разницы, можно сказать, что распределение их по глубине в верхнем 5-сантиметровом слое песка практически однородно, за исключением, однако, зоны заплеска волн, т.е. нижней зоны пляжа, где вместо песка преобладает средняя и мелкая галька и где в верхнем 3-сантиметровом слое количество частиц мезо-, микро- и макропластика на порядок выше, чем в нижних 2 – 3 см.

В целом, уровень загрязнения микропластиком отложений пляжа Учкеевка в 2016 г. в полтора раза ниже, чем пляжа Омега (табл.2, рис.3, б).

Т а б л и ц а 2. Общее среднее количество микропластика (ед.·м⁻²) на пляжах Омега и Учкеевка в летний период (май – сентябрь) 2016 – 2017 гг.

год	пляж Омега	пляж Учкеевка
2016 г.	$5,12 \pm 0,138$	$3,02 \pm 0,076$
2017 г.	$5,82 \pm 0,150$	$1,92 \pm 0,048$

Объясняется это, возможно, тем, что пляж Омега расположен в более закрытой бухте и поэтому пластиковый мусор попадает сюда из моря, как в ловушку, и аккумулируется на берегу. Особенностью пляжа Учкеевка является отсутствие раздела между зоной

инфраструктуры и пляжа. Здесь, в отличие от пляжа Омега, кафе и другая инфраструктура расположены непосредственно у границы верхней зоны пляжа и поэтому здесь установлены в достаточном количестве точки сбора мусора. Это удобнее для отдыхающих, выходящих из кафе или покидающих пляж – выбросить мусор по дороге. По качественному составу микропластик на пляже Учкеевка отличается более крупными размерами частиц, он не так сильно деградирован, и здесь больше частиц твёрдого пластика, чем полиэтилена или пенопласта (табл.3).

В 2017 г. на пляже Омега и средние, и максимальные показатели микропластика превышали таковые 2016 г. В целом, средний уровень микропластика в грунте пляжа Омега за весь летний период в 2017 г. был на 13,7 % выше, чем в 2016 г. (табл.2). При этом наиболее высокие средние показатели в 2017 г. наблюдались в мае и составляли $6,9 \pm 0,21$ единиц·м⁻² (табл.1, рис.3, б), а максимальные количества частиц микропластика на 1 м² достигали 38 – 39 единиц. К сентябрю среднее количество микропластика в пробе грунта постепенно снижалось до $5,2 \pm 0,14$ единиц·м⁻². Возможно, такое снижение уровня микропластика к концу летнего периода в 2017 г., по сравнению с его повышением в 2016 г., объясняется привозом новых порций песка на Омегу в конце мая 2017 г., т.е. тогда, когда нами уже были отобраны

Таблица 3. Классы пластикового материала, наиболее часто встречающиеся в пробах мезо- и микропластика (фракции 1 – 5 мм) в 2016 и 2017 гг.

классы пластикового материала		наименование и происхождение продукции	процентное со- отношение, %	
			пляж Омега	пляж Уч- куевка
полиэтилен	LDPE, HDPE	пластиковые пакеты, бутылки, трубочки для напитков, сети; упаковки из-под соков и молока	6,25	13,4
полипропилен	PP	пластиковые верёвки, крышечки от бутылок, сети	14,2	16,5
пенопласт	PS	пластмассовая утварь, пищевые контейнеры	40,0	30,2
пенополистирол	XPS	поролон, контейнеры для еды, одноразовые стаканчики	4,2	3,0
поливинилхлорид	PVC	полимерная плёнка, бутылки, одноразовые стаканчики	8,4	17,4
ацетатцеллюлоза	CA	сигаретные фильтры	25	18
неопределённые частицы		–	2,0	1,5

майские пробы. Поэтому, начиная с июня, мы наблюдали меньший, по сравнению с маем, уровень микропластика. Других случаев привоза новых порций песка на исследуемые пляжи за период 2016 – 2017 гг. не наблюдалось.

