



Проблема загрязнения и ее решение:

**Глобальная оценка загрязнения морской
среды мусором и пластмассами**



Обоснование и история оценки изложены в приложении 1.

© Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде, 2021

ISBN: 978-92-807-3881-0

Номер работы: DEP/2379/NA

Настоящая публикация может быть полностью или частично воспроизведена в любой форме в образовательных или некоммерческих целях без специального разрешения владельца авторских прав при условии указания источника. Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде будет признательна за предоставление экземпляра любой публикации, в которой настоящая публикация была использована в качестве источника.

Использование настоящей публикации для перепродажи или в каких-либо иных коммерческих целях без предварительного письменного разрешения Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде не допускается. Обращения за таким разрешением с указанием цели и назначения воспроизведения следует направлять Директору отдела информации, Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде, P.O. Box 30552, Nairobi 00100, Kenya.

Заявления об отказе от ответственности

Упоминания коммерческих компаний или продукции в настоящей публикации не подразумевает одобрения со стороны Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде или авторов. Использование содержащейся в настоящей публикации информации для популяризации продукции или в рекламных целях не допускается. Наименования и символика товарных знаков использованы в редакционном плане и не подразумевают нарушения законов о товарных знаках или законов об авторских правах.

Выраженные в настоящей публикации мнения принадлежат авторам и не обязательно отражают точку зрения Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде. Мы сожалеем о любых ошибках или упущениях, которые могли быть допущены непреднамеренно.

© Авторские права на географические карты, фотографии и иллюстрации указываются в подписях к ним

Изображение на обложке © Shutterstock/Nguyen Quang Ngoc Tonkin

Пример оформления библиографической ссылки для цитирования

Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (2021). *«Проблема загрязнения и ее решение:*

Глобальная оценка загрязнения морской среды мусором и пластмассами». Сводный доклад. Найроби.

Производство

Программа Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП) и «ГРИД-Арендал»

При поддержке



ЮНЕП содействует экологически рациональным методам во всем мире и в своей деятельности. Наша политика в области распространения направлена на снижение углеродного следа ЮНЕП.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1 Объем мусора и пластмасс, загрязняющих океан, стремительно растет.

По прогнозам, если не будут приняты конструктивные меры, то к 2040 году объем отходов пластмасс, сбрасываемых в водные экосистемы, увеличится почти в три раза. Масштаб загрязнения и стремительно увеличивающийся объем морского мусора и пластмасс ставят под угрозу здоровое состояние всех океанов и морей мира. Сегодня пластмассы, включая микропластик, встречаются повсюду. Они являются атрибутом «антропоцена» – современной геологической эпохи – и становятся частью палеонтологической летописи Земли. Новая среда обитания морских микроорганизмов – «пластисфера» – получила свое название от пластмасс.

Несмотря на предпринимаемые усилия и действующие инициативы, объем пластмасс в океане, по оценкам, составляет примерно 75-199 млн тонн. Оценки глобального объема отходов пластмасс, ежегодно попадающих в океан из источников на суше, разнятся в зависимости от используемых подходов. По прогнозам, при инерционном сценарии и в отсутствие принятия должных мер объем отходов пластмасс, попадающих в водные экосистемы, может почти утроиться – с 9-14 млн тонн в год в 2016 году до 23-37 млн тонн в год к 2040 году. При использовании другого подхода, по прогнозам, этот объем увеличится примерно вдвое – с 19-23 млн тонн в год в 2016 году до 53 млн тонн в год к 2030 году.

2 Морской мусор и пластмассы представляют серьезную угрозу для всех морских видов, а также оказывают воздействие на климат.

Пластмассы представляют собой самую крупную, самую вредную и самую стойкую фракцию морского мусора, на долю которой приходится не менее 85 процентов от общего объема отходов в морской среде. Они могут приводить к смерти или вызывать смертельные заболевания у китов, тюленей, черепах, птиц и рыб, а также беспозвоночных, таких как двусторчатые моллюски, планктон, черви и кораллы. К последствиям относятся: запутывание, голодная смерть, утопление, разрыв внутренних тканей, удушье, кислородная и солнечная недостаточность, физиологический и токсикологический стресс.

Из-за воздействия на планктон и первичную продукцию в морских, пресноводных и наземных системах пластмассы могут также вносить изменения в глобальный круговорот углерода. Морские экосистемы, особенно мангровые леса, морские травы, кораллы и соленые болота, играют важную роль в поглощении углерода. Чем больший ущерб мы наносим океанам и прибрежным районам, тем сложнее этим экосистемам компенсировать неблагоприятные последствия изменения климата и сохранять устойчивость к ним.

Когда пластмассы распадаются в морской среде, они переносят микропластик, синтетические и целлюлозные микрофибры, токсичные химические вещества, металлы и микрозагрязнители в воды и отложения и в конечном итоге в морские пищевые цепи.

Микропластик является переносчиком патогенных организмов, опасных для человека, рыб и рыбных запасов в объектах аквакультуры. Когда микропластик попадает в организм, он может вызывать изменения в экспрессии генов и белков, воспаление, нарушение пищевого поведения, снижение роста, изменения в развитии мозга, замедление фильтрации и дыхания. Они могут нарушать репродуктивный цикл и выживаемость морских организмов и подрывать способность ключевых видов и экологических «инженеров» образовывать рифы или отложения, подвергшиеся биотурбации.

3 Здоровье и благополучие человека находятся под угрозой.

Угроза здоровью и благополучию человека возникает в результате открытого сжигания отходов пластмасс, употребления в пищу морепродуктов, загрязненных пластмассами, воздействия патогенных бактерий, переносимых на пластмассах, и выщелачивания в прибрежные воды веществ, представляющих опасность. Высвобождение химических веществ, связанных с пластмассами, в результате выщелачивания в морскую среду привлекает все больше внимания, поскольку некоторые из этих веществ вызывают беспокойство или обладают нарушающими работу эндокринной системы свойствами.

Микропластик может попадать в организм человека при вдыхании и через кожу и накапливаться в органах, включая



плаценту. Попадание микропластиков в организм человека в результате употребления морепродуктов, вероятно, представляет серьезную угрозу для населения прибрежных районов и коренных общин, для которых морские виды являются основным источником пищи. Связь между воздействием химических веществ, имеющим отношение к пластмассам в морской среде, и здоровьем человека не установлена. Однако некоторые из этих химических веществ вызывают серьезные последствия для здоровья, особенно женщин.

Пластмассы, попадающие в морскую среду, оказывают масштабное воздействие на общество и благополучие человека. Из-за них люди могут отказываться от посещения пляжей и морских побережий, физической активности, социального взаимодействия, улучшения общего физического и психического состояния и связанных с ними преимуществ. Осознание того, что «харизматичные» морские животные, такие как морские черепахи, киты, дельфины и многие морские птицы, находятся под угрозой, может повлиять на психическое здоровье людей. Для определенных общин эти животные представляют культурную ценность. В средствах массовой информации часто публикуются снимки или описание китов и морских птиц, чьи желудки заполнены фрагментами пластмасс, что может вызывать сильную эмоциональную реакцию у людей.

4 Существуют скрытые издержки для мировой экономики.

Морской мусор и пластмассы представляют серьезную угрозу для средств к существованию населения прибрежных районов, а также для судоходства и портовых операций. Экономические издержки, связанные с загрязнением океана пластмассами и последствиями для туризма, рыболовства и аквакультуры, а также другие затраты, например на мероприятия по очистке, в 2018 году в глобальном масштабе оценивались, по меньшей мере, в 6-19 млрд долл. США. Если правительства потребуют от предприятий компенсировать затраты на обращение с отходами, то, по прогнозам, при ожидаемых объемах сбрасываемых в океаны отходов и их утилизируемости ежегодный финансовый риск для них может составить 100 млрд долл. США к 2040 году. Для сравнения, мировой оборот рынка пластмасс в 2020 году оценивался примерно в 580 млрд долл. США, в то время как утрата морского природного капитала в денежном выражении оценивается в 2500 млрд долл. США в год.

5 Морской мусор и пластмассы являются факторами увеличения угрозы.

Ввиду многочисленных рисков с «эффектом домино», вызванных пластмассами в морской среде, они становятся факторами увеличения угрозы. В совокупности с другими факторами, вызывающими стресс, такими как изменение климата и чрезмерная эксплуатация морских ресурсов, они наносят гораздо больший ущерб, чем самостоятельно. Изменение среды обитания в ключевых прибрежных экосистемах по причине прямого воздействия морского мусора и пластмасс влияет на местное производство продуктов питания и повреждает прибрежные сооружения, что приводит к широкомасштабным и непредсказуемым последствиям, включая снижение жизнестойкости к экстремальным погодным явлениям и изменение климата в прибрежных районах. Поэтому риски, связанные с морским мусором и пластмассами, необходимо оценивать в совокупности с другими рисками.

6 Основные источники морского мусора и пластмасс находятся на суше.

Примерно 7000 млн тонн из около 9200 млн тонн общего объема пластмасс, произведенных в период с 1950 по 2017 год, превратились в отходы пластмасс, три четверти которых были выброшены и поступили на полигоны захоронения, стали частью

неконтролируемых и нерегулируемых потоков отходов, были сброшены или оставлены и попали в окружающую среду, в том числе в море. Микропластики пластмасс могут попадать в океаны из-за распада более крупных изделий из пластмассы, посредством свалочного фильтрата, осадка из систем очистки сточных вод, переносимых по воздуху частиц (например, в результате износа шин и других изделий, содержащих пластмассы), стоков с сельскохозяйственных площадей, разрушения судов и случайных потерь грузов в море. Экстремальные природные явления, например наводнения, ураганы и цунами, могут смывать большое количество мусора в океаны из прибрежных районов и мест скопления мусора с берегов и устьев рек и береговых линий. Учитывая, что совокупный объем мирового производства пластмасс за период с 1950 по 2050 год, по прогнозам, достигнет 34 000 млн тонн, необходимо срочно сократить объем мирового производства пластмасс и поступления их отходов в окружающую среду.

7 Перемещение и накопление морского мусора и пластмасс продолжается десятилетиями.

Перемещение морского мусора и пластмасс с берега в море и наоборот происходит из-за океанических приливов и отливов, течений, волн и ветра, при этом плавающие на поверхности пластмассы скапливаются в районе замкнутых круговых течений океана, а тонущие предметы скапливаются в глубоководных районах, дельтах рек, мангровых зарослях и на грязевых отмелях. Между потерями на суше и накоплением в морской среде и глубоководных отложениях может проходить много времени. Более половины объема пластмасс, обнаруженных в некоторых замкнутых круговых течениях, было произведено в 1990-х годах и ранее.

В настоящее время растет число «горячих точек», подверженных риску долгосрочных и крупномасштабных последствий для функционирования экосистем и здоровья человека. Средиземное море – из-за его замкнутого характера скапливаются большие объемы мусора, который представляет опасность для миллионов людей; Северный Ледовитый океан – из-за попадания пластмасс в морские пищевые цепи может быть нанесен ущерб его первозданной природе и причинен вред уникальным видам и коренным народам; регион Восточной и Юго-Восточной Азии – значительные объемы нерегулируемых отходов расположены вблизи от густонаселенных районов, жители которых в значительной мере зависят от океана.

8 Технический прогресс и развитие гражданской науки способствуют обнаружению морского мусора и отходов пластмасс, но исследования проводятся нерегулярно.

Отмечается значительный прогресс в области эффективных и доступных систем глобального наблюдения и съемки, а также протоколов обнаружения и определения количества мусора и микропластиков в физических и биотических образцах. Тем не менее, ученые продолжают выражать обеспокоенность в связи с нерепрезентативным характером выборок при определении абсолютных объемов микропластиков пластмасс, обнаруженных в различных местах обитания, ввиду высокой изменчивости физических и химических свойств и необходимости большей согласованности между различными платформами и инструментами для отбора проб и наблюдения. В настоящее время существует 15 основных программ оперативного мониторинга, связанных с координацией деятельности в области морского мусора, системами сбора данных и крупномасштабными инициативами по созданию хранилищ данных и порталов, однако данные и информация из этих источников в основном не связаны между собой. Наряду с этими программами существуют процессы разработки показателей и мероприятия по сбору исходных данных, поддержку которым оказывает все большее число сетей,



© Shutterstock/AlenaPaulus

проектов гражданской науки и процессов с широким участием во всем мире.

9 Менее 10 процентов пластмасс утилизируются, а объемы выбросов парниковых газов, связанных с пластмассами, значительны, хотя появляются определенные решения.

За последние сорок лет мировое производство пластмасс увеличилось более чем в четыре раза, а оборот мирового рынка пластмасс в 2020 году оценивался примерно в 580 млрд долл. США. В то же время, согласно оценкам, при инерционном сценарии глобальные затраты на обращение с твердыми коммунально-бытовыми отходами вырастут с 38 млрд долл. США в 2019 году до 61 млрд долл. США в 2040 году. Выбросы парниковых газов в результате производства, утилизации и удаления пластмасс, произведенных из ископаемого топлива, по прогнозам, увеличатся примерно до 2,1 гигатонн эквивалента углекислого газа к 2040 году, что составляет 19 процентов от глобального бюджета углерода. Согласно другому подходу, объем выбросов парниковых газов, связанных с пластмассами, в 2015 году оценивался в 1,7 гигатонн эквивалента углекислого газа и, по прогнозам, к 2050 году он увеличится примерно до 6,5 гигатонн эквивалента углекислого газа, что составляет 15 процентов от глобального углеродного бюджета.

Основной проблемой является низкий уровень утилизации пластмасс, который в настоящее время составляет менее 10 процентов. Миллионы тонн отходов пластмасс безвозвратно поступают в окружающую среду, а иногда транспортируются за тысячи километров в места, где их обычно сжигают или сбрасывают. По оценкам, ежегодные убытки, связанные с одними только отходами упаковочных материалов, составляют 80-120 млрд долл. США. Пластмассы с маркировкой «биоразлагаемые» представляют собой еще одну проблему, поскольку для их разложения в океане могут потребоваться годы, и их отходы могут представлять такие же риски для людей, биоразнообразия и функционирования экосистем, как и обыкновенные пластмассы.

Не существует единого универсального решения, которое бы позволило сократить объемы пластмасс, поступающих в океаны. Необходимо принятие множественных взаимоусиливающих системных мер как на ранних, так и на поздних этапах производства и использования пластмасс. Такие меры уже принимаются. К ним относятся: меры по обеспечению многооборотного использования пластмасс; поэтапный

отказ от различных одноразовых изделий из пластмасс; фискальные рычаги, такие как налоги, сборы и платежи; системы возврата залога; системы расширенной ответственности производителей; системы платных разрешений; прекращение субсидирования производств, причиняющих ущерб окружающей среде; инновации в области «зеленой» химии в интересах создания более безопасных альтернативных полимеров; инициативы по изменению привычек потребителей; сокращение объемов производства первичных пластмасс с помощью таких экологических разработок и моделей обслуживания, которые позволяют использовать продукцию повторно.

10 Прогресс отмечается на всех уровнях, и ожидается принятие потенциального глобального договора.

Растущее число мероприятий на глобальном, региональном и национальном уровнях способствуют мобилизации мирового сообщества с целью окончательного разрешения проблемы загрязнения морской среды мусором и пластмассами.

Города, муниципалитеты и крупные предприятия сокращают объем поставляемых на полигоны захоронения отходов; под влиянием растущего общественного давления внедряется все больше мер регулирования; наблюдается всплеск деятельности активистов на местном уровне и органов местного самоуправления, включая вывоз мусора, утилизацию пластмасс и коллективные уборки. Однако текущее положение дел представляет собой совокупность крайне разнообразных хозяйственных методов, национальных нормативных и добровольных механизмов.

В настоящее время имеется ряд международных обязательств по сокращению объемов морского мусора и отходов пластмасс, в частности поступающих из источников на суше, а также несколько применимых международных соглашений и документов, имеющих рекомендательный характер, касающихся торговли пластмассами или сокращения воздействия на морскую флору и фауну. Однако ни один из международных документов, принятых с 2000 года, не предусматривает глобальной, обязательной, конкретной и измеримой задачи по сокращению загрязнения пластмассами. В связи с этим многие правительства, а также коммерческие субъекты и гражданское общество призывают к принятию глобального документа, регулирующего загрязнение морской среды мусором и пластмассами.

ВВЕДЕНИЕ

Морской мусор и пластмассы накапливаются в Мировом океане беспрецедентными темпами. Объем пластмасс, содержащихся в океанах в настоящее время, оценивается в 75-199 млн тонн¹ (Jang et al. 2015; Ocean Conservancy and McKinsey Centre for Business and Environment 2015; Law 2017; IRP 2019; Lebreton et al. 2019; Borrelle et al. 2020; Lau et al. 2020; The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020). Отходы пластмасс встречаются в морских донных отложениях, на пляжах и во многих других местах по всему миру. Таким образом, отходы пластмасс становятся частью палеонтологической летописи Земли и являются атрибутом «антропоцена» – современной геологической эпохи. Новая среда обитания морских микроорганизмов получила название «пластисфера» (Amaral-Zettler et al. 2020).

Мусор попадает в океаны прямыми и косвенными путями, в том числе с суши, из рек и атмосферы. В основном пластмассы попадают в океан из следующих источников: нерегулируемые поступления отходов с суши, отток очищенных и неочищенных сточных вод, износ изделий из пластмасс, включая текстиль и автомобильные шины, стоки с суши, поступление пластмасс, используемых в сельском хозяйстве, и прямое загрязнение объектами морской отрасли (Geyer 2020).

Морской мусор, включая пластмассы и микрочастицы пластмасс, оказывает пагубное воздействие на морские виды и экосистемы. Кроме того, микрочастицы пластмасс в этих экосистемах представляют потенциальный риск для здоровья человека, например, при потреблении морепродуктов. В зависимости от типа, размера и места нахождения морской мусор и пластмассы могут становиться причиной смерти или вызвать смертельные заболевания у морских видов в результате запутывания, удушья, проглатывания и воздействия химических веществ, связанных с пластмассами (Aliani and Molcard 2003; Rochman et al. 2016; Alomar and Deudero 2017; Franco-Trecu et al. 2017; Lusher et al. 2017a; Reinert et al. 2017; Anbumani and Kakkar 2018; Fossi et al. 2018; Thiel et al. 2018; Alimba and Faggio 2019; Bucci et al. 2019; Windsor et al. 2019; Woods et al. 2019). Имеются доказательства того, что плавающие пластмассы могут переносить химические вещества и патогенные бактерии в прибрежные районы, где они представляют опасность как для экосистем, так и для здоровья человека (Rech et al. 2016; Turner 2016; Besseling et al. 2019; Guo and Wang 2019; Yu et al. 2019).

Фрагменты пластмасс – это тип отходов пластмасс, наиболее часто встречающийся в прибрежных районах. Микрочастицы пластмасс, которые образуются в основном в результате фрагментации макрочастиц пластмасс, распространены в морской среде повсеместно. Микрочастицы пластмасс могут нарушать репродуктивный цикл и выживаемость морских организмов и подрывать способность ключевых видов и экологических «инженеров» образовывать рифы или осуществлять биотурбацию отложений (Sussarellu et al. 2016; Green et al. 2017; Beckwith and Fuentes 2018; Bradney et al. 2019; Green et al. 2019; Reichert et al. 2019; Renzi et al. 2019; Saliu et al. 2019; Maes et al. 2020). Имеются свидетельства того, что пластмассы способны вносить изменения в круговорот углерода, тем самым способствуя изменению климата, например, посредством влияния на первичную продукцию в морских, пресноводных и

наземных системах (Green et al. 2017; Beckwith and Fuentes 2018; Bradney et al. 2019; Green et al. 2019; Reichert et al. 2019; Renzi et al. 2019; Saliu et al. 2019).

Эффективное решение проблемы загрязнения морской среды мусором и пластмассами требует широкого спектра мер, распространяющихся на их производство, регулирование и удаление; предотвращение утечек отходов из источников на суше и в море; принятие мер, регулирующих общий объем производства пластмасс и их химический состав. Пластмассы являются одним из самых универсальных материалов из когда-либо созданных. Они изменили глобальную экономику и жизни миллиардов людей. Однако их использование сопряжено со значительными экологическими и социальными издержками. Ежегодные экономические издержки, связанные с загрязнением океана пластмассами и последствиями этого для туризма, рыболовства и аквакультуры, а также другие затраты, в том числе на мероприятия по очистке, в глобальном масштабе оцениваются, по меньшей мере, в 6-19 млрд долл. США в год (Deloitte 2019). Если правительства потребуют от предприятий компенсировать затраты на обращение с отходами, то, по прогнозам, при ожидаемых объемах отходов и их утилизируемости ежегодный финансовый риск для предприятий может составить 100 млрд долл. США к 2040 году (The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020). Согласно прогнозам, совокупный объем мирового производства пластмасс с 1950 года вырастет с 9,2 млрд тонн в 2017 году до 34 млрд тонн к 2050 году (Geyer 2020) (рис. 1). В связи с этим необходимо срочно сократить объем производства первичных пластмасс, уменьшить объемы неконтролируемых или нерегулируемых отходов, поступающих в океаны, и повысить уровень утилизации отходов пластмасс, который в настоящее время составляет менее 10 процентов (Andrades et al. 2018; Boucher and Billard 2019; Geyer 2020). При производстве пластмасс выбрасываются значительные объемы парниковых газов (ПГ) (Shen et al. 2020), которые усугубляют последствия изменения климата (The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020).

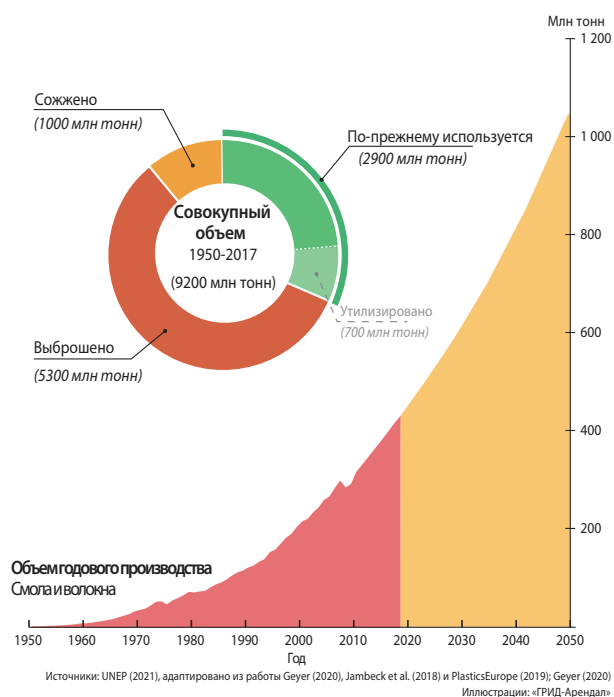


Рис. 1: Мировое производство пластмасс, накопление и будущие тенденции

¹ В настоящем докладе «тонна» означает 1000 кг.

ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ И ЗДОРОВЬЕ И СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Воздействие на окружающую среду

Загрязнение морской среды мусором и пластмассами препятствует здоровому функционированию океанов. С момента публикации в 2016 году доклада ЮНЕП «Лом и микропластики в морской среде: глобальные уроки и исследования, побуждающие к действиям и направляющие изменение политики» были проведены новые достоверные исследования, результаты которых показали, какой масштабный ущерб наносит морской мусор, в частности пластмассы и продукты их распада, морским видам и функционированию экосистем, а также какие потенциальные риски они несут для здоровья человека (рис. 2).

Их проглатывание китами, тюленями, черепахами, птицами и рыбой может приводить к смерти или вызывать смертельные заболевания, в том числе голодную смерть, разрыв внутренних тканей, удушье обитателей коралловых рифов из-за кислородной и солнечной недостаточности; утолщение черепах, птиц и млекопитающих в результате запутывания в брошенных рыболовных снастях и полимерной упаковке; физиологический

и токсикологический стресс в результате проглатывания микропластиков планктоном, моллюсками, рыбой и морскими червями – все они играют важнейшую роль в функционировании экосистем (Browne et al. 2008; Carson et al. 2013; Wright et al. 2013a, b; Adimey et al. 2014; Hämer et al. 2014; Rochman et al. 2014; Au et al. 2015; Brennecke et al. 2015; Desforges et al. 2015; Wilcox et al. 2015; Holland et al. 2016; Green et al. 2017; Lusher et al. 2017a; Anbumani and Kakkar 2018; Duncan et al. 2018a; Duncan et al. 2018b; Hallanger and Gabrielsen 2018; McNeish et al. 2018; Reynolds and Ryan 2018; Arias et al. 2019; Battisti et al. 2019; Donohue et al. 2019; Nelms et al. 2019a; Sun et al. 2019; Landrigan et al. 2020; Vethaak and Legler 2021).

Когда пластмассы распадаются в морской среде, микропластики, токсичные химические вещества и металлы попадают в открытое водное пространство и в конечном итоге в отложения, где они могут ассимилироваться в морских пищевых цепях (Arthur et al. 2009; Ashton et al. 2010; Mattsson et al. 2015; Haward 2018; Karlsson et al. 2018; UNEP 2018a). Последствия и причинно-следственные механизмы вреда, наносимого микропластиками, в природных условиях изучаются непоследовательно.

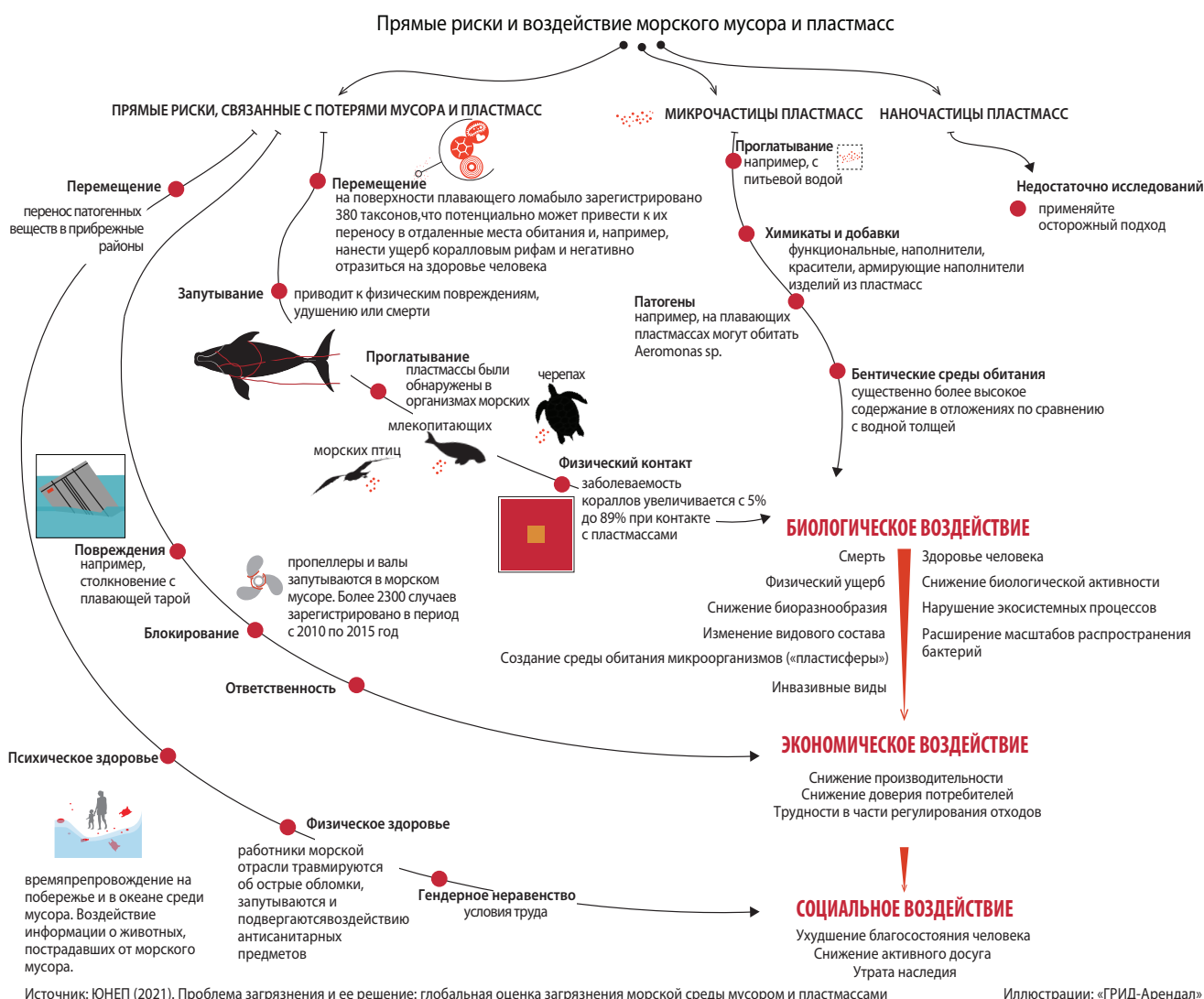


Рис. 2: Прямые риски и воздействие морского мусора и пластмасс

Однако в лабораторных условиях было выявлено, что они вызывают изменения в экспрессии генов и белка, воспаление, нарушение пищевого поведения, снижение роста и репродуктивного цикла, изменения в развитии мозга, замедление фильтрации и дыхания, а также ряд заболеваний, приводящих к снижению выживаемости (von Moos 2012; Au et al. 2015; Cole et al. 2015; Nobre et al. 2015; Paul-Pont et al. 2016; Sussarellu et al. 2016; Cui et al. 2017; Lusher et al. 2017a; Anbumani and Kakkar 2018; Arthur et al. 2019; Bradney et al. 2019; Green et al. 2019; SAPEA 2019; European Union 2019a; Jacob et al. 2020; Lindeque et al. 2020; Peng, L. et al. 2020; de Ruijter et al. 2020; Silva et al. 2020; Xu et al. 2020).

Микрочастицы пластмасс также могут вносить физические изменения в окружающую среду, например, на пляжах, где они могут стать причиной колебаний температуры, что, в свою очередь, может повлиять на детерминацию пола в яйцах морских черепах, зарытых в песок (Carson et al. 2011; Beckwith and Fuentes 2018).

Микрочастицы пластмасс могут быть переносчиками патогенных организмов, опасных как для морских видов, так и для здоровья человека (например, *Vibrio sp.* – бактерии, вызывающие холеру, и *Aeromonas salmonicida* – бактерии, вызывающие фурункулез и септицемию у лососевых рыб), и создавать условия для переноса плазмид в сообществах бактерий и для усиленного горизонтального переноса генов, кодирующих антимикробную резистентность (Kirstein et al. 2016; Viršek et al. 2017; Huang et al. 2019; Arias-Andres et al. 2018; Yang et al. 2019; Goel et al. 2021). Ввиду постоянно уменьшающегося размера микрочастиц пластмасс, они группируются в обширные площади, на поверхности которых могут образовываться «пластисферные» микробные сообщества и биопленки.

Высвобождение химических веществ, связанных с пластмассами, в результате выщелачивания в морскую среду или попадания в ткани морских организмов после их переваривания привлекает все больше внимания, поскольку некоторые из этих химических веществ, такие как бисфенол А, обладают нарушающими эндокринную систему свойствами, а некоторые признаются веществами, вызывающими озабоченность (e.g. UNEP/IPCP 2016; Hermabessiere et al. 2017; Hong et al. 2017a; M'Rabat et al. 2018; Groh et al. 2019; Guo and Wang 2019; Flaws et al. 2020; Thaysen et al. 2020; UNEP 2020d). Было установлено, что микрочастицы пластмасс поглощают стойкие органические загрязнители (СОЗ), а также металлические микроэлементы (Anbumani and Kakkar

2018; Camacho et al. 2019; Guo and Wang 2019; Fred-Ahmadu et al. 2020; Pozo et al. 2020). Естественные отложения и органические вещества также обладают способностью адсорбировать гидрофобные органические химические вещества (Koelmans et al. 2016; Prata et al. 2020a).

Степень загрязнения и скорость переноса химических веществ с поверхности микрочастиц пластмасс в морские воды и ткани морских организмов в значительной степени зависят от химических и физических условий, таких как природа и прочность химических связей между химическими веществами и полимерами, уровень pH, температура, давление, биологическое обрастание, наличие поверхностно-активных веществ, объемы различных типов проглоченных полимеров, а также концентрация и время нахождения в кишечнике (Gouin et al. 2011; Koelmans et al. 2014; Bakir et al. 2016; Herzke et al. 2016; Koelmans et al. 2016; Rummel et al. 2016; Anbumani and Kakkar 2018; De Frond et al. 2019; Koelmans et al. 2019; UNEP 2020d).

К другим продуктам распада пластмасс в океане относятся целлюлозные и синтетические микроволокна и наночастицы пластмасс (Boucher and Friot 2017; Belzagui et al. 2019), которые поступают непосредственно из потоков отходов, стоков с сельскохозяйственных площадей, сточных вод, сбрасываемых с очистных сооружений, в которых могут содержаться микроволокна синтетического текстиля, образующиеся после стирки, а также частицы пластмасс, образующиеся в океанах в результате фрагментации и физического истирания. Хотя синтетические микроволокна и наночастицы пластмасс накапливаются в осадочных отложениях, где они могут сохраняться в течение многих лет, большая часть волокон в океанах и отложениях состоит из натуральных полимеров, которые в конечном итоге разрушаются (Obbard et al. 2014; Remy et al. 2015; Woodall et al. 2015; Taylor et al. 2016; Welden and Cowie 2016; Avio et al. 2017; Bagaev et al. 2017; Dris et al. 2017; Miller et al. 2017; Sanchez-Vidal et al. 2018; Windsor et al. 2018; Henry et al. 2019; Primpke et al. 2019; Song et al. 2018; Ronda et al. 2019; Stanton et al. 2019b; Zambrano et al. 2019; Harris 2020; Suaria et al. 2020).

Быстро развивающаяся область исследований касается биоразлагаемых и произведенных из биомассы пластмасс, их воздействия на организмы и окружающую среду, а также промышленной маркировки и сертификации. Результаты исследований в природных условиях показали, что когда эти пластмассы находятся вне промышленных или контролируемых условий компостирования, некоторые из них могут оставаться

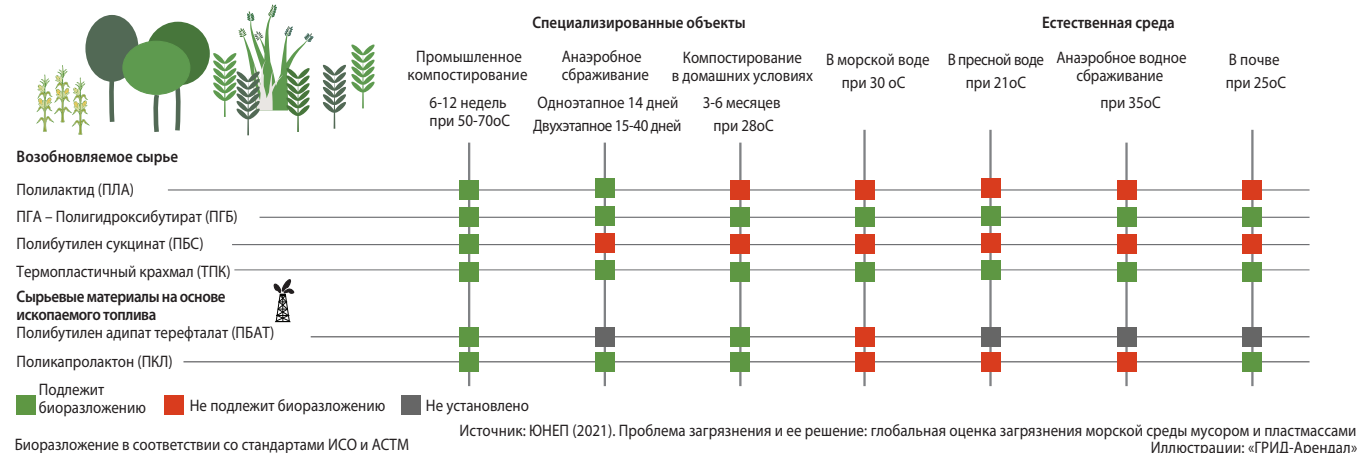
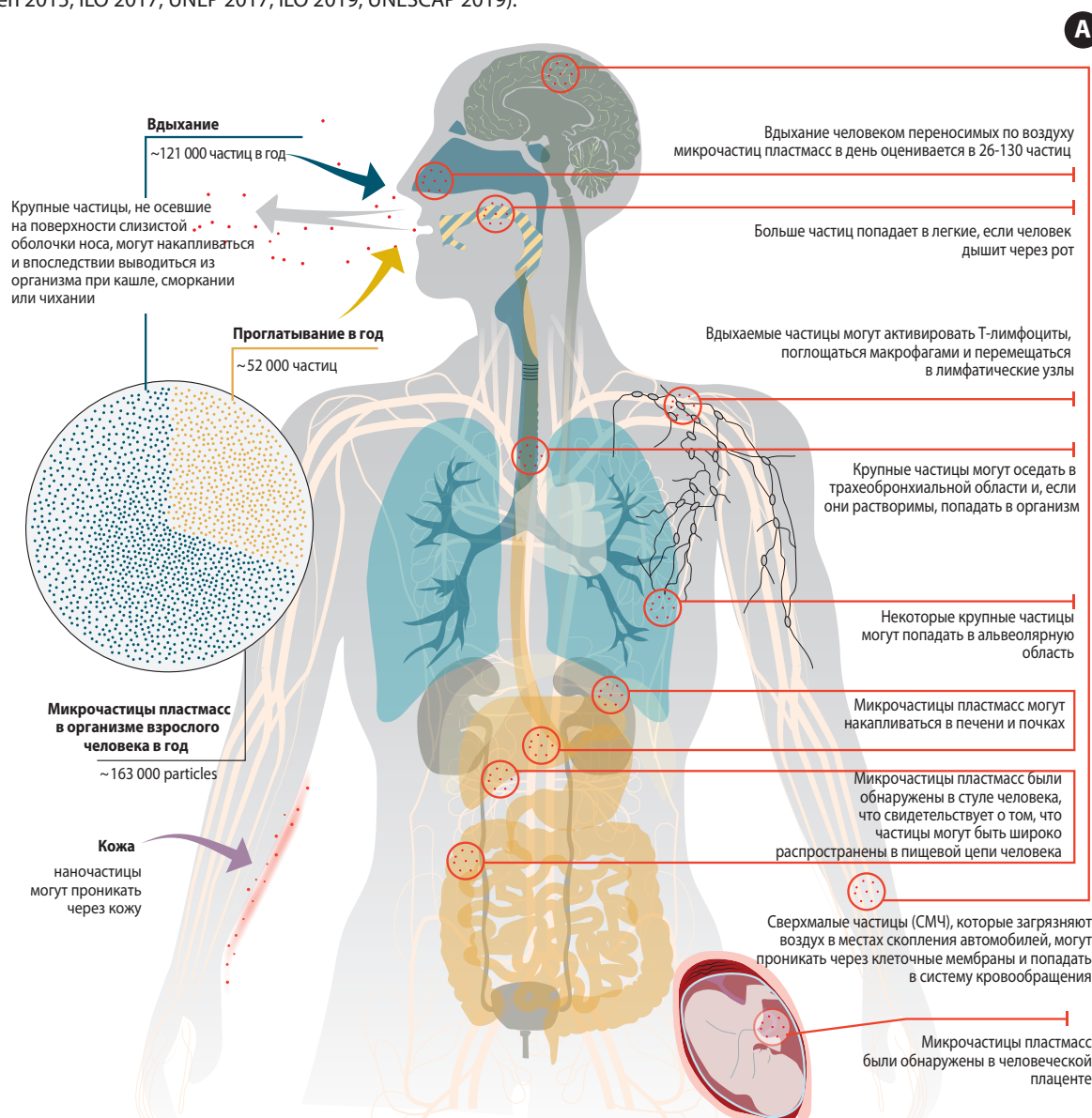


Рис. 3: Пластмассы, изготавливаемые на основе биоматериалов, и их биоразложение

в неизменном виде в течение многих лет после попадания в морскую среду, не проявляя никаких признаков биоразложения (O’Brine and Thompson 2010; Alvarez-Zeferino et al. 2015; Green et al. 2015; Narancic et al. 2018; UNEP 2018a; Napper and Thompson 2019) (рис. 3). Поэтому в окружающей среде эти виды пластмасс, вероятнее всего, представляют такие же риски, как и обыкновенные пластмассы (Alvarez-Zeferino et al. 2015; Green 2016; Green et al. 2016; Green et al. 2017; Green et al. 2019; Napper and Thompson 2019; Zimmermann et al. 2020; UNEP 2021).

Воздействие на здоровье человека

Воздействие морского мусора и пластмасс на здоровье человека в основном связано с ненадлежащим обращением с отходами, в частности на суше; употреблением в пищу загрязненных морепродуктов; воздействием патогенных бактерий и веществ, вызывающих беспокойство, которые переносятся в прибрежные воды плавающими пластмассами (Landrigan et al. 2020). Воздействие токсичных испарений и канцерогенных химических веществ, образующихся в результате ненадлежащего сжигания пластмасс на открытой местности, считается серьезным риском для здоровья, сопряженным с общеизвестными гендерно-дифференцированными последствиями для работников сферы обращения с отходами в неформальном секторе (van den Bergh and Botzen 2015; ILO 2017; UNEP 2017; ILO 2019; UNESCAP 2019).

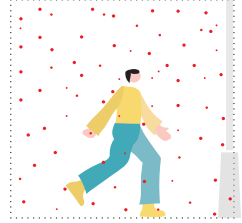


Источник: ЮНЕП (2021). Проблема загрязнения и ее решение: глобальная оценка загрязнения морской среды мусором и пластмассами. Иллюстрации: «ГРИД-Арендал» / «Студио Атлантис»

Рис. 4-А: Воздействие микрочастиц и наночастиц пластмасс на человека

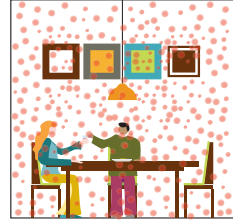
Микрочастицы пластмасс в воздухе
на 50 кубических метрах

На открытом воздухе



75 частиц*

В помещении Жилая комната



3000 частиц*

Непреднамеренно добавленные вещества

например утилизированные пластмассы, пищевая упаковка

Адсорбция загрязняющих веществ микрочастицами пластмасс

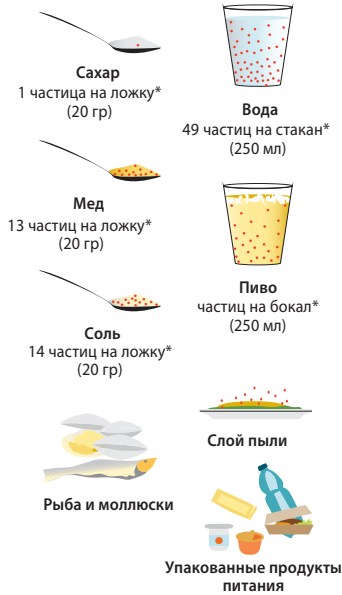
К загрязняющим веществам относятся опасные химические вещества, антибиотики и тяжелые металлы

Патогены были обнаружены на плавающих пластмассах

Vibrio spp. – известный род бактерий, содержащий штаммы, патогенные для человека и животных (например, холеру)



Микрочастицы пластмасс в пище



Воздействие токсичных добавок



Основные категории добавок пластмасс

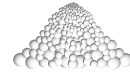
Функциональные добавки

Стабилизаторы, антистатик, огнезащитные добавки, пластификаторы, смазывающие вещества, противоскользящие вещества, отвердители, вспениватели, биоциды и т.д.



Наполнители

Слюда, тальк, каолин, глина, карбонат кальция, сульфат бария и т.д.



Красители

Пигменты, растворимые азокрасители и т.д.



Армирующие наполнители

Стекловолокна, углеродные волокна и т.д.



*Максимальное значение

Источник: ЮНЕП (2021). Проблема загрязнения и ее решение: глобальная оценка загрязнения морской среды мусором и пластмассами

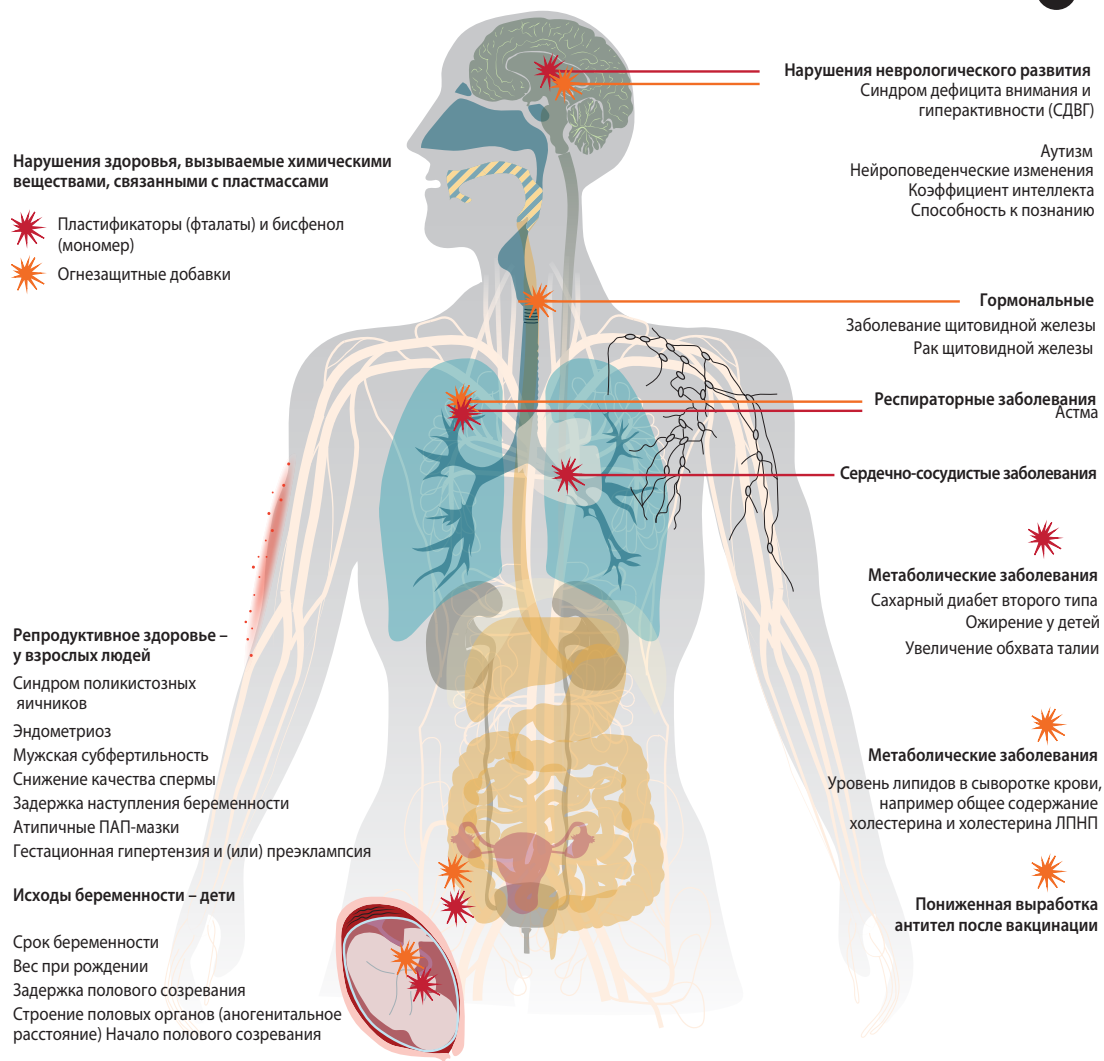
Иллюстрации: «ГРИД-Арендал» / «Студио Атлантик»

Рис. 4-В: Воздействие на человека частиц пластмасс и связанных с ними химических веществ



© Shutterstock/pcess609

Микрочастицы и наночастицы пластмасс представляют потенциальную угрозу для здоровья человека в целом. Данные клинических исследований показывают, что они могут проникать в организм человека через органы пищеварения и дыхания и через кожу и накапливаться в органах, включая плаценту (Wright and Kelly 2017; Cox et al. 2019; Koelmans et al. 2019; WHO 2019, Landrigan et al. 2020) (рис. 4). Несмотря на то, что связь между употреблением в пищу морепродуктов и общим уровнем воздействия пластмасс в морской среде, с одной стороны, и последствиями для здоровья, с другой стороны, по-прежнему не установлена, имеются существенные доказательства того, что химические вещества, связанные с пластмассами, такие как метилртуть, пластификаторы и антипирены, могут проникать в организм человека по указанным путям и вызывать серьезные последствия для здоровья, особенно у женщин и населения определенных прибрежных районов, где морские виды являются основным источником пищи (Dehaut et al. 2016; Wright and Kelly 2017; Koelmans et al. 2019; WHO 2019; Adyel 2020; Kögel et al. 2020; Prata et al. 2020; Landrigan et al. 2020; Tekman et al. 2020).



Иллюстрации: «ГРИД-Арендал» / «Студио Атлантик»

Источник: ЮНЕП (2021). Проблема загрязнения и ее решение: глобальная оценка загрязнения морской среды мусором и пластмассами

Рис. 4-С: Воздействие химических веществ, связанных с пластмассами, на здоровье человека

Социально-экономические последствия

Исследования воздействия морского мусора и пластмасс на судоходство, портовые операции, рыболовство и аквакультуру указывают на то, что они приводят к повреждению судов в результате столкновений и запутывания винтов и представляют опасность для мореплавания (Jeffrey et al. 2016; Hong et al. 2017b); препятствуют осуществлению портовых операций (IMarEST 2019); снижают эффективность и производительность коммерческого рыболовства и аквакультуры из-за физического запутывания и повреждений (Richardson et al. 2019; Deshpande et al. 2020); представляют прямые риски для запасов рыб и аквакультуры (Lusher et al. 2017a); могут оказывать масштабное воздействие, например, на визуальное и эстетическое восприятие пляжей туристами и отдыхающими (Munari et al. 2015; Pasternak et al. 2017; UNEP 2017; Petrolia et al. 2019; Williams and Rangel-Buitrago 2019).

По оценкам, ежегодные издержки, связанные с загрязнением морской среды пластмассами, в частности с последствиями для туризма, рыболовства и аквакультуры, и расходы на мероприятия по очистке составляют 6-19 млрд долл. США (Deloitte 2019) – лишь малую долю мирового рынка пластмасс, оборот которого в 2020 году превысил 579 млрд долл. США (Statista 2021a). Ввиду недостаточного количества имеющихся исследований эти затраты не учитывают издержки для здоровья человека или функционирования морских экосистем.

Отсутствие всеобъемлющих данных обо всех экономических затратах, связанных с морским мусором и пластмассами, является распространенной проблемой (Newman et al. 2015; UNEP 2017; Gattringer 2018).

В целом необходимо рассматривать четыре вида экономических затрат: фактические расходы на предотвращение или компенсацию ущерба, причиненного морским мусором и пластмассами; снижение объема производства или сокращение доходов; утрата пластмасс как ценного материала, изъятого из производства; издержки, связанные с благосостоянием, включая последствия для здоровья человека и утрату экосистемных услуг. Большинство опубликованных результатов исследований посвящены экономическому ущербу или прямым убыткам на региональном, национальном и местном уровнях, а также корректировке цен, требуемой для учета социальных издержек, связанных с пластмассами (Hall 2000; Ferreira et al. 2007; MacFadyen 2009; Mouat et al. 2010; McIlgorm et al. 2011; Jang et al. 2014; Oosterhuis et al. 2014; Newman et al. 2015; Krelling et al. 2017; Gattringer 2018; Leggett et al. 2018; Dalberg Advisors, WWF Mediterranean Marine Initiative 2019; Qiang et al. 2020).

В некоторых исследованиях рассматриваются нерыночные и нематериальные экологические и социальные издержки, связанные с морским мусором и пластмассами. Например, в Таиланде в прибрежной

рыбачьей общине на побережье Андаманского моря «увеличение объема мусора в океане» было признано наиболее насущным фактором экологического стресса (Lynn et al. 2017). К другим косвенным измерениям относятся сэкономленные расходы, связанные с самоорганизованным сбором мусора; например, в 2016 году благодаря самоорганизованным мероприятиям по сбору мусора, по оценкам, во всем мире удалось собрать 55-64 процента пластмасс для последующей утилизации (Lau et al. 2020). Однако во многих странах отсутствуют данные об экономических издержках, связанных с морским мусором, включая пластмассы (Janssen et al. 2014; Jambeck et al. 2018).

Все больше исследователей изучают этот вопрос в региональном масштабе. В Средиземном море, признанном одним из морей, наиболее пострадавших от морского мусора и пластмасс (Eriksen et al. 2014; Cózar et al. 2015; UNEP/MAP 2015; Suaria et al. 2016; UNEP/MAP 2017; Campanale et al. 2019; Constantino et al. 2019; Dalberg Advisors, WWF Mediterranean Marine Initiative 2019; Fossi et al. 2020), ежегодные издержки для трех основных хозяйственных отраслей вместе взятых (рыболовство и аквакультура, судоходство, туризм) составляют около 696 млн долл. США, причем в одной только рыболовной отрасли издержки составляют около 150 млн долл. в США в год (Dalberg Advisors, WWF Mediterranean Marine Initiative 2019). Данные расчеты не учитывают сокращение дохода или ущерб экосистемным услугам, вызванные пластмассами.

В странах Азиатско-Тихоокеанского экономического сотрудничества (АТЭС) в 2008 году предполагаемые годовые экономические издержки, связанные с морским мусором, составили 1,26 млрд долл. США (McIlgorm et al. 2008; McIlgorm et al. 2011), а в 2015 году они выросли до 10,8 млрд долл. США (Asia-Pacific Economic Cooperation 2017; McIlgorm et al. 2020). Данные показатели для Азиатско-Тихоокеанского региона отражают рост мирового производства пластмасс. По оценкам компании Statista (2021b), совокупный объем мирового производства пластмасс в 2017 году составил 8,3 млн тонн, а к 2030 году он вырастет до 34 млн тонн. Мировая морская отрасль также развивается: по состоянию на 2019 год общий объем торговли одними лишь морскими судами составил более 14 трлн долл. США (International Chamber of Shipping 2021).

Оценка стоимости ущерба, нанесенного функционированию экосистем, является сложной задачей. В работе Beaumont et al. (2019) были использованы данные из исследований De Groot et al. (2012) и Costanza et al. (2014), несмотря на сомнения в отношении точности, и было подсчитано, что снижение ценности морского природного капитала в океанах по причине пластмасс составляет от 500 до 2500 млрд долл. США в год. Анализ упущенных выгод, обеспечиваемых морскими экосистемными услугами, является подходящим методом для оценки нерыночных, нематериальных издержек, связанных с пластмассами в морской среде; однако перед применением этого метода на глобальном уровне потребуется провести комплексный междисциплинарный анализ, учитывающий взаимозависимость между экономическими, социальными и экологическими системами (Gattringer 2018).