На пляже Учкуевка, наоборот, выявлен невысокий, но стабильный и последовательный рост среднего уровня микропластикового загрязнения в течение всех месяцев летнего периода с $1,5 \pm 0,029$ единиц·м⁻² в мае до $2,3 \pm 0,045$ единиц·м⁻² в сентябре (табл.1, рис.3, б). В целом, в 2017 г. средние показатели микропластика на Омеге превышали таковые на пляже Учкуевка в 3 раза (табл.2). Если сравнивать средний уровень микропластика на этом пляже в летние периоды 2016 – 2017 гг., то интересно, что в 2017 г. он снизился на 36,5 % (табл.2).

Как уже объяснялось, на пляже Омега ситуация прямо противоположная, т.к. из года в год происходит постепенное накопление микропластика по причине сильной замкнутости бухты Омега.

Возможные источники микропластика. Как уже описывалось выше, основные источники пластика на пляжах – это наземные и из моря. На обоих исследуемых пляжах развит комплекс инфраструктуры, поэтому наземные источники, скорее всего, доминируют. Возможным доказательством этого являются, более низкие средние количественные показатели микропластикового загрязнения в нижней пляжной зоне, чем в средней или верхней зонах. Кроме того, высокие показатели микропластикового загрязнения (до 39 единиц на 1 м²) (табл.1) и его качественный состав в грунте пляжа говорит о низкой культуре отдыхающих, пренебрегающих не только уборкой территории после себя, но и элементарными правилами пожаробезопасности, о чём свидетельствует огромное количество сигаретных фильтров в пробах 2016 – 2017 гг.

Трудности при анализе данных. Для понимания механизмов распределения качественно-количественного состава микропластикового загрязнения в грунтах пляжей необходима не только достоверная оценка уровня его содержания в пробах, но и правильное выявление основных источников пластика. С целью выявления значимости наземных источников пластика требуется производить учёт количества отдыхающих на пляже за отдельный период времени, например, за месяц. Это сделает возможным сравнивать социальную нагрузку на различные пляжи и делать выводы о том, на каком из пляжей более преобладает наземный или морской источник пластика.

К сожалению, учёт такой статистики для нас не был возможен. Для этого было необходимо заказывать дорогостоящее социальное исследование. Поэтому в данной работе мы сравниваем два наиболее популярных среди отдыхающих пляжа, примерно с одинаковой плотностью отдыхающих. Хотя для нашей работы огромный интерес для оценки фонового уровня микропластика представляют и такие зоны рекреации, где наблюдается минимальное количество отдыхающих.

Сложной задачей является также оценка такого качественного показателя, как степень старения (деградации) пластика. К сожалению, очень сложно определить период времени, в продолжение которого происходило разрушение микропластиковых частиц в условиях пляжа. Не всегда высокая степень эрозии говорит о длительном сроке нахождения пластика в грунте. Однако, достоверно оценить степень механической либо другой нагрузки или интенсивность её воздействия имеющимися у нас средствами пока невозможно. Поэтому очень трудно установить основные пути эволюции поколений пластика в рекреационных зонах либо сделать прогноз влияния микропластикового загрязнения на какие-либо конкретные морские экосистемы. А эти задачи представляют для нас особый интерес.

Выводы.

1. Зафиксированы высокие показатели микропластикового загрязнения грунтов исследуемых пляжей в летний период 2016 и 2017 гг.

2. На пляже Омега выявлена тенденция постепенного снижения показателей микропластика в грунте пляжа с мая по сентябрь с заметным повышением в августе, что объясняется, вероятнее всего, существенным повышением количества отдыхающих в этом месяце.

3. На пляже Омега выделены две зоны концентрации микропластика на территории пляжа с существенно отличающимися качественными характеристиками:

- средняя зона – минимальные размеры частиц микропластика наряду с высокой степенью деградиационных процессов;

- нижняя зона (зона заплеска волн) – максимальные размеры частиц микропластика и минимальный уровень эрозии.