По данным Всемирной торговой организации, по сравнению с оборотом мирового рынка пластмасс в 2020 году, который оценивается примерно в 580 млрд долл. США (Statista 2021a), оборот одного лишь мирового товарного экспорта в 2020 году составил около 17,65 трлн долл. США (по сравнению с 19,014 трлн долл. США в 2019 году и 19,55 трлн долл. США в 2018 году до начала пандемии COVID-19) (WTO 2021). По недавним подсчетам, стоимость торговых потоков пластмасс от сырья до готовой продукции составила около 1 трлн долл. США (UNCTAD 2020). Однако в стоимости первичных пластмасс не учитываются все экологические, экономические и социальные издержки, связанные с их удалением. Вместо этого данные издержки перекладываются, например, на население прибрежных районов и морскую отрасль. По прогнозам, в публикации Pew Charitable Trusts и SYSTEMIQ (2020),

к 2040 году при инерционном сценарии 4 млрд человек, вероятно, лишатся организованных услуг по сбору отходов, а если правительства потребуют, чтобы предприятия компенсировали затраты на обращение с отходами, то при ожидаемых объемах и утилизируемости они могут столкнуться с финансовыми рисками в размере 100 млрд долл. США в год.

Данные расчеты свидетельствуют о широко распространенных сбоях рыночных механизмов и подчеркивают необходимость общесистемного подхода, основанного на решениях, который был бы направлен на устранение следующих трудностей: технологических (например, масштабируемость различных технологий утилизации и материалов-заменителей), экономических (например, относительная стоимость различных решений), экологических (например, выбросы парниковых газов, связанные с различными решениями) и социальных (например, равенство и социальная справедливость для сборщиков мусора) – для предотвращения ненадлежащего обращения с отходами пластмасс и последующих расходов на решение проблемы загрязнения окружающей среды мусором, попадающим в морскую среду (Lau et al. 2020).

Во всем мире укрепляется понимание того, что морская среда находится под угрозой из-за загрязнения пластмассами, а также из-за вылова рыбы сверх промыслового запаса (Lotze et al. 2018; Hartley et al. 2018b; Wyles et al. 2019). Имеются доказательства того, что благополучию людей способствует осознание того, что морские животные продолжают существовать, даже если они никогда не видели этих животных вживую (Börger et al. 2014; Jobstvogt et al. 2014; Aanesen et al. 2015; Eagle et al. 2016). Особенно это относится к «харизматичным» морским животным, таким как черепахи, киты, дельфины и морские птицы, которые зачастую не только имеют культурную ценность, но и оказывают эмоциональное воздействие на отдельных людей. Снимки и описание китов или морских птиц, чьи желудки заполнены фрагментами пластмасс, часто публикуются в популярных средствах массовой информации (например, Reuters 2017) и могут вызывать сильную негативную реакцию у людей (Lotze et al. 2018).

Отказ от посещения пляжей и побережий из-за их замусоривания, в том числе пластмассами, может иметь последствия для здоровья, если по этой причине люди не имеют возможности воспользоваться такими преимуществами, как физическая активность, социальное взаимодействие (например, укрепление семейных уз) и общее улучшение как физического, так и психического здоровья (Ashbullby et al. 2013; Papatheanasopoulou et al. 2016; Kiessling et al. 2017; Hartley et al. 2018a; White et al. 2020). С другой стороны, необходимость очистки таких мест от мусора может стать стимулом для гражданских инициатив, включая мероприятия по очистке пляжей (Brouwer et al. 2017; Hartley et al. 2018b).

Обращение с морским мусором и пластмассами может оказывать различное воздействие на определенные группы населения (например, на женщин, детей, работников, занимающихся обращением с отходами, и прибрежные сообщества, где происходят сбор и сжигание отходов пластмасс) (ILO 2017; UNEP 2017; ILO 2019; UNESCAP 2019). Было предложено учитывать социальные издержки, связанные с пластмассами в морской среде, при рассмотрении способов производства, применения, повторного использования и повторной обработки (van den Bergh and Botzen 2015). Из-за загрязнения морской среды мусором и пластмассами могут нарушаться множество прав человека. Их последствия непропорционально воздействуют на уязвимые группы населения, людей, включая людей, живущих в нищете, население прибрежных районов и коренные общины, а также детей, потенциально усугубляя существующую «экологическую несправедливость» (United Nations General Assembly 2021).

ОЦЕНКА РИСКОВ, СВЯЗАННЫХ С ЗАГРЯЗНЕНИЕМ МОРСКОЙ СРЕДЫ МУСОРОМ И ПЛАСТМАССАМИ

Ввиду многочисленных рисков с «эффектом домино» для экосистем и общества, связанных с пластмассами в морской среде, они становятся факторами увеличения угрозы (UNDRR 2019). Согласно общему пониманию, пластмассы, в частности, являются такими факторами стресса, которые в совокупности с другими факторами стресса (такими как изменение климата и чрезмерная эксплуатация морских ресурсов) наносят гораздо больший ущерб, чем самостоятельно (Backhaus and Wagner 2019). Например, выбросы парниковых газов в результате производства, использования и удаления пластмасс из ископаемого топлива составляют 19 процентов от допустимого в 2040 году глобального бюджета углерода, утвержденного для предупреждения значительного изменения климата (The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020). Изменения среды обитания в ключевых прибрежных экосистемах, вызванные прямым воздействием морского мусора, включая пластмассы и микропластики, не только влияют на местное производство продуктов питания и охрану прибрежных районов, но и могут привести к широкомасштабным и непредсказуемым второстепенным последствиям для общества из-за снижения устойчивости экосистем и населений прибрежных районов к экстремальным погодным явлениям и изменению климата (Galloway et al. 2017; Carvalho-Souza et al. 2018; Woods et al. 2019; GESAMP 2020a). Данные вопросы подчеркивают настоятельную необходимость согласованного подхода к регулированию рисков, связанных с загрязнением морской среды мусором и

пластмассами (Hardesty and Wilcox 2017; Royer et al. 2018; Adam et al. 2019; Backhaus and Wagner 2019; UNDRR 2019; GESAMP 2020a; Peng, L. et al. 2020; Shen et al. 2020).

Объединенная группа экспертов по научным аспектам защиты морской среды (ГЕСАМП) (2020a) предположила, что не существует единого подхода к регулированию рисков, который пригоден для оценки широкого спектра потенциальных опасностей и вариантов воздействия морского мусора, а также для учета всех возможных экологических, социальных и экономических последствий. Поэтому было предложено создать механизм оценки рисков и использовать многоуровневый подход для решения проблемы загрязнения морской среды мусором и пластмассами (Koelmans et al. 2017; GESAMP 2020a). Такой подход отражает приобретенный опыт разработки инструментов для оценки опасности и рисков, имеющих широкий диапазон применений. Соответствующие факторы, которые необходимо учитывать, могут различаться. К ним относятся имеющиеся знания и срочность. Необходимо учитывать социальные соображения и потенциальные риски для здоровья населения или окружающей среды. Цель такого механизма оценки рисков заключается в проведении оценки рисков в соответствии с поставленными целями, с тем чтобы обеспечить уделение первостепенного внимания приоритетным задачам и создать информационную основу для регулирования рисков (Koelmans et al. 2017). Матрицы рисков могут содействовать выявлению пробелов в знаниях и постановке задач.



utterstock/Magnus Larsson

ИСТОЧНИКИ И ПУТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ МОРСКОГО МУСОРА, ВКЛЮЧАЯ ПЛАСТМАССЫ И МИКРОЧАСТИЦЫ ПЛАСТМАСС

Источники на суше и в море

Объем пластмасс в океанах, который был подсчитан рядом исследователей, оценивается в 75-199 млн тонн (Jang et al. 2015; Ocean Conservancy and McKinsey Centre for Business and Environment 2015; Law 2017; International Research Panel 2019; Lebreton et al. 2019; Borrelle et al. 2020; Lau et al. 2020; The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020). В период с 1950 по 2017 год из 9200 млн тонн совокупного объема производства пластмасс в мире примерно 7000 млн тонн превратились в отходы пластмасс, из которых три четверти были выброшены и оказались на свалках, полигонах, в неконтролируемых или ненадлежащим образом регулируемых потоках отходов или в природной среде, включая океаны (Geyer 2020).

Мусор поступает в морскую среду в основном из источников на суше, включая сельское хозяйство, очистные сооружения, объекты строительства, транспорт, ненужные, заменимые и трудноутилизируемые продукты из пластмасс и полимеры, а также разнообразные средства личной гигиены и медико-гигиеническую продукцию; около 60 процентов поступающих макрочастиц пластмасс приходится на неконтролируемые потоки отходов (UNEP 2018c; IRP 2019; van Truong et al. 2019; Geyer 2020; The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020). К источникам в море относятся рыболовство и аквакультура, судоходство и морские операции, а также туристическое судоходство (GESAMP 2015; IMarEST 2019; Ryan et al. 2019; FAO 2020; GESAMP 2020b) (рис. 5). Средства индивидуальной защиты, широко используемые во время пандемии COVID-19, существенно увеличили имеющийся

объем отходов пластмасс (Adyel 2020). Оценки глобального объема отходов пластмасс, ежегодно попадающих в океан из источников на суше, разнятся в зависимости от используемых подходов. Согласно прогнозам, объем отходов пластмасс, попадающих в водные экосистемы, более чем удвоится: с 19-23 млн тонн в год в 2016 году до 53 млн тонн в год к 2030 году (Borrelle et al. 2020). По оценкам, сброс в водные экосистемы почти утроится: с 9-14 млн тонн в год в 2016 году до 23-37 млн тонн в год к 2040 году (Lau et al. 2020). В научной статье Meijer et al. (2021) используется другой подход, согласно которому около 0,8-2,7 млн тонн отходов пластмасс в год попадают в океаны из речных систем (таблица 1).

Микрочастицы пластмасс присутствуют в свалочном фильтрате, осадке из систем очистки сточных вод и стоках с сельскохозяйственных площадей (Mason et al. 2016; Mahon et al. 2017; Li et al. 2018; Cowger et al. 2019; He et al. 2019; Sun et al. 2019) (рис. 6). Сельскохозяйственные почвы могут накапливать микрочастицы пластмасс в результате намеренного применения необработанных осадков сточных вод и очищенных сточных вод, а также семян в пластмассовой оболочке и агрохимикатов (например, удобрений с контролируемым высвобождением) (Nizzetto et al. 2016a,b; Piehl et al. 2018; Accinelli et al. 2019; Corradini et al. 2019; Wang et al. 2019a,b).

Оставленные, утерянные или иным образом брошенные орудия лова в результате осуществления рыболовской деятельности и функционирования объектов аквакультуры образуют крупнейшую по объему категорию мусора на пляжах

Таблица 1: Оценки глобального объема отходов пластмасс, ежегодно поступающих из источников на суше

Оценочный объем сброса отходов пластмасс (млн тонн в год)	Поступление в моря из источников	Прогнозируемый объем сброса отходов пластмасс (млн тонн в год)	Используемый подход
19-23	Попали в водные экосистемы в 2016 году	53 к 2030 году	С учетом ожидаемого прироста населения, объема ежегодно образуемых отходов на душу населения, доли пластмасс в отходах; с учетом увеличения объема материалов из пластмасс, связанного с прогнозируемым увеличением объема производства, и доли утилизируемых ненадлежащим образом отходов по странам (Borrelle et al. 2020)
9-14	Попали в водные экосистемы в 2016 году	23-37 к 2040 году (эквивалентно 50 г пластмасс на метр береговой линии во всем мире)	Моделирование запасов и потоков твердых бытовых отходов и четырех источников микропластика по всей глобальной системе пластмасс с использованием пяти сценариев (2016-2040 годы) и при допущении, что не будет принято никаких эффективных мер (Lau et al. 2020)
0,8-2,7	Попали в океаны из глобальных речных систем в 2015 году	--	С учетом >1000 рек – выверено при помощи наблюдений в природной среде (Meijer et al. 2021)



Рис. 5: Основные пути попадания в морскую среду отходов пластмасс, образуемых в результате деятельности человека

(Welden and Cowie 2017; European Commission 2018a и в море (Veiga et al. 2016; Vlachogianni et al. 2017; Lebreton 2018; Stelfox et al. 2016; Fleet et al. 2021). Сети, канаты, садки и нейлоновая леска могут оказывать непропорциональное воздействие, повреждая ключевые морские организмы, формирующие среду обитания, такие как кораллы и морские травы, путем истирания тканей и удушения (Ballesteros et al. 2018), иногда значительно сокращая их площадь и нарушая функционирование (Richards and Beger 2011; Carvalho-Souza et al. 2018).

Основным источником пластмасс в некоторых прибрежных районах являются объекты утилизации судов (Science for Environment Policy 2016). В ходе исследования, проведенного на верфи в Индии, его авторы обнаружили тысячи мелких

фрагментов пластмасс, в среднем 81 мг на 1 кг осадка, которые, по их мнению, являются прямым результатом разборки судов (Reddy et al. 2006). Считается, что от 1 до 2 процентов из 6 млн лодок, эксплуатируемых в Европе (то есть не менее 80 000), ежегодно достигают предельного состояния, но только примерно 2000 из них утилизируются надлежащим образом (European Commission 2017) (рис. 7).

Морской мусор и пластмассы попадают в океаны многочисленными способами, например посредством стоков с суши, речных потоков, сточных вод, в том числе «серых», переноса по воздуху, а также непосредственно в результате осуществления морских операций (рис. 6 и 7) (Alomar et al. 2016; Nizzetto et al. 2016a; Nizzetto et al. 2016b; Auta et al. 2017;

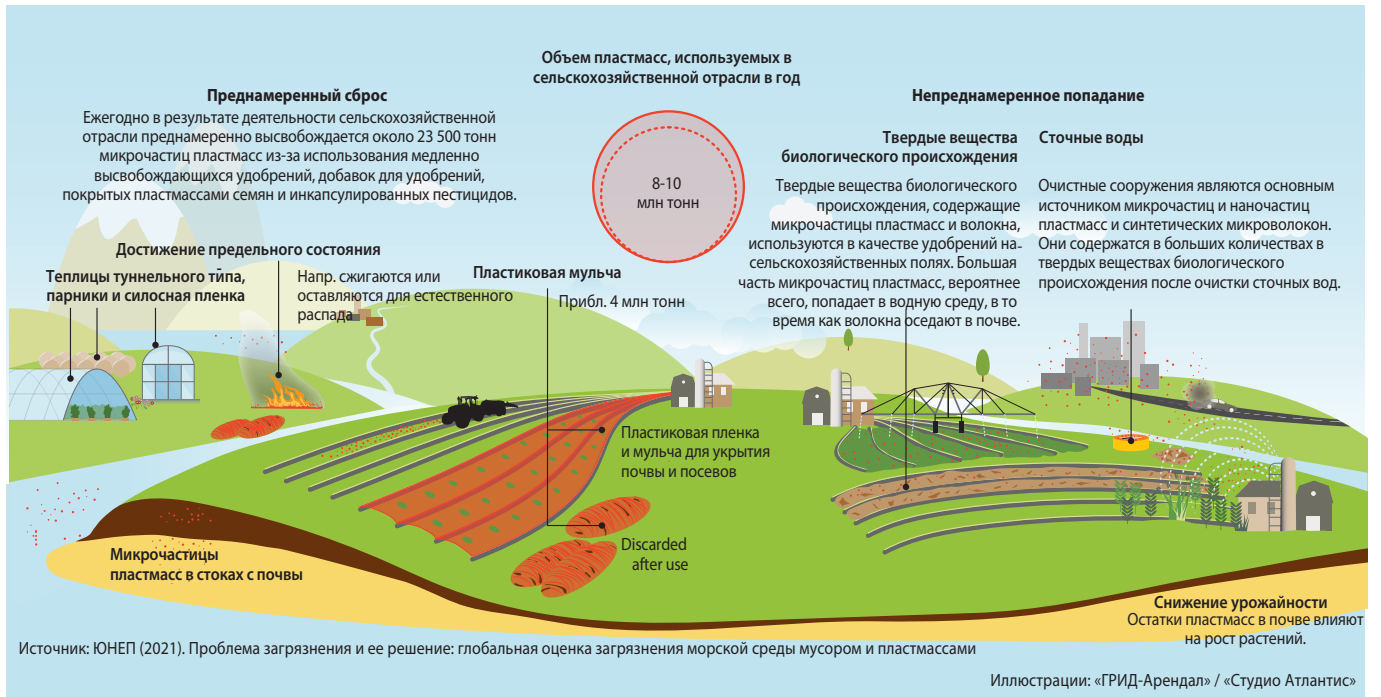


Рис. 6: Методы ведения сельского хозяйства, способствующие загрязнению морской среды мусором и пластмассами

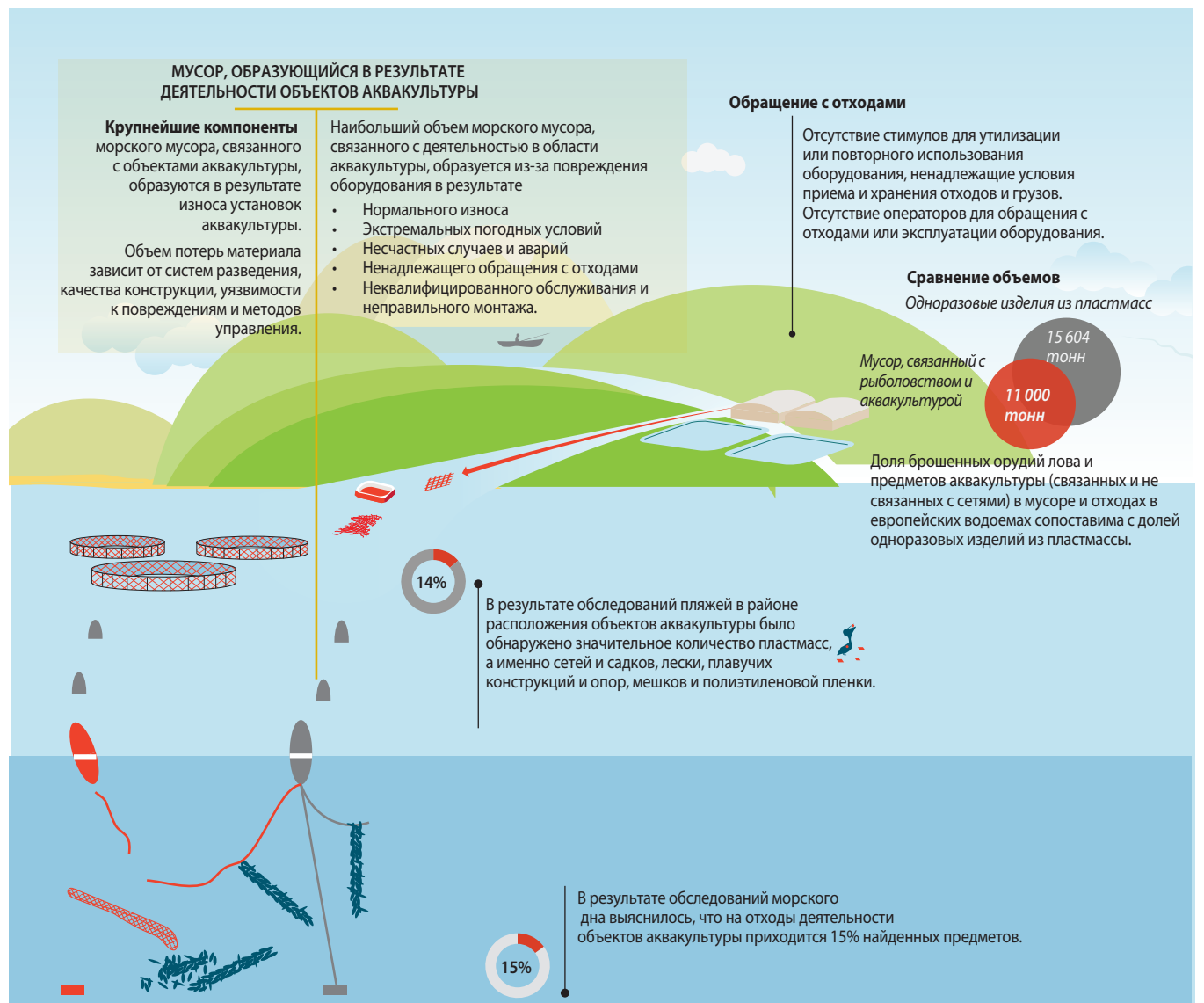


Рис. 7: Методы осуществления рыболовственной деятельности и аквакультуры, способствующие загрязнению морской среды мусором и пластмассами

Lebreton et al. 2017; Alimi et al. 2018; Horton and Dixon 2018; Best 2019; Akarsu et al. 2020; Chen et al. 2020; Birch et al. 2020; Peng, L. et al. 2020). Экстремальные природные явления, такие как наводнения, ураганы и цунами, также могут смывать в океаны значительные объемы мусора из прибрежных районов и мест скопления мусора на берегах и в устьях рек и на береговых линиях (Werbowski et al. 2021), а также мусор, образованный в результате повреждения береговой инфраструктуры (NOAA 2015); Lusher 2017b; Murray et al. 2018; GESAMP 2019). Изучение товарных этикеток при обследовании мусора, обнаруженного на морском дне, помогло определить наиболее вероятные пути попадания в море мусора и микрочастиц пластмасс, а также их возраст и наиболее вероятные источники (Cau 2019).

После того, как мусор и микрочастицы пластмасс попали в морскую среду, их перемещение определяется океанскими приливами и отливами, течениями, волнами и ветрами. В прибрежных районах приливы и отливы при взаимодействии с береговой линией переносят мусор на берег и обратно в море в зависимости от его химического состава, поверхностного заряда, плотности, размера и формы (Mattsson et al. 2015; Chubarenko et al. 2016; Fazeu and Ryan 2016; Kooi et al. 2016; Pedrotti et al. 2016; Zhang 2017; Alimi et al. 2018; Chubarenko et al. 2018; Dussud et al. 2018a,b; Lebreton et al. 2018; Castro-Jiménez et al. 2019; Lebreton et

al. 2019; Napper and Thompson 2019; Onink et al. 2019; Peng, G. et al. 2020; van Sebille et al. 2020; Harris et al. 2021) (рис. 8).

Плавающий морской мусор, в том числе пластмассы, попадает в замкнутые круговые течения и океанические вихри; он может тонуть или оставаться на поверхности, в зависимости от скорости фрагментации, плотности, ветра и волн, а также взаимодействия с морскими организмами, кроме того, он скапливается в крупных замкнутых морских круговых течениях (Cózar et al. 2014; Law et al. 2014; Duhec et al. 2015; Díaz-Torres et al. 2017; Imhof et al. 2017; Lavers and Bond 2017; Collins and Hermes 2019; Lebreton et al. 2019; van der Mheen et al. 2019; Wichmann et al. 2019; Dunlop et al. 2020). Почти половина общего объема пластмасс в субтропических морских водах состоит из макрочастиц пластмасс старше 15 лет (Lebreton et al. 2019). Прибрежное отложение является важным процессом, поскольку истирание и фрагментация пластмасс приводят к образованию микрочастиц пластмасс и высвобождению токсичных химических веществ и тяжелых металлов (Nakashima et al. 2016; Lavers and Bond 2017).

Хотя способы распространения и преобразования пластмасс широко изучены, абсолютный объем, в частности микрочастиц пластмасс, все еще не известен из-за ограниченного охвата выборок и отсутствия стандартизированных протоколов отбора

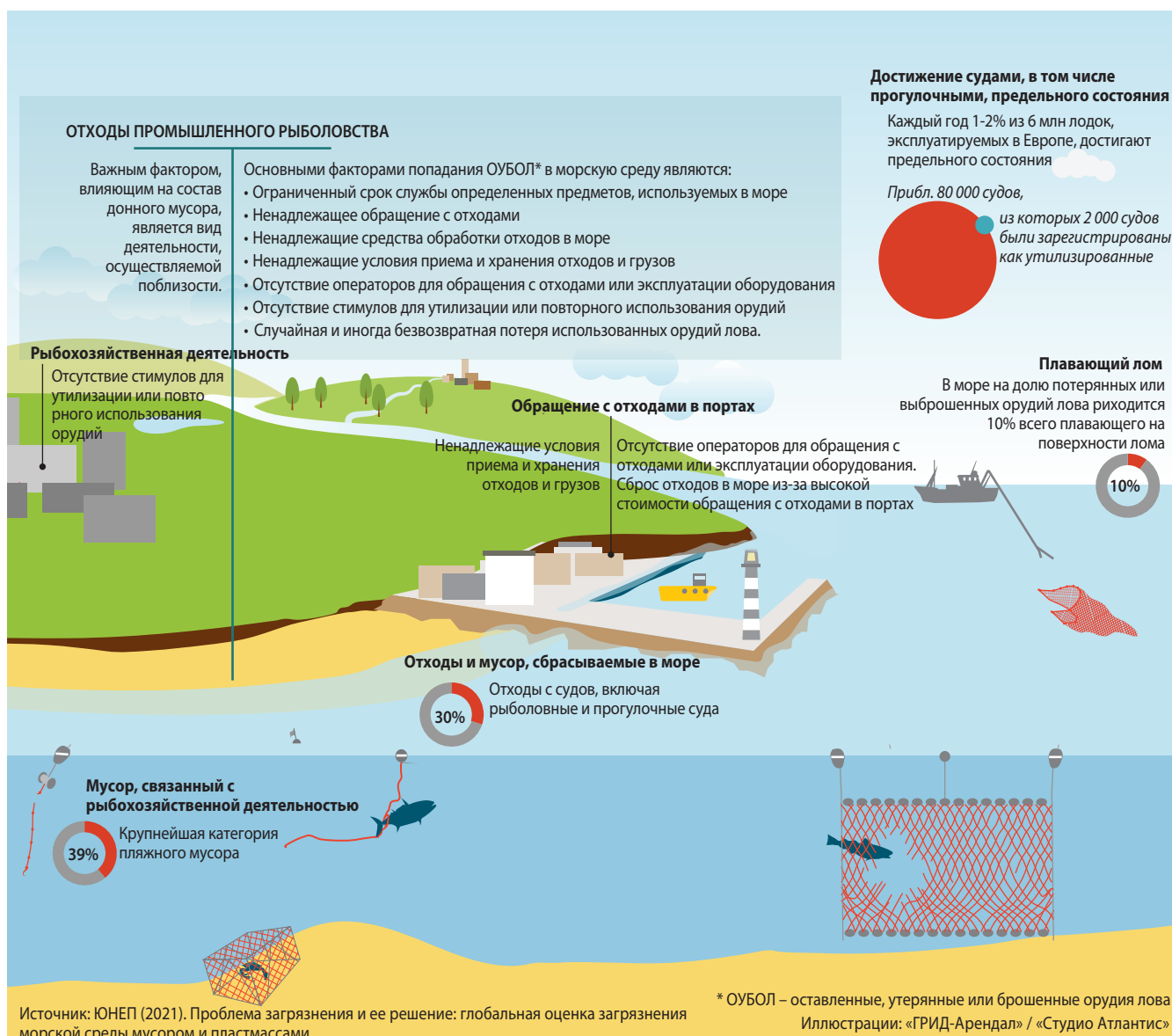
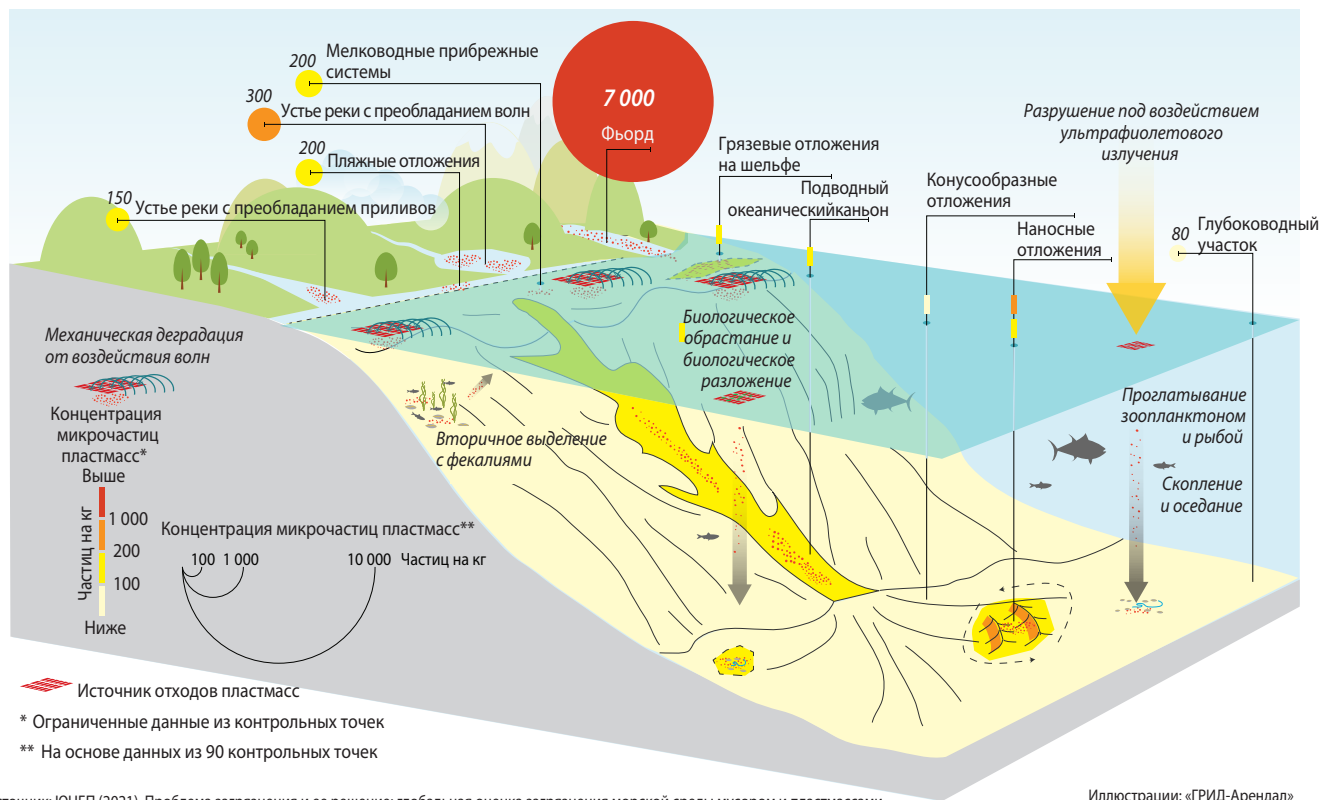


Рис. 7: Методы осуществления рыбопромысловой деятельности и аквакультуры, способствующие загрязнению морской среды мусором и пластмассами



Источник: ЮНЕП (2021). Проблема загрязнения и ее решение: глобальная оценка загрязнения морской среды мусором и пластмассами

Рис. 8: Природные процессы, влияющие на распределение и преобразование микропластиков



проб (Galgani et al. 2021; Harris et al. 2021). Таким образом, имеющиеся глобальные оценки были определены в основном с помощью моделирования, основанного не на прямых факторах, а на косвенных, таких как плотность населения (Galgani et al. 2021). Кроме того, между потерями на суше и накоплением в морской среде и глубоководных отложениях может проходить много времени; например, пластмассы, обнаруженные на поверхности воды в замкнутых круговых течениях, были произведены несколько десятилетий назад (Kedzierski et al. 2018; Lebreton et al. 2019; van Sebille et al. 2020).

Были определены региональные «горячие точки», в которых накапливаются морской мусор и микропластики и которые подвержены риску крупномасштабных последствий для функционирования экосистем и здоровья человека. В качестве примера можно привести Средиземное море, где из-за замкнутого характера и большого количества отходов, попадающих в его воды ежегодно, скапливаются большие объемы мусора, который представляет опасность для миллионов жителей прибрежных районов (Dalberg Advisors, WWF Mediterranean Marine Initiative 2019; Boucher and Bilard 2020); Северный Ледовитый океан, где из-за попадания пластмасс в морские пищевые цепи и морепродукты может быть нанесен ущерб первозданной природе и причинен вред уникальным видам и коренным народам (Sundet et al. 2016; Hallanger and Gabrielsen 2018; Kanhai et al. 2018; Donohue et al. 2019; Kanhai et al. 2019); регион Восточной Азии и АСЕАН, где значительные скопления нерегулируемых отходов расположены вблизи обширных и густонаселенных прибрежных районов и где выживание жителей в значительной степени зависит от морской среды (Cai et al. 2017; Lyons et al. 2019; Purba et al. 2019; Onda and Sharief 2021).

ИЗМЕРЕНИЕ ОБЪЕМА И МОНИТОРИНГ МОРСКОГО МУСОРА, ВКЛЮЧАЯ ПЛАСТМАССЫ И МИКРОЧАСТИЦЫ ПЛАСТМАСС

Было внесено много усовершенствований и изменений в лабораторные протоколы, методы мониторинга и исследований морского мусора и пластмасс, загрязняющих речную, атмосферную, береговую, прибрежную и морскую среды (González-Fernández and Hanke 2017; Carvalho-Souza et al. 2018; Chiba et al. 2018; Galgani et al. 2018; GESAMP 2019; Karlsson et al. 2019; van Calcar and van Emmerik 2019; Enyoh et al. 2019; GESAMP 2019; Prata et al. 2019; Schulz et al. 2019; Stanton et al. 2019a; Forrest et al. 2020; UNEP 2020a,b,c). Значительные усилия были также предприняты в части разработки эффективного отбора проб микрочастиц пластмасс, хотя существуют сомнения в отношении согласованности между различными методами (Besley et al. 2017; Costa and Duarte 2017; Lusher et al. 2017b; Blettler et al. 2018; da Costa 2018; Borja and Elliott 2019; van Emmerik and Schwartz 2019; Koelmans et al. 2020; Ryan et al. 2020). Совершенствуется также отбор биотических проб благодаря разработке различных методов исследования воздействия микрочастиц пластмасс на рацион питания (Nelms et al. 2019b; Maes et al. 2020; Markic et al. 2020).

В настоящее время основная задача состоит в унификации всех методов для повышения надежности и повторяемости результатов, чтобы данные можно было использовать для

моделирования и прогнозирования распределения и объема морского мусора и пластмасс в различных средах обитания (Braun et al. 2018; GESAMP 2019; Maximenko et al. 2019). Ученые по-прежнему испытывают серьезные опасения в связи с нерепрезентативностью выборок при использовании различных полевых и лабораторных методов выявления и определения объема микрочастиц пластмасс в окружающей среде. Такие трудности объясняются большим разнообразием размеров, форм, цветов и степени деградации пластмасс. Без значительных улучшений в обеспечении качества и стандартизации методов отбора проб и анализа будет по-прежнему трудно согласовывать публикуемые результаты и демонстрировать их надежность и повторяемость.

Цифровые технологии, спутники, самолеты и беспилотные летательные аппараты наряду с судовыми датчиками, пробоотборниками и автономными платформами (например, плавающими, планирующими, погружными и тихоходными), судами, попутно выполняющими наблюдения, и моделированием открывают возможности для осуществления доступных глобальных программ мониторинга, позволяющих отслеживать и определять плотность морского мусора, в частности пластмасс, попадающих из рек и прибрежных



ТЕХНИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ СЕРТИФИКАЦИИ, ПРОВЕРКИ, МАРКИРОВКИ И ПРОСЛЕЖИВАЕМОСТИ ПРОДУКЦИИ

Важной частью регулирования морского мусора и пластмасса является разработка технических стандартов сертификации, маркировки и проверки. В отношении пляжей и прибрежных районов существуют такие проекты, как *the Blue Flag Programme* (программа «Голубой флаг»), *Quality Coast Awards* (премия «Побережья высокого качества»), *Seaside Awards* (премия «Сисайд Эвордз» в области качества побережий), *Green Coast Awards* (премия «Экологичные побережья») и *Bandera Azul Ecológica* (программа в области окружающей среды «Голубой флаг»). Для регулирования изделий из пластмасс имеются несколько действующих и признанных на международном уровне стандартов, а также механизмов сертификации и проверки производства и обработки пластмасс. Они распространяются на аспекты биоразложения, утилизации и деградации в процессе промышленного компостирования и в морской среде (Harrison et al. 2018; UNEP 2018a; UNEP and Consumers International 2020). Примером могут служить стандарты Международной организации по стандартизации (ИСО) ISO 15279 (рекуперация и утилизация отходов пластмасс); ISO 22526 (углеродный и экологический след); ISO/CD 22722 (распад материалов из пластмасс в морской среде); и ISO 18830 (испытание на биоразложение). Однако при обзоре биоразложения полиэтиленовых пакетов было определено, что имеющихся международных стандартов и региональных методов испытаний недостаточно для реалистичного прогнозирования биоразложения хозяйственных пакетов в сточных водах, внутренних водах и морской среде из-за недоработок в существующих процедурах испытаний, отсутствия соответствующих стандартов

для большинства нерегулируемых водных сред обитания и более масштабных исследований биоразложения материалов из пластмасс в естественных условиях (Harrison et al. 2018).

Кроме того, существует крайне мало схем контроля производства и обработки рециклата, и ни одна из них не требует перечисления входящих в состав потребительских товаров полимеров или химических добавок и не обеспечивает возможность прослеживания (UNEP and the International Trade Centre 2017). Отсутствие информации о рециклате препятствует повышению уровня утилизации и развития рынков. В связи с этим существует острая необходимость в совершенствовании стандартов маркировки и прослеживаемости пластмасс. Например, покупка популярных среди потребителей продуктов с маркировкой «изготовлено из пластмасс, извлеченных из океана» не предупреждает попадание пластмасс в океаны.

Прослеживаемость изделий из пластмасс на протяжении всего их жизненного цикла также крайне важна для определения областей, в которых внедрение мер, вероятно, будет наиболее эффективным (Ellen MacArthur Foundation 2016). К современным разработкам относится использование технологий блокчейн для отслеживания химических веществ, добавляемых в состав пластмасс в процессе производства, и потери материалов в рамках производственно-сбытовой цепи (Roos et al. 2019).



ТРУДНОСТИ В ЧАСТИ СОКРАЩЕНИЯ МАСШТАБОВ ЗАГРЯЗНЕНИЯ МОРСКОЙ СРЕДЫ МУСОРОМ И ПЛАСТМАССАМИ

За последние четыре десятилетия объем мирового производства пластмасс увеличился в четыре раза (Geyer 2020). Спрос продолжает расти, а оборот мирового рынка пластмасс в 2020 году составил около 580 млрд долл. США по сравнению с 502 млрд долл. США в 2016 году (Statista 2021a). В то же время, по оценкам, доля утилизации когда-либо произведенных пластмасс составляет менее чем 10 процентов (Dauvergne 2018; Zheng and Suh 2019; Geyer 2020).

Одной из основных причин такого низкого уровня утилизации является отсутствие информации о составе изделий из пластмасс с последующей потерей качества и ценности в результате смешения потоков отходов (Leslie et al. 2016; Ellen MacArthur Foundation 2021). В связи с этим ежегодная потеря стоимости отходов упаковочных материалов составляет около 80-120 млрд долл. США (Ellen MacArthur Foundation 2016). В конечном итоге миллионы тонн отходов пластмасс безвозвратно поступают в окружающую среду, а иногда транспортируются за тысячи километров в места, где эти отходы обычно сжигают или сбрасывают в водоемы (UNEP 2019a).

Еще одной проблемой является объем выбросов парниковых газов, связанных с глобальным жизненным циклом пластмасс

из традиционных видов ископаемого топлива; в 2015 году он составил 1,7 гигатонн эквивалента углекислого газа ($GtCO_2eq$); по прогнозам, к 2050 году он достигнет примерно 6,5 $GtCO_2eq$, что составляет 15 процентов от глобального бюджета углерода (Zheng and Suh 2019). Другой существенной проблемой является растущая стоимость обращения с отходами пластмасс. Согласно оценкам, при инерционном сценарии глобальные затраты на обращение с твердыми коммунально-бытовыми отходами вырастут с 38 млрд долл. США в 2019 году до 61 млрд долл. США в 2040 году (Kaza et al. 2018). Даже при условии повышения налогов и усиления государственного регулирования, ограничений на ресурсы и снижения спроса из-за накопления запасов (Business Research Company 2020), ежегодное загрязнение океана пластмассами, по прогнозам, утроится к 2040 году (The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIC 2020).

Обеспокоенность широкой общественности, предпринимательских кругов и правительств также растет (Avio et al. 2017; Borrelle et al. 2017; Maeland and Staupe-Delgado 2020); ситуация усугубляется объемами отходов, связанными со средствами индивидуальной защиты и другими изделиями из пластмасс, используемыми во время пандемии COVID-19 (Adyel 2020).



Хотя не существует единого глобального договора, направленного на сокращение масштабов загрязнения морской среды мусором и пластмассами (Muirhead and Porter 2019; Karasik et al. 2020; Raubenheimer and Urho 2020), многие обязательства и мероприятия на глобальном, региональном и национальном уровнях способствуют мобилизации мирового сообщества с целью окончательного разрешения проблемы загрязнения морской среды мусором и пластмассами (UNEP 2018b). Например, муниципалитеты и крупные предприятия сокращают объем поставляемых на свалки отходов (Dauvergne 2018), а процессы нормотворчества развиваются, что обусловлено все более многочисленными доказательствами рисков, связанных с пластмассами, и давлением со стороны общественности (Koelmans et al. 2017a; GESAMP 2020a). Также наблюдается усиление деятельности активистов на местном уровне и органов местного самоуправления, включая вывоз мусора, утилизацию, коллективные уборки и кампании по повышению осведомленности населения (Schneider et al. 2018). Успешные инициативы на местном и национальном уровнях поддерживаются региональными и национальными законодательными усилиями, которые направлены непосредственно на сокращение масштабов загрязнения морской среды мусором и пластмассами (Black et al. 2019).

К различным имеющимся международным обязательствам относятся те, которые направлены на сокращение масштабов загрязнения морской среды мусором и пластмассами, особенно поступающими из источников на суше, например, обязательства в рамках Повестки дня в области устойчивого развития на период до 2030 года, ЦУР 14, а также международные обязательные к исполнению соглашения, конвенции, протоколы, инициативы и процессы сотрудничества (United Nations General Assembly 2015; UNEA 2017) (рис. 10). К ним относятся: Конвенция Организации Объединенных Наций по морскому праву (ЮНКЛОС); Международная конвенция по предотвращению загрязнения с судов (МАРПОЛ); Лондонская конвенция по предотвращению загрязнения моря сбросами отходов и других материалов и Лондонский протокол по предотвращению сброса в морскую среду отходов, содержащих пластмассы или аналогичные синтетические материалы; Базельская конвенция о контроле за трансграничной перевозкой опасных отходов и их удалением; Роттердамская конвенция о процедуре предварительного обоснованного согласия в отношении отдельных опасных химических веществ и пестицидов в международной торговле; Стокгольмская конвенция о стойких органических загрязнителях (СОЗ) (Chen 2015; Raubenheimer and McIlgorm 2018). Кроме того, имеются другие международные соглашения и документы рекомендательного характера, которые считаются применимыми, поскольку они имеют отношение к торговле пластмассами или способствуют сокращению объемов морского мусора. К ним относятся: Всемирная торговая организация (ВТО); Конвенция о биологическом разнообразии; Конвенция по сохранению мигрирующих видов диких животных; Кодекс ведения ответственного рыболовства Продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) и Соглашение Организации Объединенных Наций по рыбным запасам; Глобальная программа действий по защите морской среды от осуществляемой на суше деятельности (UNEP/GPA 2020); Стратегия Гонолулу; Стратегический подход к международному регулированию химических веществ (СПМРХВ) (Lyons 2019; Birkbeck 2020; Borrelle et al. 2020; The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020).

Региональные механизмы играют крайне важную роль в ускорении внедрения мер политики и инициатив. Одними из наиболее важных инструментов для решения проблемы мусора и пластмасс

в морской среде являются конвенции и планы действий по региональным морям³, которые включают различные меры по сокращению масштабов загрязнения морской среды мусором и пластмассами, а также мониторинг и кампании по информированию общественности (UNEP 2018b). Около 30 государств Африки договорились в рамках Бамакской конвенции – регионального договора, связанного с Базельской, Роттердамской и Стокгольмской конвенциями, – усилить регулирование опасных отходов, включая пластмассы и электронные отходы (ЭО). Некоторые действия на национальном уровне могут способствовать сокращению объема определенных видов отходов пластмасс (например, адресные действия по сокращению оборота полиэтиленовых пакетов для продуктов, изделий с содержанием микрогранул или пластиковых бутылок, а также кампании по борьбе с мусором) (Xanthos and Walker 2017; Dauvergne 2018; Schuyler et al. 2018). Кроме того, меры политики по регулированию морских охраняемых районов и прибрежных зон являются важными инструментами для борьбы с отходами, особенно если они реализуются в масштабах всего водосбора или экосистемы (Windsor et al. 2019).

В целом, текущее положение дел представляет собой совокупность крайне разнообразных методов ведения хозяйственной деятельности, растущего объема производства пластмасс и целого ряда национальных нормативных и добровольных действий. Координация мер политики между государствами практически отсутствует, а национальные и субнациональные меры политики являются непоследовательными, имеют лазейки и характеризуются бессистемным осуществлением и несогласованными стандартами (Dauvergne 2018; Forrest et al. 2019; Birkbeck 2020). Растущий объем выбрасываемых отходов пластмасс является результатом многочисленных сбоев рыночных механизмов, связанных с низкими ценами на ископаемое топливо, наличием субсидий, неэффективным регулированием отходов, низким уровнем производства и использования рециклата пластмасс, а также широко распространенной привычкой выбрасывать после использования (Law 2017; UNEP 2019b; Borrelle et al. 2020; The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020).

Ввиду все большего воздействия кризисной ситуации в области морского мусора и пластмасс, а также из-за сложности ее решения возникает необходимость внедрения такого процесса управления, который бы учитывал всю серьезность ситуации и помог бы поместить эту проблему в глобальный контекст (Borrelle et al. 2017; Dauvergne 2018; Schneider et al. 2018; Forrest et al. 2019; Maeland and Staupe-Delgado 2020). Однако ни одна из утвержденных с 2000 года международных мер политики не предусматривает глобальную, имеющую обязательный характер, конкретную и измеримую цель, направленную на сокращение масштабов загрязнения морской среды мусором и пластмассами, в связи с чем появляются призывы со стороны определенных правительств, предпринимательских кругов и гражданского общества к заключению обязательного для исполнения глобального договора в области морского мусора и пластмасс (Muirhead and Porter 2019; Karasik et al. 2020; Raubenheimer and Urho 2020; WWF, the Ellen MacArthur Foundation and BCG 2021).

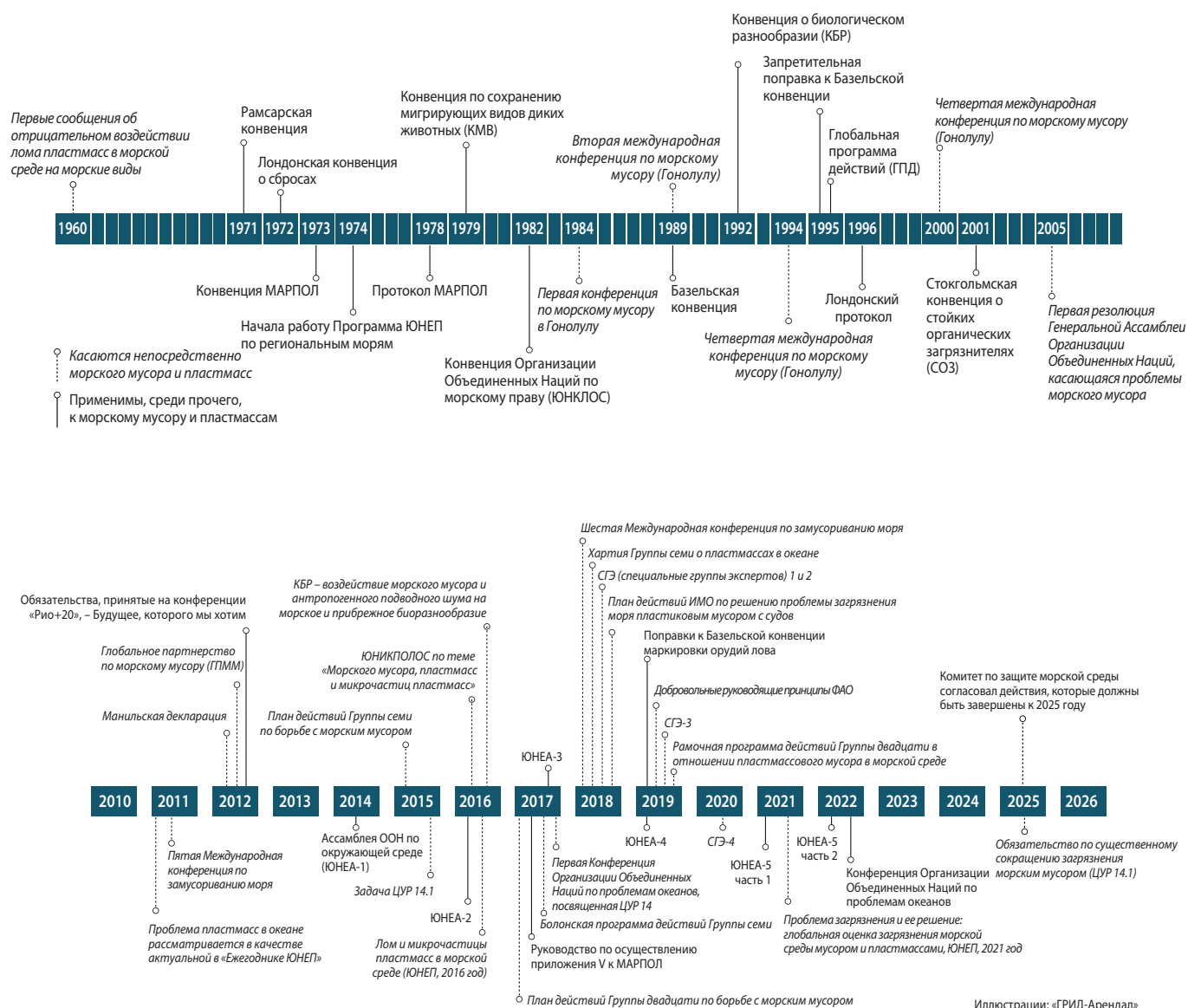
Не существует единого универсального решения, которое бы позволило сократить к 2040 году объем пластмасс, поступающих в океаны, даже до уровня ниже 2016 года (Borrelle et al. 2020; Lau et al. 2020); скорее, потребуются принятие множественных

³ Некоторые конвенции и планы действий по региональным морям наряду с другими субъектами включают конкретные планы по борьбе с морским мусором. См. приложение II.

взаимоусиливающих системных мер как на ранних, так и на поздних этапах жизненного цикла пластмасс (The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020). Например, в отсутствие какой-либо ценовой политики в области отходов пластмасс (Matheson 2019) различные фискальные инструменты, такие как налоги, сборы и платежи, системы возврата залога, системы расширенной ответственности производителей (РОП), системы платных разрешений и субсидий, могут использоваться правительствами для улучшения регулирования отходов (Xanthos and Walker 2017; OECD 2019; Parts 2019; Walker et al. 2020). Вероятно, потребуются адаптировать эти инструменты для решения проблемы пластмасс. Например, согласно общему мнению, РОП является фундаментальным элементом политики в области отходов (Filho et al. 2019); однако важнейшим условием его применения в целях сокращения объема отходов пластмасс является стимулирование производителей повышать утилизируемость и экологичность продукции (Forrest et al. 2019). Шагом на пути к достижению этой цели может стать более полное раскрытие информации о смолах, химических веществах и добавках, используемых в изделиях из пластмасс, а также предоставление потребителям и агентам в области отходов рекомендаций по безопасному повторному использованию отходов или их удалению.

Всестороннее сокращение совокупного объема образуемых отходов пластмасс предполагает поэтапный отказ от конкретных изделий из пластмасс, а также РОП и переход от устоявшейся линейной модели экономики «добыча – производство – утилизация» к такой модели, в которой материальные потоки являются частью замкнутого цикла, ресурсосберегающих или многооборотных подходов (European Commission 2018b; Lieder and Rashid 2015; OECD 2016; European Union 2019b; Forrest et al. 2019; UNEP 2019a; Karasik et al. 2020; Raubenheimer and Uhro 2020).

Для перехода к многооборотной модели в отношении пластмасс потребуются согласованные усилия на многих уровнях (IRP 2021). Данные усилия должны предприниматься с учетом контекста и увязывать хозяйственные процессы и общественную осведомленность с мерами политики и действиями потребителей, чтобы значительно сократить объем производства пластмасс на основе ископаемого топлива; совершенствовать проектирование продукции для сокращения объема образуемых отходов; развивать децентрализованную утилизацию материалов (Joshi et al. 2019); выводить из оборота ненужные, заменяемые и трудноутилизуемые пластмассы;



Источник: ЮНЕП (2021). Проблема загрязнения и ее решение: глобальная оценка загрязнения морской среды мусором и пластмассами

Иллюстрации: «ГРИД-Арендал»

Рис. 10: Хронология принятия отдельных международных инициатив, законов и мер политики в области борьбы с морским мусором и пластмассами



© Shutterstock/vovashchuk

совершенствовать стандарты регулирования таких материалов, как биоразлагаемые пластмассы (Dauvergne 2018; Carney Almroth and Eggert 2019; Forrest et al. 2019; Zheng and Suh 2019; Borrelle et al. 2020; Lau et al. 2020; The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020; UNEP and Consumers International 2020; Ellen MacArthur Foundation 2021; IRP 2021).

Изменение отношения к проблемам, вызванным загрязнением окружающей среды пластмассами, вынуждает политиков и представителей промышленной сферы рассматривать способы стимулирования сохранения ценности пластмасс в экономике за счет замещения сырьевого материала и расширения возможностей повторного использования потребителями (Ellen MacArthur Foundation 2016; UNEP and the International Trade Centre 2017; ten Brink et al. 2018; Borrelle et al. 2020; Lau et al. 2020; The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIC 2020; UNEP and Consumers International 2020). Многие мировые компании уже внедрили планы по изменению своих подходов к использованию упаковки в соответствии с национальными схемами сбора и утилизации отходов, а также по использованию многоразовой, восстановимой или утилизируемой упаковки. Такие партнерства, как Базельское партнерство по пластиковым отходам, Глобальное партнерство по морскому мусору, Глобальное обязательство относительно новой экономики пластмасс и национальные партнерства для принятия мер в отношении пластмасс, могут способствовать изменению экономики и общества в этом направлении, демонстрируя эффективность утилизации, например, посредством превращения использованных пластмасс в ценный ресурс, стимулирования рекуперации и ускорения индустриализации технологий производства полимеров из полимеров (Forrest et al. 2019; Ellen MacArthur Foundation 2020).