4. Установлено, что в верхнем 5-сантиметровом слое грунта пляжа Омега качественные характеристики микропластика распределены неравномерно: минимально эрозированные частицы расположены в нижнем слое 2 см, а максимально деградированные и более мелкие – в верхнем слое 3 см.

5. На пляже Учкучевка распределение качественных характеристик микропластика по глубине в верхнем 5-сантиметровом слое песка практиче-

ски однородно.

6. Сравнение уровней загрязненности микропластиком пляжей Омега и Учкюевка показало более высокий уровень загрязненности пляжа Омега, что, по-видимому, связано с более закрытой акваторией пляжа Омега и затрудненным водообменом.

Работа выполнена в рамках государственного задания ФГБУН ИМБИ Тема 4 «Создание методов и технологий оперативного контроля экологического состояния биоты, оценки и прогноза качества морской среды» (№ 1001-2014-0016).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. СТП ИМБИ_028-2016. Стандарт предприятия ИМБИ 2016 г. Методика анализа мезо- и микропластикового загрязнения морских и прибрежных экосистем: грунтов песчаных и галечных пляжей, различных горизонтов пелагиали, донных субстратов и мягких тканей гидробионтов.– Севастополь, 2016.– 18 с.
2. Barnes D.K.A., Galgani F., Thompson R.C., Barlaz M. Accumulation and fragmentation of plastic in global environments // *Philosophical Transactions of the Royal Society of London.*– 2009.– Series B, 364 (1526).– P.1985-1998.
3. Hanke G., Galgani F., Werner S., Oosterbaan L. et al. MSFD GES technical subgroup on marine litter. Guidance on monitoring of marine litter in European Seas.– Luxembourg: Joint Research Centre-Institute of Environment and Sustainability, Publications office of the European Union, 2013.
4. Imhof H.K., Schmid J., Niessner R., Ivleva N.P., Laforsch C. A novel, highly efficient method for the separation and quantification of plastic particles in sediments of aquatic environments // *Limnology and Oceanology.*–2012.– Methods 10.– P.524-537.
5. Losh S. A proposed method to analyze meso- and microplastic pollution on beaches in Oregon.–OregonStateUniversity, 2015.– 45 p.

Материал поступил в редакцию 05.02.2018 г.
После доработки 02.03.2018 г.

E.N.Sibirtsova

MICROPLASTICS POLLUTION OF SEVASTOPOL BEACHES SEDIMENT DURING THE SUMMER 2016 – 2017

Within the framework of the monthly monitoring the study of qualitative and quantitative composition and distribution of microplastics on the Sevastopol beaches (Omega and Uchkuevka) sediment in the summer (May – September) 2016 – 2017 is conducted. Microplastics pollution monitoring of the Black Sea Crimean coast off-shore zone is carried out for the first time. Microplastics abundance was estimated from surveys on two of popular Sevastopol beaches. The high quantitative indexes of microplastics are educed in soils of the investigated beaches. The highest parameters are registered at Omega beach in May 2017 ($6,9 \pm 0,26$ items·m⁻²) and at Uchkuevka beach in August 2016 ($3,5 \pm 0,088$ items·m⁻²). The average quantitative indexes of microplastic on the beaches of Omega and Uchkuevka during the tourist season (May – September) were at Omega beach: $5,12 \pm 0,138$ items·m⁻² in 2016 and $5,82 \pm 0,15$ items·m⁻² in 2017; at Uchkuevka beach: $3,02 \pm 0,076$ in 2016 and $1,92 \pm 0,048$ in 2017.

The microplastic basic sources are also listed, as well as the difficulties encountered in adapting the methods of the samples selection and analysis are shown.

KEYWORDS: microplastics pollution, beaches debris monitoring, the Black Sea, recreation zones