Ряд инициатив направлен на прекращение производства первичных пластмасс (Birkbeck 2020; Borrelle et al. 2020; Pew

Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020) посредством их вывода из оборота, расширения возможностей повторного использования потребителями или внедрения новых моделей хозяйствования, осуществляемых в сочетании с другими стратегиями, такими как замещение, совершенствование сбора и утилизации, безопасное удаление остаточных отходов для максимального сокращения потоков отходов пластмасс. Такие инициативы могут обеспечить максимальное сокращение масштабов загрязнения пластмассами, а также реальную экономию средств потребителей и производителей при одновременном сокращении объема выбросов парниковых газов (The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020). Некоторые меры, например увеличение объема продукции, изготавливаемой на основе биоматериалов, могут повлечь за собой повышение зависимости от сельскохозяйственной отрасли (Posen et al. 2017; Spierling et al. 2018). В качестве альтернативы возможно применение «зеленой» химии, благодаря которой можно добиться значительного совершенствования материалов, не имеющих в своем составе ископаемого топлива, путем разработки молекул, материалов и продукции, которые легче утилизируются или используются вторично по иному назначению, чем те, которые представлены на рынке в настоящее время (UNEP 2021).

Производство сотен различных полимеров пластмасс и изделий из них сокращает возможности утилизации пластмасс (Geyer et al. 2016; Zink et al. 2018). В настоящее время доля утилизируемых пластмасс (менее 10 процентов всех отходов пластмасс) значительно ниже общемировых показателей утилизации других товаров и ресурсов (Dauvergne 2018; Geyer 2020). В настоящее время утилизация пластмасс осуществляется за счет механических и химических процессов. Механическая утилизация используется для неволокнистых пластмасс и все чаще – для утилизированных полиэстеровых волокон. Химический рециклинг, объединяющий различные технологии производства на основе пластмасс топлива

и других пластмасс, превращает их в жидкость или газ, которые могут использоваться для производства новых пластмасс. Наибольшая часть утилизированного нейлона поступает из отходов производства и потребления, таких как рыболовные сети и ковры.

Даже в случае масштабирования таких технологий они позволят решить проблему лишь малой доли общего объема отходов и потребуют больших затрат на электроэнергию (The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ 2020).

Хотя исследования всех аспектов морского мусора и пластмасс стремительно развиваются, в работе Maes et al. (2019) приводится вывод, что большинство из этих исследований по-прежнему находятся на ранних стадиях. В ней также указывается, что оценка рисков, фрагментация пластмасс и инструменты оценки представлены в недостаточной степени. Они особенно важны, когда существует неопределенность, например, потенциальные риски от химических веществ, связанных с пластмассами (Burns and Boxall 2018), когда необходимо взаимное сличение методов и технологий или требуются комплексные подходы (Temmerman et al. 2013). Существует также необходимость в проведении исследований с целью представления информации и материалов для анализа и оценки мер политики, основанных на фактических данных и строгих оценках рисков, которые соответствуют поставленной цели (Hurley and Nizzetto 2018; Besselling et al. 2019; Karn and Jenkinson 2019; Maeland and Staube-Delgado 2020).

В целом, имеющиеся знания могут служить достаточным основанием для определения приоритетов исследовательской деятельности, а также для выявления областей, в которых финансирование исследований и разработок ограничено, несмотря на политические и общественные потребности (de Sá et al. 2018; Carney Almroth and Eggert 2019; Maes et al. 2019). Решение проблемы загрязнения морской среды мусором и пластмассами требует междисциплинарных комплексных исследований в сочетании с широким сотрудничеством между научными исследователями и профессионалами из различных областей знаний и промышленности.

На основании результатов оценки можно выделить ряд системных областей, которые нуждаются в дальнейшем изучении. К ним относятся такие многопрофильные области, как: гендер и межсекторальность (возраст, маргинализированные и уязвимые группы), особенно в части воздействия, последствий для здоровья, отношения к новым инновационным технологиям и знаний об океане – в этих областях практически отсутствуют исследования, публикуемые в рецензируемой научной литературе. К таким областям относятся также:

- оценка полного жизненного цикла основных изделий из пластмасс, включая воздействие пластмасс, микропластиц и наночастиц пластмасс в морской среде на окружающую среду и здоровье человека, социальные и экономические издержки, утрата экосистемных услуг, потенциальные последствия применения новых материалов, гендерное воздействие пластмасс и альтернатив им, а также риски и воздействие химических веществ, связанных с пластмассами в производстве продуктов питания, аквакультуре, сельском хозяйстве и безопасности пищевых продуктов;
- разработка механизма оценки рисков, основанного на полном жизненном цикле морского мусора и пластмасс от источника до моря, который бы учитывал экологические, социальные, экономические последствия и последствия для здоровья;

- определение медицинских и токсикологических критериев и проведение испытаний, необходимых для выявления воздействия микропластиц пластмасс на людей и диких животных в водной среде;
- создание платформ открытым доступом, позволяющих проводить глобальное моделирование массового баланса морского мусора и пластмасс, а также потоков пластмасс, попадающих в морскую среду из рек, очистных сооружений, объектов обращения с отходами, ливневых канализаций, объектов морской отрасли, а также в результате стихийных бедствий;
- внедрение информационных технологий и согласованных систем мониторинга, включая стандартизированные методы отбора проб, лабораторных исследований и сбора данных, необходимых для количественной оценки поступления пластмасс в окружающую среду, распределения пластмасс и микропластиц пластмасс, а также токсичности для окружающей среды микропластиц пластмасс и добавок в результате загрязнения, с тем, чтобы иметь возможность измерить эффективность и действенность различных мер и усилий по смягчению последствий;
- определение основных наборов показателей от источника до моря в рамках системы «стимулы – давление – состояние – воздействие – реакция» для мониторинга хода сокращения масштабов загрязнения морской среды мусором и пластмассами;
- инновации в области «зеленой» химии в интересах сокращения использования добавок и разработки более безопасных альтернативных полимеров и материалов, в том числе на основе биоматериалов, с учетом полного жизненного цикла, которые легче удаляются или утилизируются, а также поиск путей перехода к альтернативам;
- разработка принципов проектирования экологичной продукции во всех основных сферах потребления, где широко применяются пластмассы, и методов ценообразования;
- разработка мелкомасштабных технологий для обращения с отходами и их утилизации, которые могут размещаться вблизи источников отходов пластмасс и позволят предотвращать или минимизировать утечки пластмасс в окружающую среду;
- разработка стандартов для систем сертификации, прослеживания и маркировки всех пластмасс, используемых потребителями, включая биоразлагаемость;
- стратегические исследования эффективных мер по сокращению объемов пластмасс, включая микропластицы пластмасс, таких как схемы расширенной ответственности производителя (РОП), укрепление фискальных инструментов, стандарты сертификации пластмасс, схемы прослеживания и маркировки всех пластмасс, используемых потребителями, а также стимулирование проектирования экологической продукции и применение «зеленой» химии для создания новых материалов;
- оценка социальных проблем, связанных с морским мусором и пластмассами, включая гендерные вопросы, восприятие потребителей и социальные факторы, с применением подхода, основанного на правах человека, подразумевающего конструктивное участие общественности и доступ к средствам правовой защиты;
- просвещение и развитие образовательных программ для повышения осведомленности о проблеме загрязнения морской среды мусором и пластмассами, а также для содействия изменению поведения людей с целью сокращения незначительного обращения с отходами пластмасс;
- поведенческая экономика и исследования стимулов, норм и образовательных процессов, выходящих за рамки приобретения знаний и влияющих на поведенческие изменения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем докладе подчеркивается настоятельная необходимость принятия мер на всех уровнях для решения проблемы загрязнения морской среды мусором и пластмассами.

Поиск решений проблемы загрязнения морской среды мусором и пластмассами требует более активного участия гражданского общества, предпринимательских и промышленных кругов и правительств для внесения необходимых изменений в меры политики, модели поведения и устоявшиеся методы (Uyarra and Borja 2016; Hartley et al. 2018b; Ashley et al. 2019). Граждане продолжают играть важную роль, в том числе посредством участия в соответствующих мероприятиях и изменения собственного поведения в целях существенного сокращения масштабов загрязнения морской среды мусором и пластмассами. К предприятиям и отраслям, в работу которых требуется внести такие изменения, относятся, в частности,

нефте- и газодобывающие компании и производители пластиковых смол, производители экструдеров и продукции, производители автомобилей и текстиля, компании по производству потребительских товаров, производители упаковочных материалов, предприятия розничной торговли, перевозчики отходов и операторы полигонов захоронения отходов, операторы по рекуперации материалов, агенты по отходам и предприятия по утилизации. Перед политиками стоит задача создания правильного сочетания законодательных и фискальных инструментов для стимулирования большего раскрытия информации, поддержки обмена данными и прозрачности, обеспечения финансирования, создания прозрачной и эффективной нормативной среды, поддержки научных исследований и разработок с целью решения проблемы загрязнения морской среды мусором и пластмассами.



ПРИЛОЖЕНИЕ I: ОБОСНОВАНИЕ

Ассамблея Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕА) на своих совещаниях приняла ряд ключевых резолюций, касающихся проблемы загрязнения морской среды мусором и пластмассами⁴. В 2016 году ЮНЕП опубликовала доклад «Лом и микропластики пластмасс в морской среде: глобальные уроки и исследование, побуждающие к действиям и направляющие изменение политики» (ЮНЕП, 2016 год). Данный доклад был посвящен выявлению основных источников и путей распространения мусора и микропластиков, а также возможных мер и наилучших имеющихся методов и видов природоохранной деятельности для предотвращения их накопления в морской среде.

В 2019 году Директору-исполнителю ЮНЕП было поручено «укрепить научно-технические знания в отношении морского мусора, включая отходы и микропластики пластмасс в морской среде» путем представления обновленной редакции оценки 2016 года с учетом «имеющихся научных и других соответствующих данных и информации... об источниках, путях распространения и опасности мусора, включая загрязнение отходами и микропластиками пластмасс и их присутствие в реках и океанах; научных знаний об отрицательном воздействии на экосистемы и потенциальном отрицательном воздействии на здоровье человека; об экологически безопасных технологических инновациях».

В новой оценке 2021 года «Проблема загрязнения и ее решение: глобальная оценка загрязнения морской среды мусором и пластмассами» рассматриваются масштабы и серьезность проблемы, а также имеющиеся решения и осуществляемые действия. В ней содержится всеобъемлющая обновленная информация о проводимых исследованиях и пробелах в знаниях, касающихся прямого воздействия на морские виды, угрозы для экосистем и здоровья человека, а также социальных и экономических издержек. В оценке описываются и, в тех случаях, когда это возможно, количественно оцениваются источники морского мусора и пластмасс, а также прямые и косвенные пути их попадания в океаны и распространения внутри них с приведением примеров усовершенствованных систем мониторинга, технологий наблюдения и методов анализа. Представлен обзор потенциальной эффективности различных действий и мер политики, включая процессы восстановления, а также ряд экономических, технологических и законодательных решений.

⁴ UNEP/EA.1/Res.6: Лом и микропластики пластмасс в морской среде (2014 год); UNEP/EA.2/Res.11: Лом и микропластики пластмасс в морской среде (2016 год); UNEP/EA.3/Res.7: Морской мусор и микропластики пластмасс (2017 год); UNEP/EA.4/Res.6: Морской пластиковый мусор и микропластики пластмасс (2019 год); UNEP/EA.4/Res.9: Решение проблемы загрязнения пластмассовыми изделиями одноразового пользования (2019 год).

ПРИЛОЖЕНИЕ II: РЕГИОНАЛЬНЫЕ ПЛАНЫ ДЕЙСТВИЙ ПО БОРЬБЕ С МОРСКИМ МУСОРОМ⁵

Название	Организация (учреждение)	Год	Гиперссылка
Региональный план действий по борьбе с морским мусором в Арктике	Рабочая группа по защите арктической морской среды (ПАМЕ)	2021 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/10017
Региональный план действий по борьбе с морским мусором в Балтийском море	Хельсинкская конвенция, Комиссия по защите морской среды Балтийского моря (ХЕЛКОМ)	2015 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/197
Региональный план действий по борьбе с морским мусором в Черном море	Бухарестская конвенция, Комиссия по защите Черного моря от загрязнения	2018 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/194
Региональный план действий по борьбе с морским мусором	Координационный орган по морям Восточной Азии (КОМВА)	2019 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/196
Региональный план по обращению с морским мусором в Средиземном море	Конвенция о защите Средиземного моря от загрязнения (Барселонская конвенция), Средиземноморский план действий	2013 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/198
Региональный план действий по борьбе с морским мусором и регулированию этой проблемы в северо-восточной части Атлантического океана	Комиссия ОСПАР, Конвенция о защите морской среды Северо-Восточной Атлантики	2014 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/201
Региональный план действий НОУПАП по борьбе с морским мусором	План действий для северо-западной части Тихого океана (НОУПАП)	2008 год (обновленная информация ожидается в 2021 году)	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/200
Тихоокеанский региональный план действий – морской мусор (2018-2025 годы)	Нумейская конвенция, секретариат Тихоокеанской региональной программы по окружающей среде (СПРЕП)	2018 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/205
Региональный план действий по надлежащему обращению с морским мусором в Красном море и Аденском заливе	Региональная организация по сохранению окружающей среды Красного моря и Аденского залива (ПЕРСГА)	2018 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/203
Региональный план действий по борьбе с морским мусором в морях Южной Азии	Совместная программа стран Южной Азии в области окружающей среды (САСЕП)	2019 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/204
Морской мусор в юго-восточном регионе Тихого океана	Постоянная комиссия для южной части Тихого океана (ПКЮТО)	2007 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/238
Региональный план действий по борьбе с морским мусором в западной части Индийского океана	Найробийская конвенция	2018 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/199
Региональный план действий по регулированию морского мусора в Большом Карибском районе	Картахенская конвенция, Карибская программа по окружающей среде ЮНЕП (КПОС)	2014 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/195
Региональный план действий АСЕАН по борьбе с морским мусором в государствах – членах АСЕАН	Ассоциация государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН)	2021 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/10008
План действий Группы семи по борьбе с морским мусором	Группа семи	2015 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/190
План действий Группы двадцати по борьбе с морским мусором	Группа двадцати	2017 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/191
План действий по решению проблемы загрязнения моря пластмассовым мусором с судов	Международная морская организация (ММО)	2018 год	https://digital.gpmarinelitter.org/action_plan/237
Программа действий АТЭС по борьбе с морским мусором	Азиатско-Тихоокеанское экономическое сотрудничество (АТЭС)	2019 год	https://digital.gpmarinelitter.org/project/177

⁵ Des projets de plans d'action régionaux sur les déchets marins sont en cours d'élaboration dans les régions de la mer Caspienne, du Pacifique Nord-Est et de l'Afrique occidentale, centrale et du Sud.

REFERENCES

- Aanesen, M., Armstrong, C., Czajkowski, M., Falk-Petersen, J., Hanley, N. and Navrud, S. (2015). Willingness to pay for unfamiliar public goods: Preserving cold-water coral in Norway. *Ecological Economics* 112, 53-67. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.02.007>. Accessed 11 January 2021.
- Accinelli, C. Abbas, H.W., Shier, W.T., Vicari, A., Little, N.S. et al. (2019). Degradation of microplastic seed film-coating fragments in soil. *Chemosphere* 226 645-650. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.03.161>
- Adam, V., Yang, T. and Nowack, B. (2019). Toward an ecotoxicological risk assessment of microplastics: Comparison of available hazard and exposure data in freshwaters. *Environmental Toxicology and Chemistry* 38(2), 436-447. <https://doi.org/10.1002/etc.4323>. Accessed 11 January 2021.
- Adimey, N., Hudak, C., Powell, J.R., Bassos-Hull, K., Foley, A., Farmer, N.A. et al. (2014). Fishery gear interactions from stranded bottlenose dolphins, Florida manatees and sea turtles in Florida, U.S.A. *Marine Pollution Bulletin* 81(1), 103-115. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.008>. Accessed 11 January 2021.
- Adyel, T.M. (2020). Accumulation of plastic waste during COVID-19. *Science* 369(6509), 1314-1315. <http://doi.org/10.1126/science.abd9925>. Accessed 11 January 2021.
- Akarsu, C., Kumbura, H., Gökdağb, K., Kideys, A.E. and Sanchez-Vidal, A. (2020). Microplastics composition and load from three wastewater treatment plants discharging into Mersin Bay, north eastern Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 150, 110776. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110776>. Accessed 11 January 2021.
- Aliani, S., and Molcard, A. (2003). Hitch-hiking on floating marine debris: Macrobenitic species in the western Mediterranean Sea. *Hydrobiologia* 503, 59-67. <https://doi.org/10.1023/B:HYDR.0000008480.95045.26>. Accessed 11 January 2021.
- Alimba, C.G. and Faggio, C. (2019). Microplastics in the marine environment: Current trends in environmental pollution and mechanisms of toxicological profile. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 68, 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.etap.2019.03.001>. Accessed 11 January 2021.
- Alimi, O.S., Budarz, J.F., Hernandez, M.L. and Tufenkji, N. (2018). Microplastics and nanoplastics in aquatic environments: Aggregation, deposition, and enhanced contaminant transport. *Environmental Science and Technology* 52, 1704-1724. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.est.7b05559>. Accessed 11 January 2021.
- Alomar, C., Estarellas, F. and Deudero, S. (2016). Microplastics in the Mediterranean Sea: Deposition in coastal shallow sediments, spatial variation and preferential grain size. *Marine Environmental Research* 115, 1-10.
- Alomar, C. and Deudero, S. (2017). Evidence of microplastic ingestion in the shark *Galeus melastomus Rafinesque, 1810* in the continental shelf off the western Mediterranean Sea. *Environmental Pollution* 223, 223-229. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.01.015>. Accessed 11 January 2021.
- Alvarez-Zeferino, J.C., Beltrán-Villavicencio, M. and Vázquez-Morillas, A. (2015). Degradation of plastics in seawater in laboratory. *Open Journal of Polymer Chemistry* 5 (4), 55-62. <http://dx.doi.org/10.4236/ojpcem.2015.54007>. Accessed 11 January 2021.
- Amaral-Zettler, L.A., Zettler, E.R., and Mincer, T.J. (2020). Ecology of the plastisphere. *Nature Reviews in Microbiology* 18, 139-151. <https://doi.org/10.1038/s41579-019-0308-0> Accessed 20 January 2021
- American Chemistry Council (2020). The Roadmap to Reuse. Plastic Solutions for America 2020. American Chemistry Council. <https://www.plasticmakers.org/advocacy/roadmap-to-reuse-2020-report>. Accessed 13 July 2021.
- Anbumani, S. and Kakkur, P. (2018). Ecotoxicological effects of microplastics on biota: A review. *Environmental Science and Pollution Research* 25, 14373-14396. <https://doi.org/10.1007/s11356-018-1999-x>. Accessed 11 January 2021.
- Andrades, R., Martins, A.S., Fardim, L.M., Ferreira, J.S. and Santos, R.G. (2016). Origin of marine debris is related to disposable packs of ultra-processed food. *Marine Pollution Bulletin* 109(1), 192-195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.05.083>. Accessed 11 January 2021.
- Arias-Andres, M., Klümper, U., Rojas-Jimenez, K. and Grossart, H.P. (2018). Microplastics pollution increases gene exchange in aquatic ecosystems. *Environmental Pollution* 237, 253-261. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.02.058>. Accessed 11 January 2021.
- Arias, A.H., Ronda, A.C., Oliva, A.L. and Marcovecchio, J.E. (2019). Evidence of microplastic ingestion by fish from the Bahía Blanca estuary in Argentina, South America. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 102(6), 750-756. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02604-2>. Accessed 11 January 2021.
- Arthur, C., Baker, J., Bamford, H., Barnea, N., Lohmann, R., McElwee, K. et al. (2009). Summary of the international research workshop on the occurrence, effects, and fate of microplastics marine debris. In *Proceedings of the International Research Workshop of the Occurrence, Effects, and Fate of Microplastics Marine Debris*, 9-11 September 2009. Arthur, C., Baker, J. and Bamford, H. (eds.). Silver Spring, MD: United States National Oceanic and Atmospheric Administration. 7-17. <https://marinedebris.noaa.gov/proceedings-international-research-workshop-microplastic-marine-debris>. Accessed 11 January 2021.
- Ashbullby, K.J., Pahl, S., Webley, P. and White, M.P. (2013). The beach as a setting for families' health promotion: A qualitative study with parents and children living in coastal regions in Southwest England. *Health and Place* 23, 138-147. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2013.06.005>. Accessed 11 January 2021.
- Ashley, M., Pahl, S., Glegg, G. and Fletcher, S. (2019). A change of mind: Applying social and behavioural research methods to the assessment of the effectiveness of ocean literacy initiatives. *Frontiers in Marine Science* 6, 228. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00288>. Accessed 11 January 2021.
- Ashton, K., Holmes, L. and Turner, A. (2010). Association of metals with plastic production pellets in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 60(11), 2050-2055. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.07.014>. Accessed 11 January 2021.
- Asia-Pacific Economic Cooperation (APEC) (2017). Capacity Building for Marine Debris Prevention and Management in the APEC Region. Singapore: Asia-Pacific Economic Cooperation Secretariat. <https://www.apec.org/Publications/2017/12/Capacity-Building-for-Marine-Debris-Prevention-and-Management-in-the-APEC-Region>. Accessed 11 January 2021.
- Au, S.Y., Bruce, T.F., Bridges, W.C. and Klaine, S.J. (2015). Responses of *Hyalella azteca* to acute and chronic microplastic exposures. *Environmental Toxicology and Chemistry* 34(11), 2564-2572. <https://doi.org/10.1002/etc.3093>. Accessed 11 January 2021.
- Auta, H.S., Emenike, C.U. and Fauziah, S. H. (2017). Distribution and importance of microplastics in the marine environment: A review of the sources, fate, effects, and potential solutions. *Environment International* 102, 165-176. <http://doi.org/10.1016/j.envint.2017.02.013>. Accessed 11 January 2021.
- Avio, C.G., Gorbi, S. and Regoli, F. (2017). Plastics and microplastics in the oceans: From emerging pollutants to emerged threat. *Marine Environmental Research* 126, 2-11. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.05.012>. Accessed 11 January 2021.
- Backhaus, T. and Wagner, M. (2019). Microplastics in the environment: Much ado about nothing? A debate. *Global Challenges* 4(6), 1900022. <https://doi.org/10.1002/gch2.201900022>. Accessed 11 January 2021.
- Bagaev, A., Mizyuk, A., Khatmullina, L., Isachenko, I., and Chubarenko, I. (2017). Anthropogenic fibres in the Baltic Sea water column: Field data, laboratory and numerical testing of their motion. *Science of the Total Environment*, 599, 560-571. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.185>. Accessed 11 January 2021
- Bakir, A., O'Connor, I.A., Rowland, S.J., Hendriks, A.J. and Thompson, R.C. (2016). Relative importance of microplastics as a pathway for the transfer of hydrophobic organic chemicals to marine life. *Environmental Pollution* 219, 56-65. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.09.046>. Accessed 11 January 2021.
- Ballesteros, L.V., Matthews, J.L. and Hoeksema, B.W. (2018). Pollution and coral damage caused by derelict fishing gear on coral reefs around Koh Tao, Gulf of Thailand. *Marine Pollution Bulletin* 135, 1107-1116. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.08.033>. Accessed 11 January 2021.
- Battisti, C., Stafferi, E., Poeta, G., Sorace, A., Luiselli, L. and Amori, G. (2019).

- Interactions between anthropogenic litter and birds: A global review with a 'black-list' of species. *Marine Pollution Bulletin* 138, 93-114. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.017>. Accessed 11 January 2021.
- Beaumont, N.J., Aanesen, M., Austen, M.C., Börger, T., Clark, J.R., Cole, M. et al. (2019). Global ecological, social and economic impacts of marine plastic. *Marine Pollution Bulletin* 142, 189-195. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.022>. Accessed 11 January 2021.
- Beckwith, V. K., and Fuentes, M. M. (2018). Microplastic at nesting grounds used by the northern Gulf of Mexico loggerhead recovery unit. *Marine Pollution Bulletin*, 131, 32–37. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.04.001> Accessed June 9 2021
- Belzagui, F., Crespi, M., Álvarez, A., Gutiérrez-Bouzán, C. and Vilaseca, M. (2019). Microplastics' emissions: Microfibres' detachment from textile garments. *Environmental Pollution* 248, 1028-1035. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.059>. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.059>. Accessed 11 January 2021.
- Besley, A., Vijver, M.G., Behrens, P. and Bosker, T. (2017). A standardized method for sampling and extraction methods for quantifying microplastics in beach sand. *Marine Pollution Bulletin* 114(1), 77-83. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.055>. Accessed 11 January 2021.
- Besseling, E., Redondo-Hasselerharm, P., Foekema, E.M. and Koelmans, A.A. (2019). Quantifying ecological risks of aquatic micro- and nanoplastic. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 49(1), 32-80. <https://doi.org/10.1080/10643389.2018.1531688>. Accessed 11 January 2021.
- Best, J. (2019). Anthropogenic stresses on the world's big rivers. *Nature Geoscience* 12(1), 7-21. <https://doi.org/10.1038/s41561-018-0262-x>. Accessed 11 January 2021.
- Birch, Q.T., Potter, P.M., Pinto, P.X., Dionysiou, D.D. and Al-Abed, S.R. (2020). Sources, transport, measurement and impact of nano and microplastics in urban watersheds. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 19, 275-336. <https://doi.org/10.1007/s11157-020-09529-x>. Accessed 11 January 2021.
- Birkbeck, C.D. (2020). Strengthening International Cooperation to Tackle Plastic Pollution: Options for the WTO. Global Governance Brief No. 01. Graduate Institute Geneva, Global Governance Centre. https://static1.squarespace.com/static/5b0520e5d274cbfd845e8c55/t/5e25683a556e15498ad1e73f/1579509842688/Plastic_Trade_WTO_Final.pdf. Accessed 11 January 2021.
- Black, J.E., Kopke, K. and O'Mahony, C. (2019). A trip upstream to mitigate marine plastic pollution – a perspective focused on the MSFD and WFD. *Frontiers in Marine Science* 6, 1-6. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00689>. Accessed 11 January 2021.
- Blettler, M.C., Abrial, E., Khan, F.R., Sivri, N. and Espinola, L.A. (2018). Freshwater plastics pollution: Recognizing research biases and identifying knowledge gaps. *Water Research* 143, 416-424. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.06.015>. Accessed 11 January 2021.
- Börger, C.M., Lattin, G.L., Moore, S.L. and Moore, C.J. (2010). Plastic ingestion by planktivorous fishes in the North Pacific Central gyre. *Marine Pollution Bulletin* 60(12), 2275-2278. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.007>. Accessed 11 January 2021.
- Borja, A.M. and Elliott, J. (2019). So when will we have enough papers on microplastics and ocean litter? *Marine Pollution Bulletin* 146, 312-316. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.069>. Accessed 11 January 2021.
- Borrelle, S.B., Rochman, C., Liboiron, M., Bond, A.L., Lusher, A., Bradshaw, H. et al. (2017). Why we need an international agreement on marine plastic pollution. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(38), 9994-9997. <https://doi.org/10.1073/pnas.1714450114>. Accessed 11 January 2021.
- Borrelle, S.B., Ringma, J., Law, K.L., Monnahan, C.C., Lebreton, L., McGiverb, A. et al. (2020). Predicted growth in plastic waste exceeds efforts to mitigate plastic pollution. *Science* 369(6510), 1515-1518. <https://doi.org/10.1126/science.aba3656>. Accessed 11 January 2021.
- Boucher, J. and Friot, D. (2017). Primary Microplastics in the Oceans: A Global Evaluation of Sources. Gland, Switzerland: International Union for Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN). <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2017-002-En.pdf>. Accessed 11 January 2021.
- Boucher, J. and Bilard, G. (2020). The Mediterranean: Mare plasticum. Gland, Switzerland: IUCN. x+62 pp <https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/2020-030-En.pdf> Accessed 30 June 2021
- Bradney, L., Wijesekara, H., Palansooriya, K.N., Obadamudalige, N., Bolan, N.S., Ok, Y.S. et al. (2019). Particulate plastics as a vector for toxic trace-element uptake by aquatic and terrestrial organisms and human health risk. *Environment International* 131, 104937. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.104937>. Accessed 11 January 2021.
- Braun, U., Jekel, M., Gerdt, G., Ivleva, N. P. and Reiber, J. (2018). Microplastics Analytics. Sampling, Preparation and Detection Methods. Discussion Paper within the scope of the research of the Bundesministerium für Bildung und Forschung. *Plastics in the Environment: Sources, Sinks, Solutions*. Berlin. https://www.ecologic.eu/sites/files/publication/2018/discussion_paper_mp_analytics_en.pdf. Accessed 11 January 2021.
- Brennecke, D., Ferreira, E.C., Costa, T.M., Appel, D., da Gama, B.A. and Lenz, M. (2015). Ingested microplastics (>100 µm) are translocated to organs of the tropical fiddler crab *Uca rapax*. *Marine Pollution Bulletin* 96(1-2), 491-495. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.001>. Accessed 11 January 2021.
- Brooks, A.L., Wang, S. and Jambeck, J.R. (2018). The Chinese import ban and its impact on global plastic waste trade. *Science Advances* 4(6), eaat0131. <http://doi.org/10.1126/sciadv.aat0131>. Accessed 11 January 2021.
- Brouwer, R., Hadzhiyska, D., Ioakeimidis, C. and Ouderdorp, H. (2017). The social costs of marine litter along European coasts. *Ocean and Coastal Management* 138, 38-49. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.01.011>. Accessed 11 January 2021.
- Browne, M.A., Dissanayake, A., Galloway, T.S., Lowe, D.M. and Thompson, R.C. (2008). Ingested microscopic plastic translocates to the circulatory system of the mussel, *Mytilus edulis* (L.). *Environmental Science and Technology* 42(13), 5026-5031. <https://doi.org/10.1021/es800249a>. Accessed 11 January 2021.
- Bucci, K., Tulio, M. and Rochman, C.M. (2019). What is known and unknown about the effects of plastic pollution: A meta-analysis and systematic review. *Ecological Applications* 30(2), e02044. <https://doi.org/10.1002/eap.2044>. Accessed 11 January 2021.
- Cai, L., Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Zhan, Z., Tan, X. et al. (2017). Characteristics of microplastics in the atmospheric fallout from Dongguan city, China: Preliminary research and first evidence. *Environmental Science and Pollution Research* 24(32), 24928-24935. <https://doi.org/10.1007/s11356-019-06979-x>. Accessed 12 January 2021.
- Campanale, C., Suaria, G., Bagnuolo, G., Bainsi, M., Galli, M., de Rysky, E. et al. (2019). Visual observations of floating macro litter around Italy (Mediterranean Sea). *Mediterranean Marine Science* 20, 271-281. <https://doi.org/10.12681/mms.19054>. Accessed 12 January 2021.
- Carney Almroth, B. and Eggert, H. (2019). Marine plastics pollution: Sources, impacts and policy issues. *Review of Environmental Economics and Policy* 13, 317-26. <https://doi.org/10.1093/reep/rez012>. Accessed 12 January 2021.
- Carson, H.S., Colbert, S.L., Kaylor, M.J. and McDermid, K.J. (2011). Small plastics debris changes water movement and heat transfer through beach sediments. *Marine Pollution Bulletin* 62(8), 1708-1713. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.032>. Accessed 12 January 2021.
- Carson, H.S., Nerheim, M.S., Carroll, K.A. and Eriksen, M. (2013). The plastic-associated microorganisms of the North Pacific gyre. *Marine Pollution Bulletin* 75(1-2), 126-132. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2013.07.054>. Accessed 12 January 2021.
- Carvalho-Souza, G.F., Llopo, M., Tinoco, M.S., Medeiros, D.V., Maia-Nogueira, R. and Sampaio, C.L.S. (2018). Marine litter disrupts ecological processes in reef systems. *Marine Pollution Bulletin* 133, 464-471. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.049>. Accessed 12 January 2021.
- Castro-Jiménez, J., González-Fernández, D., Fournier, M., Schmidt, N. and Sempere, R. (2019). Macro-litter in surface waters from the Rhone River: Plastics pollution and loading to the NW Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 146, 60-66. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.067>. Accessed 12 January 2021.
- Cau, A., Bellodi, A., Moccia, D., Mulas, A., Porcu, C., Pusceddu, A. et al. (2019). Shelf-life and labels: A cheap dating tool for seafloor macro litter? Insights from MEDITS surveys in Sardinian sea. *Marine Pollution Bulletin* 14, 430-433. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.004>. Accessed 12 January 2021.

- Centurioni, L., Chen, Z., Lumpkin, R., Braasch, L., Brassington, G., Chao, Y. et al. (2019). Multidisciplinary global in situ observations of essential climate and ocean variables at the air-sea interface in support of climate variability and change studies and to improve weather forecasting, pollution, hazard and maritime safety assessments. *Frontiers in Marine Science*, 30 August. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00419>. Accessed 12 January 2021.
- Chen, C.-L. (2015). Regulation and management of marine litter. In *Marine Anthropogenic Litter*. Bergmann, M., Gutow, L. and Klages, E. (eds.). Springer Open. 395-428. <https://link.springer.com/content/pdf/bfm%3A978-3-319-16510-3%2F1.pdf>. Accessed 12 January 2021.
- Chen, G., Feng, Q. and Wang, J. (2020). Mini-review of microplastics in the atmosphere and their risks to humans. *Science of The Total Environment* 703, 135504. <http://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135504>. Accessed 12 January 2021.
- Chiba, S., Saito, H., Fletcher, R., Yogi, T., Kayo, M., Miyagi, S. et al. (2018). Human footprint in the abyss: 30 year records of deep-sea plastic debris. *Marine Policy* 96, 204-212. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.03.022>. Accessed 12 January 2021.
- Chubarenko, I., Bagaev, A., Zobkov, M. and Esiukova, E. (2016). On some physical and dynamical properties of microplastic particles in marine environments. *Marine Pollution Bulletin* 108(1-2), 105-112. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.04.048>. Accessed 12 January 2021.
- Chubarenko, I.P., Esiukova, E.E., Bagaev, A.V., Bagaeva, M.A. and Grave, A.N. (2018). Three-dimensional distribution of anthropogenic microparticles in the body of sandy beaches. *Science of The Total Environment* 628-629, 1340-1351. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.167>. Accessed 12 January 2021.
- Cole, M., Lindeque, P., Fileman, E., Halsband, C. and Galloway, T.S. (2015). The impact of polystyrene microplastics on feeding, function and fecundity in the marine copepod *Calanus helgolandicus*. *Environmental Science and Technology* 49(2), 1130-1137. <https://doi.org/10.1021/es504525u>. Accessed 12 January 2021.
- Collins, C. and Hermes, J.C. (2019). Modelling the accumulation and transport of floating marine microplastics around South Africa. *Marine Pollution Bulletin* 139, 46-58. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.028>. Accessed 12 January 2021.
- Constantino, E., Martins, I., Sierra, J.M.S. and Bessa, F. (2019). Abundance and composition of floating marine macro litter on the eastern sector of the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 138, 260-265. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.008>. Accessed 12 January 2021.
- Corradini, F., Pablo Meza, P., Eguiluz, R., Casado, F., Huerta-Lwanga, E. and Geissen, V. (2019). Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. *Science of The Total Environment* 671, 411-420. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.368>. Accessed 12 January 2021.
- Costa, M.F. and Duarte, A.C. (2017). Microplastics sampling and sample handling. In *Comparative Analytical Chemistry* 75. Rocha-Santos, T.A.P. and Duarte, A.C. (eds.). Elsevier. 25-47. <https://doi.org/10.1016/b5.coac.2016.11.002>. Accessed 12 January 2021.
- Costanza, R., de Groot, R., van der Ploeg, S., Anderson, S.J., Kubiszewski, I., Farber, S. et al. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26, 152-158. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2014.04.002>. Accessed 12 January 2021.
- Cowger, W., Gray, A.B. and Schult, R.C. (2019). Anthropogenic litter cleanups in Iowa riparian areas reveal the importance of near-stream and watershed scale land use. *Environmental Pollution* 250, 981-989. <http://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.04.052>. Accessed 12 January 2021.
- Cox, K., Covernton, A., Davies, H., Dower, J., Juanes, F. and Dudas, S. (2019). Human consumption of microplastics. *Environmental Science and Technology* 53(12), 7068-7074. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b01517>. Accessed 12 January 2021.
- Cózar, A., Echevarría, F., González-Gordillo, J.I., Irigoien, X., Úbeda, B., Hernández-León, S. et al. (2014). Plastic debris in the open ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 111(28), 10239-10244. <https://doi.org/10.1073/pnas.1314705111>. Accessed 12 January 2021.
- Cózar, A., Sanz-Martin, M., Marti, E., González-Gordillo, J.I., Úbeda, B., Gálvez, J.A., Irigoien, X. and Duarte, C. M. (2015). Plastic accumulation in the Mediterranean Sea. *PLoS ONE* 10(4), e0121762. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0121762>. Accessed 12 January 2021.
- Cui, R., Kim, S.W. and An, Y.J. (2017). Polystyrene nanoplastics inhibit reproduction and induce abnormal embryonic development in the freshwater crustacean *Daphnia galeata*. *Scientific Reports* 7(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-12299-2>. Accessed 12 January 2021.
- da Costa, J. (2018). Micro- and nanoplastics in the environment: Research and policymaking. *Current Opinions in Environmental Science and Health* 1, 12-16. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2017.11.002>. Accessed 12 January 2021.
- Dalberg Advisors, WWF Mediterranean Marine Initiative (2019). Stop the Flood of Plastic: How Mediterranean Countries Can Save Their Sea. WWF-World Wide Fund for Nature. http://awsassets.panda.org/downloads/a4_plastics_reg_low.pdf. Accessed 11 January 2021.
- Dauvergne, P. (2018). Why is the global governance of plastic failing the oceans? *Global Environmental Change* 51, 22-31. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2018.05.002>. Accessed 11 January 2021.
- de Frond, H.L., van Sebille, E., Parnis, J.M., Diamond, M.L., Mallos, N., Kingsbury, T. et al. (2018). Estimating the mass of chemicals associated with ocean plastic pollution to inform mitigation efforts. *Integrated Environmental Assessment Management* 15, 596-606. <https://doi.org/10.1002/ieam.4147>. Accessed 11 January 2021.
- De Groot, R., Brander, L., van der Ploeg, S., Costanza, R., Bernard, F., Braat, L., Christie, M., et al. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services*, 1: 50-61. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2012.07.005>. Accessed 30 November 2020.
- Dehaut, A., Cassone, A.L., Frere, L., Hermabessiere, L., Himber, C., Rinnert et al. (2016). Microplastics in seafood: Benchmark protocol for their extraction and characterization. *Environmental Pollution* 215, 223-233. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.018>. Accessed 11 January 2021.
- Deloitte (2019). The Price Tag of Plastic Pollution: An Economic Assessment of River Plastic. <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/nl/Documents/strategy-analytics-and-ma/deloitte-nl-strategy-analytics-and-ma-the-price-tag-of-plastic-pollution.pdf>. Accessed 12 February 2021.
- de Ruijter, V.N., Redondo-Hasselerharm, P.E., Gouin, T., and Koelmans, A.A. (2020). Quality criteria for microplastic effect studies in the context of risk assessment: A critical review. *Environmental Science and Technology* 54(19), 11692-11705. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c03057>. Accessed 11 January 2021.
- Desforges, J.P., Galbraith, M. and Ross, P.S. (2015). Ingestion of microplastics by zooplankton in the Northeast Pacific Ocean. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 69, 320-330. <https://doi.org/10.1007/s00244-015-0172-5>. Accessed 11 January 2021.
- Deshpande, P.C., Philis, G., Brattebø and Fet, A.M. (2020). Using material flow analysis (MFA) to generate the evidence on plastic waste management from commercial fishing gears in Norway. *Resources, Conservation and Recycling: X* 5, 100024. <https://doi.org/10.1016/j.rcrx.2019.100024>. Accessed 11 January 2021.
- Díaz-Torres, E.R., Ortega-Ortiz, C.D., Silva-Iñiguez, L., Nene-Preciado, A. and Torres Orozco, E. (2017). Floating marine debris in waters of the Mexican Central Pacific. *Marine Pollution Bulletin* 115 (1-2), 225-232. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.065>. Accessed 11 January 2021.
- Donohue, M.J., Masura, J., Gelatt, T., Ream, R., Baker, J.D., Faulhaber, K. et al. (2019). Evaluating exposure of northern fur seals, *Callorhinus ursinus*, to microplastic pollution through faecal analysis. *Marine Pollution Bulletin* 138, 213-221. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.036>. Accessed 12 January 2021.
- Dris, R., Gasperi, J., Mirande, C., Mandin, C., Guerrouache, M., Langlois, V. et al. (2017). A first overview of textile fibres, including MPs, in indoor and outdoor environments. *Environmental Pollution* 221, 453-458. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.12.013>. Accessed 12 January 2021.
- Duhec, A.V., Jeanne, R.F., Maximenko, N. and Hafner, J. (2015). Composition and potential origin of marine debris stranded in the Western Indian Ocean on remote Alphonse Island, Seychelles. *Marine Pollution Bulletin* 96(1-2), 76-86. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.05.042>. Accessed 12 January 2021.
- Duncan, E.M., Broderick, A.C., Fuller, W.J., Galloway, T.S., Godfrey, M.H., Hamann, M. et al. (2018a). Microplastic ingestion ubiquitous in marine turtles. *Global Change Biology* 25, 744-752. <https://doi.org/10.1111/gcb.14519>. Accessed 12 January 2021.

- Duncan, E.M., Arrowsmith, J., Bain, C., Broderick, A.C., Lee, J., Metcalfe, K. et al. (2018b). The true depth of the Mediterranean plastic problem: Extreme microplastic pollution on marine turtle nesting beaches in Cyprus. *Marine Pollution Bulletin* 136, 334-340. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.09019>. Accessed 12 January 2021.
- Dunlop, S.W., Dunlop, B.J. and Brown, M. (2020). Plastic pollution in paradise: Daily accumulation rates of marine litter on Cousine Island, Seychelles. *Marine Pollution Bulletin* 151, 110803. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110803>. Accessed 12 January 2021.
- Dussud, C., Meistertzheim, A.L., Conan, P., Pujo-Pay, M., George, M., Fabre, P. et al. (2018a). Evidence of niche partitioning among bacteria living on plastics, organic particles and surrounding seawaters. *Environmental Pollution* 236, 807-816. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2017.12.027>. Accessed 12 January 2021.
- Dussud, C., Hudec, C., George, M., Fabre, P., Higgs, O., Bruzuad, S. et al. (2018b). Colonization of non- biodegradable and biodegradable plastics by marine microorganisms. *Frontiers in Microbiology* 9, 1571. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.01571>. Accessed 12 January 2021.
- Eagle, L., Hamann, M. and Low, D.R. (2016). The role of social marketing, marine turtles and sustainable tourism in reducing plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin* 107(1), 324-332. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.040>. Accessed 12 January 2021.
- Ellen MacArthur Foundation (2016). The New Plastics Economy: Rethinking the Future of Plastics and Catalysing Action. https://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/downloads/publications/NPEC-Hybrid_English_22-11-17_Digital.pdf. Accessed 12 January 2021.
- Ellen MacArthur Foundation (2017). Global commitment: A circular economy for plastic in which it never becomes waste. <https://www.newplasticseconomy.org/projects/global-commitment>. Accessed 12 January 2021.
- Ellen MacArthur Foundation (2020). Global Plastic Action Partnership: A world without plastic waste and pollution is possible. [https:// globalplasticaction.org](https://globalplasticaction.org). Accessed 12 January 2021.
- Ellen MacArthur Foundation (2021). Upstream innovations. A guide to packaging solutions. Ellen MacArthur Foundation. <https://www.ellenmacarthurfoundation.org/publications/upstream-innovation>. Accessed 13 July 2021
- Enyoh, C.E., Verla, A.W., Verla, E.N., Ibe, F.C. and Amaobi, C.E. (2019). Airborne microplastics: A review study on method for analysis, occurrence, movement and risks. *Environmental Monitoring and Assessment* 191, 668. <https://doi.org/10.1007/s10661-019-7842-0>. Accessed 12 January 2021.
- Eriksen, M., Lebreton, L.C., Carson, H.S., Thiel, M., Moore, C.J., Borror, J.C. et al. (2014). Plastic pollution in the world's oceans: More than 5 trillion plastic pieces weighing over 250,000 tons afloat at sea. *PLoS ONE* 9(12), e111913. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0111913>. Accessed 12 January 2021.
- European Commission (2017). Nautical Tourism. Commission Staff Working Document. Brussels, 30.3.2017 SWD(2017) 126 final https://ec.europa.eu/oceans-and-fisheries/system/files/2021-03/swd-2017-126_en.pdf Accessed 31 January 2021
- European Commission (2018a). Reducing Marine Litter: Action on single-use plastics and fishing gear Accompanying the document Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council on the reduction of the impact of certain plastics products on the environment. Commission Staff Working Document Impact Assessment 28.5.2018 SWD(2018) 254 final PART 1/3 Brussels. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:4d0542a2-6256-11e8-ab9c-01aa75ed71a1.0001.02/DOC_1&format=PDF. Accessed 25 May 2021.
- European Commission (2018b). A European Strategy for Plastics in a Circular Economy. Brussels, 16.1.2018 COM(2018)28. https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/MEMO_18_3909 Accessed 12 January 2021.
- European Union (2019a). Environmental and Health Risks of Microplastic Pollution. Group of Chief Scientific Advisors Scientific Opinion 6/2019 (Supported by SAPEA Evidence Review Report No. 4). Scientific Advice Mechanism (SAM). <https://doi.org/10.2777/65378>. Accessed 12 January 2021.
- European Union (2019b). Directive (EU) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment. Official Journal of the European Union L 155/1. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904>. Accessed 12 January 2021.
- Fazey, F.M. and Ryan, P.G. (2016). Biofouling on buoyant marine plastics: An experimental study into the effect of size on surface longevity. *Environmental Pollution* 210, 354-360. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.01.026>. Accessed 12 January 2021.
- FAO (Food and Agriculture Organisation of the United Nations) (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Rome. <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture>. Accessed 12 January 2021.
- Ferreira, S., Convery, F. and McDonnell, S. (2007). The most popular tax in Europe? Lessons from the Irish plastic bags levy. *Environmental and Resource Economics* 38, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10640-006-9059-2>. Accessed 12 January 2021.
- Filho, W.L., Saari, U., Fedoruk, M., Iital, A., Moora, H., Klöga, M. et al. (2019). An overview of the problems posed by plastic products and the role of extended producer responsibility in Europe. *Journal of Cleaner Production* 214, 550-558. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.12.256>. Accessed 12 January 2021
- Flaws, J., Damdimopolou, P., Patisaul, H.B., Gore, A., Raetzman, L., and Vandenberg, L.N. (2020). Plastics, EDCs and Health. Guide for public interest organisations and policy-makers on endocrine disrupting chemicals and plastics. Endocrine Society and IPEN. https://www.endocrine.org/-/media/endocrine/files/topics/edc_guide_2020_v1_6chqennew-version.pdf Accessed 25 May 2021.
- Fleet, D., Vlachogianni, T. and Hanke, G., (2021). A Joint List of Litter Categories for Marine Macrolitter Monitoring. EUR 30348 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2021, ISBN 978- 92-76-21445- 8. <https://doi.org/10.2760/127473>, JRC121708
- Forrest, A., Giacobazzi, L., Dunlop, S., Reisser, J., Tickler, D., Jamieson, A. et al. (2019). Eliminating plastic pollution: How a voluntary contribution from industry will drive the circular plastics economy. *Frontiers in Marine Science* 6, 627. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00627>. Accessed 12 January 2021.
- Forrest, S.A., Bourdages, M.P.T., and Vermaire, J.C. (2020). Microplastics in freshwater ecosystems. In *Handbook of Microplastics in the Environment*. Rocha-Santos, T., Costa, M., and Mouneyrac, C., (eds.). Cham: Springer. 1019. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10618-8_2-1. Accessed 12 January 2021.
- Fossi, M.C., Panti, C., Bains, M. and Lavers, J.L. (2018). A review of plastic-associated pressures: Cetaceans of the Mediterranean Sea and Eastern Australian Shearwaters as case studies. *Frontiers in Marine Science* 5, 173. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00173>. Accessed 12 January 2021.
- Fossi, M.C., Vlachogianni, T., Galgani, F., Innocenti, F.D., Zampetti, G. and Leone, G. (2020). Assessing and mitigating the harmful effects of plastic pollution: The collective multi-stakeholder driven Euro- Mediterranean response. *Ocean and Coastal Management* 184, 105005. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2019.105005>. Accessed 12 January 2021.
- Franceschini, S., Mattei, F., D'Andrea, L., Nardi, A. Di, Fiorentino, F., Garofalo, G. et al. (2019). Rummaging through the bin: Modelling marine litter distribution using Artificial Neural Networks. *Marine Pollution Bulletin* 149, 110580. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110580>. Accessed 12 January 2021.
- Franco-Trecu, V., Drago, M., Katz, H., Machin, E. and Marin, Y. (2017). With the noose around the neck: Marine debris entangling otariid species. *Environmental Pollution* 220 (Part B), 985-989. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.11.057>. Accessed 12 January 2021.
- Galgani, F., Brien, A.So., Weis, J. et al. (2021). Are litter, plastic and microplastic quantities increasing in the ocean? *Microplastics and Nanoplastics*. 1, 2. <https://doi.org/10.1186/s43591-020-00002->
- Galloway, T.S., Cole, M. and Lewis, C. (2017). Interactions of microplastic debris throughout the marine ecosystem. *Nature Ecology and Evolution* 1(5), 1-8. <https://doi.org/10.1038/s41559-017-0116>. Accessed 12 January 2021.
- Garaba, S.P. and Dierssen, H.M. (2018). An airborne remote sensing case study of synthetic hydrocarbon detection using short wave infrared absorption features identified from marine- harvested macro- and microplastics. *Remote Sensing of Environment* 205, 224-235. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.11.023>. Accessed 12 January 2021.
- Gattringer, C.W. (2018). A revisited conceptualization of plastic pollution accumulation in marine environments: Insights from a social ecological

- economics perspective. *Marine Pollution Bulletin* 96, 221-226. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.036>. Accessed 12 January 2021.
- GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) (2015). Sources, Fate and Effects of Microplastics in the Marine Environment: A Global Assessment. Kershaw, P.J. (ed.). IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP. https://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf. Accessed 11 January 2021.
- GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) (2019). Guidelines for the Monitoring and Assessment of Plastics Litter in the Ocean. IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP. <http://www.gesamp.org/publications/guidelines-for-the-monitoring-and-assessment-of-plastic-litter-in-the-ocean>. Accessed 11 January 2021
- GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) (2020a). Proceedings of the GESAMP International Workshop on Assessing the Risks Associated with Plastics and Microplastics in the Marine Environment. Kershaw, P.J., Carney Almroth, B., Villarrubia-Gómez, P., Koelmans, A.A. and Gouin, T. (eds.). IMO/FAO/UNESCO-IOC/UNIDO/WMO/IAEA/UN/UNEP/UNDP/ISA. <http://www.gesamp.org/publications/gesamp-international-workshop-on-assessing-the-risks-associated-with-plastics-and-microplastics-in-the-marine-environment>. Accessed 11 January 2021
- GESAMP (Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection) (2020b). Sea-based Sources of Marine Litter – A Review of Current Knowledge and Assessment of Data Gaps. Second Interim Report of GESAMP Working Group 43. June 2020. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome: <http://www.fao.org/3/cb0724en/cb0724en.pdf>. Accessed 11 January 2021
- Gewert, B., Plassmann, M.M. and Macleod, M. (2015). Pathways for degradation of plastic polymers floating in the marine environment. *Environmental Science: Processes and Impacts* 17, 1513-1521. <https://doi.org/10.1039/c5em00207a>. Accessed 11 January 2021
- Geyer, R. (2020). Production, use and fate of synthetic polymers in plastic waste and recycling. In *Plastic Waste and Recycling: Environmental Impact, Societal Issues, Prevention, and Solutions*. Letcher, T.M. (ed.). Cambridge, MA: Academic Press. 13-32. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128178805000025?via%3DIihub>. Accessed 11 January 2021.
- Geyer, R., Kuczenski, B., Zink, T. and Henderson, A. (2016). Common misconceptions about recycling. *Journal of Industrial Ecology* 20(5), 1010-1017. <https://doi.org/10.1111/jiec.12355>. Accessed 11 January 2021.
- Goel, N., Fatima, S.W., Kumar, S., Sinha, R., and Khare, S.K. (2021). Antimicrobial resistance in biofilms: exploring marine actinobacteria as a potential source of antibiotics and biofilm inhibitors. *Biotechnology Reports*, 30, e00613 <https://doi.org/10.1016/j.btre.2021.e00613> Accessed 8 June 2021
- González-Fernández, D. and Hanke, G. (2017). Toward a harmonized approach for monitoring of riverine floating macro litter inputs to the marine environment. *Frontiers in Marine Science* 4, 86. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00086>. Accessed 12 January 2021.
- Gouin, T., Roche, N., Lohmann, R. and Hodges, G. (2011). A thermodynamic approach for assessing the environmental exposure of chemicals absorbed to microplastic. *Environmental Science and Technology* 45(4), 1466-1472. <https://doi.org/10.1021/es1032025>. Accessed 12 January 2021.
- GPML (Global Partnership for Marine Litter) (2021). GPML Digital Platform. <https://digital.gpmlitter.org/> Accessed 13 July 2021
- Green, D.S. (2016). Effects of microplastics on European flat oysters, *Ostrea edulis* and their associated benthic communities. *Environmental Pollution* 216, 95-103. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.043>. Accessed 12 January 2021.
- Green, D.S., Boots, B., Blockley, D.J., Rocha, C. and Thompson, R. (2015). Impacts of discarded plastic bags on marine assemblages and ecosystem functioning. *Environmental Science and Technology* 49(9), 5380-5389. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b00277>. Accessed 12 January 2021.
- Green, D.S., Boots, B., Sigwart, J., Jiang, S. and Rocha, C. (2016). Effects of conventional and biodegradable microplastics on a marine ecosystem engineer (*Arenicola Marina*) and sediment nutrient cycling. *Environmental Pollution* 208, 426-434. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2015.10.010>. Accessed 12 January 2021.
- Green, D.S., Boots B., O'Connor, N.E. and Thompson, R. (2017). Microplastics affect the ecological functioning of an important biogenic habitat. *Environmental Science and Technology* 51(1), 68-77. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04496>. Accessed 12 January 2021.
- Green, D.S., Colgan, T.J., Thompson, R.C. and Carolan, J.C. (2019). Exposure to microplastics reduces attachment strength and alters the haemolymph proteome of blue mussels (*Mytilus edulis*). *Environmental Pollution* 246, 423-434. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.12.017>. Accessed 12 January 2021.
- Groh, K.J., Backhaus, T., Carney-Almroth, B., Gueke, B., Inostroza, P.A., Lennquist, A. et al. (2019). Overview of known plastic packaging-associated chemicals and their hazards. *Science of The Total Environment* 651, 3253-3268. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.015>. Accessed 12 January 2021.
- Guo, X. and Wang, J. (2019). The chemical behaviours of microplastics in marine environment: A review. *Marine Pollution Bulletin* 142, 1-14. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.019>. Accessed 12 January 2021.
- Hall, K. (2000). Impacts of Marine Debris and Oil: Economic and Social Costs to Coastal Communities. Lerwick, Shetland, United Kingdom: Kommunenes Internasjonale Miljøorganisasjon (KIMO). https://www.kimointernational.org/wp/wp-content/uploads/2017/09/KIMO_Impacts-of-Marine-Debris-and-Oil_Karen_Hall_2000.pdf. Accessed 12 January 2021.
- Hallanger, I.G. and Gabrielsen, G.W. (2018). Plastics in the European Arctic. Brief Report No. 045, Norwegian Polar Institute. http://www.synturf.org/images/NPI_Report_-_Kortrapport45.pdf. Accessed 12 January 2021.
- Hämer, J., Gutow, L., Köhler, A., Saborowski, R., Hämer, J., Gutow, L. et al. (2014). Fate of microplastics in the marine isopod *Idotea emarginata*. *Environmental Science and Technology* 48(22), 13451-13458. <https://doi.org/10.1021/es501385y>. Accessed 12 January 2021.
- Hanke, G., Walvoort, D., Van Loon, W., Addamo, A.M., Brosich, A., del Mar Chaves Montero, M. et al. (2019). EU Marine Beach Litter Baselines: Analysis of a Pan-European 2012-2016 Beach Litter Dataset. EUR 30022. Luxembourg: Publications Office of the European Union. <https://doi.org/10.2760/16903>. Accessed 12 January 2021.
- Hardesty, B.D. and Wilcox, C. (2017). A risk framework for tackling marine debris. *Analytical Methods*, 9: 1429. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlepdf/2017/ay/c6ay02934e> Accessed 20/6/2021
- Harris, P.T. (2020). The fate of microplastic in marine sedimentary environments: A review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin* 158, 111398. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111398>. Accessed 10 February 2021.
- Harris, P.T., Tamelander, J., Lyons, Y., Neo, M.L. and Maes, T. (2021). Taking a mass-balance approach to assess marine plastics in the South China Sea. *Marine Pollution Bulletin* 171, 112-708. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112708>. Accessed 20 June 2021.
- Harrison, J.P., Boardman, C., O'Callaghan, K., Delort, A.M. and Song, J. (2018). Biodegradability standards for carrier bags and plastics films in aquatic environments: A critical review. *Royal Society Open Science* 5, 171792. <https://doi.org/10.1098/rsos.171792>. Accessed 12 January 2021.
- Hartley, B.L., Pahl, S., Veiga, J., Vlachogianni, T., Vasconcelos, L., Maes, T. et al. (2018a). Exploring public views on marine litter in Europe: Perceived causes, consequences and pathways to change. *Marine Pollution Bulletin* 133, 945-955. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.05.061>. Accessed 12 January 2021.
- Hartley, B.L., Pahl, S., Holland, M., Alamei, I., Veiga, J. and Thompson, R.C. (2018b). Turning the tide on trash: Empowering European educators and school students to tackle marine litter. *Marine Policy* 96, 227-234. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.002>. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.002>. Accessed 12 January 2021.
- Haward, M. (2018). Plastic pollution of the world's seas and oceans as a contemporary challenge in ocean governance. *Nature Communications* 9, 667. <http://doi.org/10.1038/s41467-018-03104-3>. Accessed 12 January 2021
- He, P., Chen, L., Shao, L., Zhang, H. and Lu, F. (2019). Municipal solid waste (MSW) landfill: A source of microplastic? – Evidence of microplastics in landfill leachate. *Water Research* 159, 38-45. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.04.060>. Accessed 12 January 2021.
- HELCOM (2017). Measuring Progress for the Same Targets in the Baltic Sea. The Baltic Marine Environment Protection Commission. <http://www.>

- helcom.fi/Lists/Publications/BSEP150.pdf. Accessed 12 January 2021.
- HELCOM (2018). HELCOM Guidelines for Monitoring Beach Litter. The Baltic Marine Environment Protection Commission. <https://www.helcom.fi/wp-content/uploads/2019/08/Guidelines-for-monitoring-beach-litter.pdf>. Accessed 12 January 2021.
- Henry, B., Laitala, K. and Grimstad Klepp, I. (2019). Microfibres from apparel and home textiles: Prospects for including microplastics in environmental sustainability assessment. *Science of The Total Environment* 652, 483-494. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.166>. Accessed 12 January 2021.
- Hermabessiere, L., Dehaut, A., Paul-Pont, I., Lacroix, C., Jezequel, R., Soudant, P. et al. (2017). Occurrence and effects of plastic additives on marine environments and organisms: A review. *Chemosphere* 182, 781-793. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.096>. Accessed 12 January 2021.
- Herzke, D., Anker-Nilssen, T., Nøst, T.H., Götsch, A., Christensen-Dalsgaard, S., Langset, M. et al. (2016). Negligible impact of ingested microplastics on tissue concentrations of persistent organic pollutants in northern fulmars off coastal Norway. *Environmental Science and Technology* 50(4), 1924-1933. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.5b04663>. Accessed 12 January 2021.
- Hidalgo-Ruiz, V. and Thiel, M. (2015). The contribution of citizen scientists to the monitoring of marine litter. In *Marine Anthropogenic Litter*. Bergmann, M., Gutow, L. and Klages, E. (eds.). Cham: Springer. 429-447. <https://www.springer.com/gp/book/9783319165097>. <https://www.springer.com/gp/book/9783319165097>. Accessed 12 January 2021.
- Holland, E.R., Mallory, M.L. and Shutler, D. (2016). Plastics and other anthropogenic debris in freshwater birds from Canada. *Science of The Total Environment* 571, 251-258. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.07.158>. Accessed 12 January 2021.
- Hong, S.H., Shim, W.J. and Hong, L. (2017a). Methods of analysing chemicals associated with microplastics: A review. *Analytical Methods* 9, 1361 <https://doi.org/10.1039/c6ay02971j>. Accessed 12 January 2021.
- Hong, S., Lee, J. and Lim, S. (2017b). Navigational threats by derelict fishing gear to navy ships in the Korean Seas. *Marine Pollution Bulletin* 119(2), 100-105. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.04.006>. Accessed 12 January 2021.
- Horton, A.A. and Dixon, S.J. (2018). Microplastics: An introduction to environmental transport processes. *WIREs Water* 5(2), e1268. <https://doi.org/10.1002/wat2.1268>. Accessed 12 January 2021.
- Huang, F.Y., Yang, K., Zhang, Z.X., Su, J.Q., Zhu, Y.G. and Zhang, X. (2019). Effects of microplastics on antibiotic resistance genes in estuarine sediments. *PMID* 40(5), 2234-2239 [in Chinese]. <https://doi.org/10.13227/j.hjx.201810108>; English abstract at <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31087861/>. Accessed 12 January 2021.
- ICIS [Independent Commodity Intelligence Services] (2020). Post corona virus what will change? <https://icis.com/explore/resources/news/2020/04/30/10502603/post-corona-what-will-change>. Accessed 13 July 2021
- ILO (International Labour Organization) (2017). Cooperation among Workers in the Informal Economy: A Focus on Home-based Workers and Waste Pickers. A Joint ILO and WIEGO Initiative. Geneva. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---coop/documents/publication/wcms_567507.pdf. Accessed 12 January 2021.
- ILO (2019). Waste Pickers' Cooperatives and Social and Solidarity Economy Organizations. Cooperatives and the World of Work Series No. 12. Geneva. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/---emp_ent/---coop/documents/publication/wcms_715845.pdf. Accessed 12 January 2021
- IMarEST (Institute of Marine Engineering Science and Technology) (2019). Steering towards an Industry Level Response to Marine Plastic Pollution: Roundtable Summary Report. London. <https://www.imarest.org/policy-news/thought-leadership/1039-marine-plastics/file>. Accessed 12 January 2021.
- Imhof, H.K., Sigl, R., Brauer, E., Feyl, S., Giesemann, P., Klink, S. et al. (2017). Spatial and temporal variation of macro-, meso- and microplastic abundance on a remote coral island of the Maldives, Indian Ocean. *Marine Pollution Bulletin* 116, 340-347. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.01.010>. Accessed 12 January 2021.
- International Chamber of Shipping (2021). Shipping and world trade. <https://www.ics-shipping.org/shipping-fact/shipping-and-world-trade-driving-prosperity/>. Accessed 10 September 2021.
- IRP (International Resource Panel) (2019). Global Resources Outlook 2019: Natural Resources for the Future We Want. Oberle, B., Bringezu, S., Hatfield-Dodds, S., Hellweg, S., Schandl, H., Clement, J., and Cabernard, L., Che, N., Chen, D., Droz-Georget, H. et al. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya. <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>. Accessed 15 June 2021
- IRP (2021). Policy options to eliminate additional marine plastic litter by 2050 under the G20 Osaka Blue Ocean Vision. Fletcher, S., Roberts, K.P., Shiran, Y., Virdin, J., Brown, C., Buzzi, E., Alcolea, I.C., Henderson, L., Laubinger, F., Milà i Canals, L., Salam, S., Schmuck, S.A., Veiga, J.M., Winton, S., Youngblood, K.M. A Report of the International Resource Panel. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya. https://www.resourcepanel.org/sites/default/files/documents/document/media/policy_options_to_eliminate_additional_marine_plastic_litter.pdf Accessed 13 July 2021.
- Jacob, H., Besson, M., Swarzenski, P.W., Lecchini, D. and Metian, M. (2020). Effects of virgin micro- and nanoplastics on fish: Trends, meta-analysis, and perspectives. *Environmental Science and Technology* 54(8), 4733-4745. <https://dx.doi.org/10.1021/acs.est.9b05995>. Accessed 12 January 2021.
- Jambeck, J., Hardesty, B.D., Brooks, A.L., Friend, T., Teleki, K., Fabres, J. et al. (2018). Challenges and emerging solutions to the land-based plastic waste issue in Africa. *Marine Policy* 96, 256-263. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.10.041>. Accessed 12 January 2021.
- Jang, Y.C., Hong, S., Lee, J., Lee, M.J. and Shim, W.J. (2014). Estimation of lost tourism revenue in Geoje island from the 2011 marine debris pollution event in South Korea. *Marine Pollution Bulletin* 81, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.02.021>. Accessed 12 January 2021.
- Jang, Y.C., Lee, J., Hong, S., Choi, H.W., Shim, W.J. and Hong, S.Y. (2015). Estimating the global inflow and stock of plastic marine debris using material flow analysis. *Journal of the Korean Society for Marine Environment and Energy* 18, 263-273.
- Janssen, C., de Rycke, M. and van Cauwenberghe, L. (2014). Marine Pollution along the East Africa Coast: Problems and Challenges. International Workshop – Sustainable Use of Coastal and Marine Resources in Kenya: From Research to Societal Benefits. Laboratory of Environmental Toxicology and Aquatic Ecology, Environmental Toxicology Unit Lab (GhenToxLab), University of Ghent, Belgium. <http://www.vliz.be/kenya/sites/vliz.be.kenya/files/public/KMFRIdocuments/Colin%20Janssen.pdf>. Accessed 12 January 2021.
- Jeffrey, C.F., Havens, K.J., Slacum, H.W., Bilkovic, D.M., Zaveta, D., Scheld, A.M. et al. (2016). Assessing Ecological and Economic Effects of Derelict Fishing Gear: A Guiding Framework. Virginia Institute of Marine Science, William and Mary. <http://doi.org/10.21220/V50W23>. Accessed 12 January 2021.
- Jobstvogt, N., Hanley, N., Hynes, S., Kenter, J. and Witte, U. (2014). Twenty thousand sterling under the sea: Estimating the value of protecting deep-sea biodiversity. *Ecological Economics* 97, 10-19. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.10.019>. Accessed 12 January 2021.
- Joshi, C., Seay, J. and Banadda, N. (2019). A perspective on locally managed decentralized circular economy for water plastic in developing countries. *Environmental Programmes in Sustainable Energy* 38, 3-11. <https://doi.org/10.1002/ep.13086>. Accessed 12 January 2021.
- Kandziora, J.H., van Toulon, N., Sobral, P., Taylor, H.L., Ribbink, A.J., Jambeck, J.R. et al. (2018). The important role of marine debris networks to prevent and reduce ocean plastic pollution. *Marine Pollution Bulletin* 141, 657-662. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.01.034>. Accessed 12 January 2021.
- Kanhai, L.D.K., Gårdfeldt, K., Lyashevskaya, O., Hesselhöf, Thompson, R.C. and O'Connor, I. (2018). Microplastics in sub-surface waters of the Arctic Central Basin. *Marine Pollution Bulletin* 130, 8-18. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.03.011>. Accessed 12 January 2021.
- Kanhai, L.D.K., Johansson, C., Frias, J.P.G.L., Gårdfeldt, K., Thompson, R.C. and O'Connor, I. (2019). Deep sea sediments of the Arctic Central Basin: A potential sink for microplastics. *Deep-Sea Research I Oceanography Research Papers* 145, 137-142. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2019.03.003>. Accessed 12 January 2021.
- Karasik, R., Vegh, T., Diana, Z., Bering, J., Caldas, J., Pickle, A., Rittschof, D. and Virdin, J. (2020). 20 Years of Government Responses to the Global Plastic Pollution Problem. Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University, Durham, North Carolina, United States. <https://nicholasinstitute.duke.edu/publications/20-years-government-responses-global-plastic-pollution-problem>. Accessed 12 January 2021.

- Karlsson, T.M., Arneborg, L. Bronström, G., Carney Almroth, B., Gipperth, L. and Hassellöv, M. (2018). The unaccountability case of plastic pellet pollution. *Marine Pollution Bulletin* 129, 52-60. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.041>. Accessed 12 January 2021.
- Kaza, S.L.C., Yao, P., Bhada-Tata, P. and Van Woerden, F. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*. Urban Development Series. Washington, D.C.: World Bank Group. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/30317>. Accessed 12 January 2021.
- Kedzierski, M., d'Almeida, M., Magueresse, A., Le Grand, A., Duval, H., César, G. et al. (2018). Threat of plastic ageing in marine environments. Adsorption/desorption of micropollutants. *Marine Pollution Bulletin* 127, 684-694. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.12.059>. Accessed 12 January 2021.
- Kiessling, T., Salas, S., Mutafoglu, K. and Thiel, M. (2017). Who cares about dirty beaches? Evaluating environmental awareness and action on coastal litter in Chile. *Ocean and Coastal Management* 137, 82-95. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.11.029>. Accessed 12 January 2021.
- Kirstein, I.V., Kirmizi, S., Wichels, A., Garin-Fernandez, A., Erler, R., Martin, L. et al. (2016). Dangerous hitchhikers? Evidence for potentially pathogenic *Vibrio* spp. on microplastics particles. *Marine Environmental Research* 120, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2016.07.004>. Accessed 12 January 2021.
- Koelmans, A.A., Besseling, E. and Foekema, E.L. (2014). Leaching of plastics additives to marine organisms. *Environmental Pollution* 187, 49-54. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.12.013>. Accessed 12 January 2021.
- Koelmans, A.A., Bakir, A., Burton, G.A. and Janssen C.R. (2016). Microplastic as a vector for chemicals in the aquatic environment: Critical review and model-supported reinterpretation of empirical studies. *Environmental Science and Technology* 50(7), 3315-3326. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b06069>. Accessed 12 January 2021.
- Koelmans, A.A., Besseling, E., Foekema, E., Kooi, M., Mintenig, S., Ossendorp, B.C. et al. (2017). Risks of plastic debris: Unravelling fact, opinion, perception and belief. *Environmental Science and Technology* 51(20), 11513-11519. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b02219>. Accessed 12 January 2021.
- Koelmans, A.A., Mohamed Nor, N.H., Hermsen, E., Kooi, M., Mintenig, S.M. and De France, J. (2019). Microplastics in freshwaters and drinking water: Critical review and assessment of data quality. *Water Research* 155, 410-422. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.02.054>. Accessed 12 January 2021.
- Koelmans, A.A., Redondo-Hasselerharm, P.E., Nor, N.H.M. and Kooi, M. (2020). Solving the nonalignment of methods and approaches used in microplastic research to consistently characterize risk. *Environmental Science and Technology*, 54 (19), 12307-12315. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c02982>. Accessed 12 January 2021.
- Kögel T., Refosco A. and Maage A. (2020). Surveillance of seafood for microplastics. In *Handbook of Microplastics in the Environment*. Rocha-Santos, T., Costa, M. and Mouneyrac, C. (eds.). Cham: Springer. 1-34. https://doi.org/10.1007/978-3-030-10618-8_28-1. Accessed 12 January 2021.
- Kooi, M., Reisser, J., Slat, B., Ferrari, F.F., Schmid, M.S., Cunsolo, S. et al. (2016). The effect of particle properties on the depth profile of buoyant plastics in the ocean. *Scientific Reports* 6, 33882. <https://doi.org/10.1038/srep33882>. Accessed 12 January 2021.
- Krelling, A.P., Williams, A.T. and Turra, A. (2017). Differences in perception and reaction of tourist groups to beach marine debris that can influence a loss of tourism revenue in coastal areas. *Marine Policy* 85, 87-99. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.08.021>. Accessed 12 January 2021.
- Landrigan, P.J., Stegeman, J., Fleming, L., Allemand, D., Anderson, D., Backer, L. et al. (2020) Human health and ocean pollution. *Annals of Global Health* 86(1) 151, 1-64. <https://doi.org/10.5334/aogh.2831>. Accessed 13 January 2021.
- Lau, W.Y., Shiran, Y., Bailey, R.M., Cook, E., Stutchey, M.R., Koskella, J. et al. (2020). Evaluating scenarios toward zero plastic pollution. *Science* 369(6510), 1455-1461. <https://doi.org/10.1126/science.aba9475>; or <https://www.pewtrusts.org/en/research-and-analysis/articles/2020/10/08/plastic-pollution-rampant-worldwide-could-be-cut-by-80-percent-in-20-years> (free access link also on this page). Accessed 13 January 2021.
- Lavers, J.L. and Bond, A.L. (2017). Exceptional and rapid accumulation of anthropogenic debris on one of the world's most remote and pristine islands. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114(23), 6052-6055. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619818114>. <https://doi.org/10.1073/pnas.1619818114>. Accessed 13 January 2021.
- Law, K.L., Morét-Ferguson, S.E., Goodwin, D.S., Zettler, E.R., DeForce, E., Kukulka, T. et al. (2014). Distribution of surface plastic debris in the eastern Pacific Ocean from an 11-year data set. *Environmental Science and Technology* 48(9), 4732-38. <https://doi.org/10.1021/es4053076>. Accessed 13 January 2021.
- Law, K.L.L. (2017). Plastics in the marine environment. *Annual Review of Marine Science* 9, 205-29. <https://doi.org/10.1146/annurev-marine-010816-060409>. Accessed 13 January 2021. <https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2015.18.4.263>. Accessed 12 January 2021.
- Lebreton, L.C., van der Zwet, J., Damsteeg, J.W., Slat, B., Andrady, A. and Reisser, J. (2017). River plastics emissions to the world's oceans. *Nature Communications* 8, 5611. <https://doi.org/10.1038/ncomms15611>. Accessed 13 January 2021.
- Lebreton, L., Slat, B., Ferrari, F., Sainte-Rose, B., Aitken, J., Marthouse, R. et al. (2018). Evidence that the Great Pacific Garbage Patch is rapidly accumulating plastic. *Scientific Reports* 8, 4666 <https://doi.org/10.1038/s41598-018-22939-w>. Accessed 13 January 2021.
- Lebreton, L., Egger, M. and Slat, B. (2019) A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Scientific Reports* 9, 12922 [also see Lebreton, L., Egger, M. and Slat, B. (2020). Author correction: A global mass budget for positively buoyant macroplastic debris in the ocean. *Scientific Reports* 10, 1841, below]. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49413-5>. Accessed 13 January 2021.
- Lebreton, L., Egger, M. and Slat, B. (2020). Author correction: A global mass budget for positively buoyant microplastic debris in the ocean in the ocean. *Scientific Reports* 10, 1841. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-58755-4>. Accessed 13 January 2021.
- Leggett, C., Schere, N., Haab, T.C., Bailey, R., Landrum, J.P. and Domanski, A. (2018). Assessing the economic benefits of reductions in marine debris at southern California beaches: A random utility travel cost model. *Marine Resource Economics* 33(2), 133-153. <https://doi.org/10.1086/697152>. Accessed 13 January 2021.
- Leslie, H.A., Leonards, P.E.G., Brandsma, S.H., J. de Boer, and Jonkers, N. (2016) Propelling plastics into the circular economy – weeding out the toxics first. *Environmental International* 94, 230-234. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412016301854>. Accessed 25 May 2021.
- Li, L. F., Zhang, X., Luan, Z. D., Du, Z. F., Xi, S. C., Wang, B., et al. (2018). In situ quantitative raman detection of dissolved carbon dioxide and sulfate in deepsea high-temperature hydrothermal vent fluids. *Geochemical Geophysical Geosystems* 19:7445. <https://doi.org/10.1029/2018GC007445>. Accessed 20 June 2021
- Lieder, M. and Rashid, A. (2015) Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115: 36-51. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.12.042>. Accessed 20 June 2021
- Lindeque, P.K., Cole, M., Coppock, R.L., Lewis, C.N., Miller, R.Z., Watts, A.J.R. et al. (2020). Are we underestimating microplastic abundance in the marine environment? A comparison of microplastic capture with nets of different mesh-size. *Environmental Pollution* 265, Part A, 114721. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114721>. Accessed 13 January 2021.
- Lotze, H.K., Guest, H., O'Leary, J., Tuda, A. and Wallace, D. (2018). Public perception of marine threats and protection from around the world. *Ocean and Coastal Management* 152, 14-22. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.11.004>. Accessed 13 January 2021.
- Lusher, A.L., Hollman, P.C.H. and Mendoza-Hill, J.J. (2017a). Microplastics in Fisheries and Aquaculture: Status of Knowledge on Their Occurrence and Implications for Aquatic Organisms and Food Safety. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 615*. Rome. <http://www.fao.org/3/a-i7677e.pdf>. Accessed 13 January 2021.
- Lusher, A.L., Welden, N.A., Sobral, P. and Cole, M. (2017b). Sampling, isolating and identifying microplastics ingested by fish and invertebrates. *Analytical Methods* 9, 1346. <https://doi.org/10.1039/C6AY02415G>. Accessed 13 January 2021.
- Lynn, H., Rech, S. and Samwel-Mantingh, M. (2017). *Plastics, Gender and the Environment: Findings of a Literature Study on the Lifecycle of Plastics and its Impacts on Women and Men, from Production to Litter*. The Netherlands, France and Germany: Women Engage for a Common Future (WECF).

- <https://www.wecf.org/wp-content/uploads/2018/11/PlasticsgenderandtheenvironmentHighRes-min.pdf>. Accessed 13 January 2021.
- Lyons, Y., Su, T.L. and Meo, M.L. (2019). A Review of Research on Marine Plastics in Southeast Asia. Who Does What? National University of Singapore, British High Commission Singapore, UK Science & Information Network. https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/813009/A_review_of_research_on_marine_plastics_in_southeast_asia_-_Who_does_what.pdf. Accessed 13 January 2021.
- Macfadyen, G., Huntington, T. and Cappell, R. (2009). Abandoned, Lost or Otherwise Discarded Fishing Gear. UNEP Regional Seas Reports and Studies No.185; FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 523. Rome. <http://www.fao.org/3/i0620e/i0620e00.htm>. Accessed 13 January 2021.
- Maeland, C.E. and Staupe-Delgado, R. (2020). Can the global problem of marine litter be considered a crisis? *Risks, Hazards and Crisis in Public Policy* 11, 87-104. <https://doi.org/10.1002/rhc3.12180>. Accessed 13 January 2021.
- Maes, T., Perry, J., Alliji, K., Clarke, C. and Birchenough, A.N.R. (2019). Shades of grey: Marine litter research developments in Europe. *Marine Pollution Bulletin* 146, 274-281. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.06.019>. Accessed 13 January 2021.
- Maes, T., van Diemen de Jel, J., Vethaak, A.D., Desender, M., Bendall, V.A., van Velzen, M., and Leslie, H.L. (2020) You are what you eat, microplastics in Porbeagle Sharks from the North East Atlantic: Method development and analysis in spiral valve content and tissue. *Frontiers in Marine Science*, 5 May 2020, <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.00273>. Accessed 13 January 2021.
- Mahon, A.M., O'Connell, B., Healy, M.G., O'Connor, I., Officer, R., Nash, R. et al. (2017). Microplastics in sewage sludge: Effects of treatment. *Environmental Science and Technology* 51(2), 810-818. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04048>. Accessed 13 January 2021.
- Markic, A., Gaertner, J.C., Gaertner-Mazouni, N. and Koelmans, A.A. (2020). Plastic ingestion by marine fish in the wild. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology* 50(7), 67-697. <https://doi.org/10.1080/10643389.2019.1631990>. Accessed 13 January 2021.
- Martínez-Vicente, V., Clark, J.R. Corradi, P., Aliani, S., Arias, M., Bochow, M. et al. (2019). Measuring marine plastic debris from space: Initial assessment of observation requirements. *Remote Sensing* 11, 2443. <https://doi.org/10.3390/rs11202443>. Accessed 13 January 2021.
- Mason, S.A., Garneau, D., Sutton, R., Chu, Y., Ehmann, K., Barnes, J. et al. (2016). Microplastics pollution is widely detected in US municipal wastewater treatment plant effluent. *Environmental Pollution* 218, 1045-1054. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.08.056>. Accessed 13 January 2021.
- Matheson, T. (2019). Disposal is Not Free: Fiscal Instruments to Internalize the Environmental Costs of Solid Waste. *International Monetary Fund Working Paper* 19/283. <https://www.imf.org/en/Publications/WP/Issues/2019/12/20/Disposal-is-Not-Free-Fiscal-Instruments-to-Internalize-the-Environmental-Costs-of-Solid-Waste-48854>. Accessed 13 January 2021.
- Mattsson, K., Hansson, L.-A. and Cedervalla, T. (2015). Nano-plastics in the aquatic environment. *Environmental Sciences: Processes and Impacts* 17, 1712. <https://doi.org/10.1039/c5em00227c>. Accessed 13 January 2021.
- Maximenko, N., Corradi, P., Law, K.L., Van Sebille, E., Garaba, S.P., Lampitt, R.S. et al. (2019). Toward the Integrated Marine Debris Observing System. *Frontiers in Marine Science* 6, 447. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00447>. Accessed 13 January 2021.
- McIlgorm, A., Campbell H. F. and Rule M. J. (2008). Understanding the economic benefits and costs of controlling marine debris in the APEC region (MRC 02/2007). A report to the Asia-Pacific Economic Cooperation Marine Resource Conservation Working Group by the National Marine Science Centre (University of New England and Southern Cross University), Coffs Harbour, NSW, Australia, December. <https://www.apec.org/Publications/2009/04/Understanding-the-Economic-Benefits-and-Costs-of-Controlling-Marine-Debris-In-the-APEC-Region> Accessed 27 July 2021
- McIlgorm, A., Campbell, H.F. and Rule, M.J. (2011). The economic cost and control of marine debris damage in the Asia-Pacific region. *Ocean and Coastal Management* 54(9), 643-651. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2011.05.007>. Accessed 13 January 2021.
- McIlgorm, A., Raubenheimer, K. and McIlgorm, D.E. (2020). Update of 2009 APEC Report on Economic Costs of Marine Debris to APEC Economies. Report to the APEC Oceans and Fisheries Working Group by the Australian National Centre for Ocean Resources and Security (ANCORS), University of Wollongong, Australia. <https://www.apec.org/Publications/2020/03/Update-of-2009-APEC-Report-on-Economic-Costs-of-Marine-Debris-to-APEC-Economies>. Accessed 13 January 2021.
- McNeish, R.E., Kim, L.H., Barrett, H.A., Mason, S.A., Kelly, J.J. and Hoellein, T.J. (2018). Microplastic in riverine fish is connected to species traits. *Scientific Reports* 8(1), 11639. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29980-9>. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-29980-9>. Accessed 13 January 2021.
- Meijer, J.J., van Emmerik, T., van der Ent, R. Schmidt, C. and Lebretton, L. (2021). More than 1000 rivers account for 80% of global riverine plastic emissions into the ocean. *Science Advances* 7(18), eaaz5803. <https://doi.org/10.1126/sciadv.aaz5803>. Accessed 30 May 2021
- Michida, Y., Chavanich, S., Cózar Cabañas, A., Hagmann, P., Hinata, H., Isobe, A. et al. (2020). Guidelines for Harmonizing Ocean Surface Microplastic Monitoring Methods. Version 1.1, June 2020. Ministry of the Environment of Japan. https://www.env.go.jp/en/water/marine_litter/guidelines/guidelines.pdf. Accessed 13 January 2021.
- Miller, R.Z., Watts, A.J., Winslow, B.O., Galloway, T.S. and Barrows, A.P.W. (2017). Mountains to the sea: River study of plastic and non-plastic microfibre pollution in the northeast USA. *Marine Pollution Bulletin* 124(1), 245-251. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.07.028>. Accessed 13 January 2021.
- Mouat, J., Lozano, R.L. and Bateson, H. (2010). Economic Impacts of Marine Litter. KIMO (Kommunernes International Miljøorganisation/Local Authorities International Environmental Organisation). http://www.kimointernational.org/wp/wp-content/uploads/2017/09/KIMO_Economic-Impacts-of-Marine-Litter.pdf. Accessed 13 January 2021.
- Moltmann, T., Turton, J., Zhang, H.-M., Nolan, G., Gouldman, C., Griesbauer, L. et al. (2019). A Global Ocean Observing System (GOOS), delivered through enhanced collaboration across regions, communities, and new technologies. *Frontiers in Marine Science* 6, 291. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00291>. Accessed 13 January 2021.
- M'Rabat, C., Pringault, O., Zmerli-Triki, H., Héla, B.G., Couet, D. and Kéfi-Daly Yahia, O. (2018). Impact of two plastic-derived chemicals, the Bisphenol A and the di-2-ethylhexyl phthalate, exposure on the marine toxic dinoflagellate *Alexandrium pacificum*. *Marine Pollution Bulletin* 126, 241-249. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.10.090>. Accessed 13 January 2021.
- Muirhead, J. and Porter, T. (2019). Traceability in global governance. *Global Networks* 19(3), 423-443. <https://doi.org/10.1111/glob.12237>. <https://doi.org/10.1111/glob.12237>. Accessed 13 January 2021.
- Munari, C., Corbau, C., Simeoni, U. and Mistri, M. (2015). Marine litter on Mediterranean shores: Analysis of composition, spatial distribution and sources in north-western Adriatic beaches. *Waste Management* 49, 483-490. Accessed 13 January 2021.
- Murray, C.C., Maximenko, N. and Lippiatt, S. (2018). The influx of marine debris from the great Japan Tsunami of 2011 to North America shorelines. *Marine Pollution Bulletin* 132, 26-32. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.004>. Accessed 13 January 2021.
- Nakashima, E., Isobe, A., Kako, S., Itai, T., Takahashi, S. and Guo, X. (2016). The potential of oceanic transport and onshore leaching of additive-derived lead by marine macro-plastic debris. *Marine Pollution Bulletin* 107, 333-339. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.03.038>. Accessed 13 January 2021.
- Napper, I.E. and Thompson, R.C. (2019). Environmental deterioration of biodegradable, oxo biodegradable, compostable, and conventional plastics carrier bags in the sea, soil, and open-air over a 3-year period. *Environmental Science and Technology* 53(9), 4775-4783. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b06984>. Accessed 13 January 2021.
- Narancic, T., Verstichel, S., Chaganto, S.R., Morales-Gamez, L., Kenny, S.T., De Wilde, B. et al. (2018). Biodegradable plastic blends create new possibilities for end-of-life management of plastics but they are not a panacea for plastic pollution. *Environmental Science and Technology* 52(18), 10441-10452. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b02963>. Accessed 13 January 2021.
- Nelms, S.E., Barnett, J., Brownlow, A., Davison, N.J., Deaville, R., Galloway, T.S. et al. (2019a). Microplastics in marine mammals stranded around the British

- coast: Ubiquitous but transitory? *Scientific Reports* 9(1), 1075. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-37428-3>. Accessed 13 January 2021.
- Nelms, S.E., Parry, H.E., Bennett, K.A., Galloway, T.S., Godley, B.J., Santillo, D. et al. (2019b). What goes in, must come out: Combining scat-based molecular diet analysis and quantification of ingested microplastics in a marine top predator. *Methods in Ecological Evolution* 10(10), 1712-1722. <https://doi.org/10.1111/2041-210X.13271>. Accessed 13 January 2021.
- Newman, S., Watkins, E., Farmer, A., ten Brink, P. and Schweitzer, J.P. (2015). The economics of marine litter. In *Marine Anthropogenic Litter*. Bergmann, M., Gutow, L. and Klages, E. (eds.). Cham: Springer Open Access. 367-394. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-16510-3_14. Accessed 13 January 2021.
- Nizzetto, L., Futter, M. and Langaas, S. (2016a). Are agricultural soils dumps for microplastics of urban origin? *Environmental Science and Technology* 50(20), 10777-10779. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b04140>. Accessed 13 January 2021.
- Nizzetto, L., Bussi, G., Futter, M.N., Butterfield, D. and Whitehead, P.G. (2016b). A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments. *Environmental Science: Processes and Impacts* 18(8), 1050-1059. <https://doi.org/10.1039/C6EM00206D>. Accessed 13 January 2021.
- NOAA (United States National Oceanic and Atmospheric Administration) (2015). Detecting Japan Tsunami Marine Debris at Sea: A Synthesis of Efforts and Lessons Learned. NOAA Marine Debris Program, US Department of Commerce, Technical Memorandum NOS-OR&R-51. https://marinedebris.noaa.gov/sites/default/files/JTMD_Detection_Report.pdf Accessed 20 November 2020.
- Nobre, C.R., Santana, M.F.M., Maluf, A., Cortez, F.S., Cesar, A., Pereira, C.D.S. et al. (2015). Assessment of microplastic toxicity to embryonic development of the sea urchin *Lytechinus variegatus* (Echinodermata: Echinoidea). *Marine Pollution Bulletin* 92(1-2), 99-104. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2014.12.050>. Accessed 13 January 2021.
- Northwest Pacific Action Plan (2017). NOWPAP Medium-term Strategy 2018-2023. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/27258>. Accessed 13 January 2021.
- Obbard, R.W., Sadri, S., Wong, Y.Q., Khitun, A.A., Baker, I. and Thompson, R.C. (2014). Global warming releases microplastics legacy frozen in Arctic Sea ice. *Earth's Future* 2(6), 315-320. <https://doi.org/10.1002/2014EF000240>. Accessed 13 January 2021.
- O'Brine, T. and Thompson, R.C. (2010). Degradation of plastic carrier bags in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 60, 2279-2283. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2010.08.005>. Accessed 13 January 2021.
- Ocean Conservancy and McKinsey Center for Business and Environment (2015). *Stemming the Tide; Land-based Strategies for a Plastic-free Ocean*. <https://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability/our-insights/stemming-the-tide-land-based-strategies-for-a-plastic-free-ocean>. Accessed 13 January 2021.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) (2016). *Extended Producer Responsibility: Updated Guidance for Efficient Waste Management*. <https://doi.org/10.1787/9789264256385-en>. Accessed 13 January 2021.
- OECD (2019). *Waste Management and the Circular Economy in Selected OECD Countries. Evidence from Environmental Performance Reviews*. <https://doi.org/10.1787/9789264309395-en>. Accessed 13 January 2021.
- Onda, D.F., and Sharief, K.M. (2021). Identification of microorganisms related to microplastics. *Handbook of Microplastics in the Environment*. T. Rocha-Santos et al. (eds) https://doi.org/10.1007/978-3-030-10618-8_40-1 Accessed 20 June 2021.
- Onink, V., Wichmann, D., Delandmeter, P. and van Sebille, E. (2019). The role of Ekman currents, geostrophy, and Stokes drift in the accumulation of floating microplastic. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 124, 1474-1490. <https://doi.org/10.1029/2018JC014547>. Accessed 13 January 2021.
- Oosterhuis, F., Papyrakis, E. and Boteler, B. (2014). Economic Instrument and marine litter control. *Ocean and Coastal Management* 102, 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.08.005>. Accessed 13 January 2021.
- OSPAR (2020). *Monitoring and assessing marine litter: Marine litter indicator assessments*. <https://www.ospar.org/work-areas/eiha/marine-litter/assessment-of-marine-litter>. Accessed 13 January 2021.
- Palatinus, A., Kovač Viršek, M., Robič, U., Grego, M., Bajt, O., Šiljić, J. et al. (2019). Marine litter in the Croatian part of the middle Adriatic Sea: Simultaneous assessment of floating and seabed macro and micro litter abundance and composition. *Marine Pollution Bulletin* 139, 427-439. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.12.038>. Accessed 13 January 2021.
- Papathanasopoulou, I., White, M.P., Hattam, C., Lannin, A., Harvey, A. and Spencer, A., (2016). Valuing the health benefits of physical activities in the marine environment and their importance for marine spatial planning. *Marine Policy* 63, 144-152. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2015.10.009>. Accessed 13 January 2021.
- Parts, C. (2019). Waste not want not: Chinese recyclable waste restrictions, their global impact, and potential U.S. responses. *Chicago Journal of International Law* 20(1), article 8. <https://chicagounbound.uchicago.edu/cjil/vol20/iss1/8>.
- Pasternak, G., Zviely, D. and Ribic, C.A. (2017). Sources, composition and spatial distribution of marine litter along the Mediterranean coast of Israel. *Marine Pollution Bulletin* 114, 1036-1045. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.11.023>. Accessed 13 January 2021.
- Paul-Pont, I., Lacroix, C., Fernández, C.G., Hégaret, H., Lambert, C., Le Goic, N. et al. (2016). Exposure of marine mussels *Mytilus* spp. to polystyrene microplastics: toxicity and influence on fluoranthene bioaccumulation. *Environmental Pollution* 216,
- Pedrotti, M.L., Petit, S., Elineau, A., Bruzard, S., Crebassa, J.-C., Dumontet, B. et al. (2016). Changes in the floating plastics pollution of the Mediterranean Sea in relation to the distance to land. *PLoS ONE* 11(8), e0161581. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0161581>. Accessed 13 January 2021.
- Peng, G., Bellerby, R., Zhang, F., Sun, X. and Li, D. (2020). The ocean's ultimate trashcan: Hadal trenches as major depositories for plastics pollution. *Water Research* 168, 15121. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2019.115121>. Accessed 13 January 2021.
- Peng, L., Du, D., Qi, H., Lan, C.Q., Yu, H. and Ge, C. (2020) Micro- and nano-plastics in marine environment: Source, distribution and threats – a review. *Science of The Total Environment* 698, 134254. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134254>. Accessed 13 January 2021.
- Petrolia, D.P., Penn, J., Quainoo, R., Caffey, R.H. and Fannin, J.M. (2019). Know the beach: Values of beach condition information. *Marine Resource Economics* 34, 331-359. <https://doi.org/10.1086/706248>. Accessed 13 January 2021.
- Piehl, S., Leibner, A., Loder, M.G., Dris, R., Bogner, C. and Laforsch, C. (2018). Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland. *Scientific Reports* 8, 17950. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36172-y>. Accessed 13 January 2021.
- PlasticsEurope (2019). *Plastics – The Facts 2019. An Analysis of European Plastics Production, Demand and Waste Data*. <https://www.plasticseurope.org/en/focus-areas/strategy-plastics>. https://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf. Accessed 13 January 2021.
- Posen, I.D., Jramillo, P., Landis, A.E. and Griffin, W.M. (2017). Greenhouse gas mitigation for U.S. plastics production: Energy first, feedstocks later. *Environmental Research Letters* 12, 034024. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa60a7/meta>. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa60a7/meta>. Accessed 13 January 2021.
- Prata, J.C., da Costa, J.P. Duarte, A.C. and Rocha-Santos, R. (2019). Methods for sampling and detection of microplastics in water and sediment: A critical review. *TrAC Trends in Analytical Chemistry* 110, 150-159. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2018.10.029>. Accessed 13 January 2021.
- Prata, J.C., da Costa, J.P. Lopes, I., Duarte, A.C. and Rocha-Santos, T. (2020). Environmental exposure to microplastics: An overview on possible human health effects. *Science of The Total Environment* 702, 13445. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134455>. Accessed 13 January 2021.
- Primpke, S., Dias, P.A. and Gerdt, G. (2019). Automated identification and quantification of microfibrils and microplastics. *Analytical Methods* 11, 2138- 2147. <https://doi.org/10.1039/C9AY00126C>. Accessed 13 January 2021.
- Purba, N.P., Handyman, D.I.W., Pribadi, T.D., Syakti, A.D., Pranowo, W.S., Harvey, A., and Ihsan, Y. (2019) Marine debris in Indonesia: a review of research and status. *Marine Pollution Bulletin*, 146: 1340144. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.05.057> Accessed 20 June 2021

- Qiang, M., Shen, M. and Xie, H. (2020). Loss of tourism revenue induced by coastal environmental pollution: a length-of-stay perspective. *Journal of Sustainable Tourism*, 28(4):550-567. <https://doi.org/10.1080/09669582.2019.1684931>. Accessed 13 January 2021.
- Raubenheimer, K. and Mcllgorm, A. (2018). Can the Basel and Stockholm conventions provide a global framework to reduce the impact of marine plastics litter? *Marine Policy* 96, 285-290. . <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.01.013>. Accessed 13 January 2021.
- Raubenheimer, K. and Uhro, N. (2020). Rethinking global governance of plastics – the role of industry. *Marine Policy*, 113, 103802. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.103802>. Accessed 13 January 2021.
- Rech, S., Borrell, Y. and García-Vazquez, E. (2016). Marine litter as a vector for non-native species: What we need to know. *Marine Pollution Bulletin*, 113(1-2), 40-43. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.08.032>. Accessed 13 January 2021
- Reddy, M. S., Shaik Basha, Adimurthy, S. & Ramachandraiah, G. (2006). Description of the small plastics fragments in marine sediments along the Alang–Sosiya ship-breaking yard, India. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68(3–4), 656–660. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2006.03.018> Accessed 20 June 2021.
- Rehn, A.C., Barnett, A.J. and Wiber, M.G. (2018). Stabilizing risk using public participatory GIS: A case study on mitigating marine debris in the Bay of Fundy, Southwest New Brunswick, Canada. *Marine Policy*, 96, 264-269. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.033>. Accessed 13 January 2021.
- Reichert, J., Arnold, A.L., Hoogenboom, M.O., Schubert, P. and Wilke, T. (2019). Impacts of microplastics on growth and health of hermatypic corals are species-specific. *Environmental Pollution* 254, Part B, 113074. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113074>. Accessed 13 January 2021.
- Remy, F., Collard, F., Gilbert, B., Compoère, P., Eppe, G. and Lepoint, G. (2015). When microplastic is not plastic: The ingestion of artificial cellulose fibres by macrofauna living in seagrass macrophytodebris. *Environmental Science and Technology* 49(18), 11158-11166. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b02005>. Accessed 13 January 2021
- Renzi, M., Grazioli, E. and Blašković, A. (2019). Effects of different microplastic types and surfactant- microplastic mixtures under fasting and feeding conditions: A case study on *Daphnia magna*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 103(3), 367-373. <https://doi.org/10.1007/s00128-019-02678-y>. Accessed 13 January 2021.
- Reinert, T.R., Spellman A.C. and Bassett, B.L. (2017). Entanglement in and ingestion of fishing gear and other marine debris by Florida manatees, 1993 to 2012. *Endangered Species Research* 32, 415-427. <https://doi.org/10.3354/esr00816>. Accessed 13 January 2021.
- Reuters (2017). Plastic bags found clogging stomach of dead whale in Norway, 3 February. <https://www.reuters.com/article/us-norway-whale/plastic-bags-found-clogging-stomach-of-dead-whale-in-norway-idUSKBN15I2EI> Accessed 12 February 2021.
- Reynolds, C. and Ryan, P.G. (2018). Micro-plastic ingestion by waterbirds from contaminated wetlands in South Africa. *Marine Pollution Bulletin* 126, 330-333. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.11.021>. Accessed 13 January 2021.
- Richards, Z.T. and Beger, M. (2011). A quantification of the standing stock of macro-debris in Majuro lagoon and its effect on hard coral communities. *Marine Pollution Bulletin* 62(8), 1693-1701. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.06.003>. Accessed 13 January 2021.
- Richardson, K., Asmutis-Silvia, R., Drinkwin, J., Gilardi, K.V.K., Giskes, I., Jones, G. et al. (2019). Building evidence around ghost gear: Global trends and analysis for sustainable solutions at scale. *Marine Pollution Bulletin* 138, 222-229. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.11.031>. Accessed 13 January 2021.
- Rochman, C.M., Kurobe, T., Flores, I. and Teh, S.J. (2014). Early warning signs of endocrine disruption in adult fish from the ingestion of polyethylene with and without sorbed chemical pollutants from the marine environment. *Science of The Total Environment* 493, 656-661. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.051>. Accessed 13 January 2021.
- Rochman, C.M., Cook, A.M. and Koelmansk, A.A. (2016). Plastic debris and policy: Using current scientific understanding to invoke positive change. *Environmental Toxicology and Chemistry* 35(7), 1617-1626. <https://doi.org/10.1002/etc.3408>. <https://doi.org/10.1002/etc.3408>. Accessed 13 January 2021.
- Ronda, A.C., Arias, A.H., Oliva, A.L. and Marcovecchio, J.E. (2019). Synthetic microfibres in marine sediments and surface seawater from the Argentinean continental shelf and a Marine Protected Area. *Marine Pollution Bulletin* 149, 110618. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110618>. Accessed 13 January 2021.
- Roos, S., Jönsson, C., Posner, S., Arvidsson, R. and Svanström, M. (2019). An inventory framework for inclusion of textile chemicals in life cycle assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment* 24(5), 838-847. <https://doi.org/10.1007/s11367-018-1537-6>. Accessed 13 January 2021.
- Royer, S.-J., Ferrón, S., Wilson, S.T. and Karl, D.M. (2018). Production of methane and ethylene from plastic in the environment. *PLoS ONE*, 13(8), e0200574. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0200574>. Accessed 13 January 2021.
- Rummel, C.D., Löder, M.G.J., Fricke, N.F., Lang, T., Griebeler, E.-M., Janke, M. et al. (2016). Plastic ingestion by pelagic and demersal fish from the North Sea and Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin* 102, 134-141. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2015.11.043>. Accessed 13 January 2021.
- Ryan, P.G., Dilley, B.J., Ronconi, R.A. and Connan, M. (2019). Rapid increase in Asian bottles in the South Atlantic Ocean indicates major debris inputs from ships. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116 (42), 20892-20897. <https://doi.org/10.1073/pnas.1909816116>. Accessed 13 January 2021.
- Ryan, P.G., Suaria, G., Perolda, V., Pierucci, A., Bornman, T.G. and Aliani, S. (2020). Sampling microfibres at the sea surface: The effects of mesh size, sample volume and water depth. *Environmental Pollution* 258, 113413. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113413>. Accessed 13 January 2021
- Saliu, F., Montano, S., Leioni, B., Lasagni, M. and Galli, P. (2019). Microplastics as a threat to coral reef environments: Detection of phthalate esters in neuston and scleractinian corals from the Faafu Atoll, Maldives. *Marine Pollution Bulletin* 142, 234-241. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.03.043>. Accessed 13 January 2021.
- Sanchez-Vidal, A., Thompson, R.C., Canals, M., and de Haan, W.P. (2018). The imprint of microfibres in southern European deep seas. *PLoS ONE* 13, e0207033. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0207033>.
- SAPEA (Science Advice for Policy by European Academies) (2019). A Scientific Perspective on Microplastics in Nature and Society. <https://doi.org/10.26356/microplastics>. Accessed 13 January 2021. Accessed 13 January 2021
- Schneider, F., Parsons, S., Clift, S., Stolte, A. and McManus, M.C. (2018). Collected marine litter – A growing waste challenge. *Marine Pollution Bulletin* 128, 162-174. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.01.011>. Accessed 13 January 2021.
- Schulz, M., Walvoort, D.J.J., Barry, J., Fleet, D.M. and van Loon, W.G.M. (2019). Baseline and power analyses for the assessment of beach litter reductions in the European OSPAR region. *Environmental Pollution* 248, 555-564. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.02.030>. Accessed 13 January 2021.
- Schuyler, Q.A., Hardesty, B.D., Lawson, T.J., Opie, K. and Wilcox, C. (2018). Economic incentives reduce plastic inputs to the ocean. *Marine Policy* 96, 250-255. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2018.02.009>. Accessed 13 January 2021.
- Science for Environment Policy (2016). Ship recycling: reducing human and environmental impacts. Thematic Issue 55. Issue produced for the European Commission DG Environment by the Science Communication Unit, UWE, Bristol. <http://ec.europa.eu/science-environment-policy> https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/ship_recycling_reducing_human_and_environmental_impacts_55si_en.pdf Accessed 20 June 2021
- Shen, M., Huang, W., Chen, M., Song, B., Zeng, G. and Zhang, Y. (2020). (Micro) plastic crisis: Un-ignorable contribution to global greenhouse gas emissions and climate change. *Journal of Cleaner Production* 254, 120138. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2020.120138>. Accessed 13 January 2021.
- Silva, M.S.S., Oliveira, M., López, D., Martins, M., Figueira, E. and Pires, A. (2020). Do nanoplastics impact the ability of the polychaeta *Hediste diversicolor* to regenerate? *Ecological Indicators* 110, 105921. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105921>. Accessed 13 January 2021.
- Song, Y.K., Hong, S. H., Eo, S., Jang, M., Han, G. M., Isobe, A., and Shim, W. J. (2018). Horizontal and vertical distribution of microplastics in Korean coastal waters. *Environmental Science and Technology* 52(21), 12188-

12197. <https://doi.org/10.1021/acs.est.8b04032>. Accessed 13 January 2021.
- Spierling, S., Knüppfer, E., Behsen, H., Mudersbach, M., Krieg, H., Springer, S. et al. (2018). Bio-based plastics – a review of environmental, social and economic impact assessments. *Journal of Cleaner Production* 185, 476-491. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.014>. Accessed 13 January 2021.
- Stanton, T., Johnson, M., Nathanail, P., Gomes, R.L., Needham, T. and Burson, A. (2019a). Exploring the efficacy of Nile red in microplastics quantification: A costaining approach. *Environmental Science and Technology Letters* 6(10), 606-611. <https://doi.org/10.1021/acs.estlett.9b00499>. Accessed 13 January 2021.
- Stanton, T., Johnson, M., Nathanail, P., MacNaughtan, W. and Gomes, R.L. (2019b). Freshwater and airborne textile fibre populations are dominated by 'natural', not microplastic, fibres. *Science of The Total Environment* 666, 377-389. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.02.278>. Accessed 13 January 2021.
- Statista (2021a). Global plastic market size 2016-2028 (published by Tiseo, I. 24 June 2021). <https://www.statista.com/statistics/1060583/global-market-value-of-plastic/>. Accessed 12 September 2021.
- Statista (2021b). Cumulative plastic production volume worldwide from 1950 to 2050. <https://www.statista.com/statistics/1019758/plastics-production-volume-worldwide/>. Accessed 11 February 2021.
- Cumulative plastic production volume worldwide from 1950 to 2050. Published by Ian Tiseo, 27 January 2020. <https://www.statista.com/statistics/1019758/plastics-production-volume-worldwide/>. Accessed 11 February 2021.
- Stelfox, M., Hudgins, J. and Sweet, M. (2016). A review of ghost gear entanglement amongst marine mammals, reptiles and elasmobranchs. *Marine Pollution Bulletin* 111(102), 6-17. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.034>. Accessed 13 January 2021.
- Suaria, G., Avio, C.G., Mineo, A., Lattin, G.L., Magaldi, M.G., Belmonte, G. et al. (2016). The Mediterranean Plastic Soup: Synthetic polymers in Mediterranean surface waters. *Scientific Reports* 6, 37551. <https://doi.org/10.1038/srep37551>. Accessed 13 January 2021.
- Suaria, G., Achtypi, A., Perold, V., Lee, J.R., Peirucci, A., Bornmans, T.G., Aliani, S., and Ryan, P.G. (2020). Microfibers in oceanic surface waters: a global characterization. *Science Advances*, 6, eaay8493 <http://advances.sciencemag.org/>
- Sun, J., Dai, X., Wang, Q., van Loosdrecht, M.C. and Ni, B.J. (2019). Microplastics in wastewater treatment plants: Detection, occurrence and removal. *Water Research* 152, 21-37. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2018.12.050>. Accessed 13 January 2021.
- Sundet, J.H., Herzke D. and Jenssen, M. (2016). Svalvards Miljøvernfond. Forekomst og kilder i mikroplastikk i sediment, og konsekvenser for bunnlevende fisk og evertebrater på Svalbard. RIS- prosjekt nr. 10495. <https://www.pame.is/document-library/desktop-study-on-marine-litter-library/additional-documents/annexes-literature-from-the-desktop-study/table-2-4-abundance-of-microplastics-observed-in-sediments/508-sundet-2016-forekomst-og-kilder-av-mikroplasti/file>. Accessed 13 January 2021.
- Sussarellu, R., Suquet, M., Thomas, Y., Lambert, C., Fabioux, C., Pernet, M.E.J. et al. (2016). Oyster reproduction is affected by exposure to polystyrene microplastics. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 113(9), 2430- 2435. <http://doi.org/10.1073/pnas.1519019113>. Accessed 13 January 2021.
- Taylor, M.L., Gwinnett, C., Robinson, L.F. and Woodall, L.C. (2016). Plastic microfibre ingestion by deep-sea organisms. *Scientific Reports* 6, 33997. <https://doi.org/10.1038/srep33997>. Accessed 13 January 2021.
- Tekman, M.B., Krumpen, T. and Bergmann, M. (2017). Marine litter on deep Arctic seafloor continues to increase and spreads to the North at the HAUSGARTEN observatory. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 120, 88-99. <https://doi.org/10.1016/j.dsr.2016.12.011>. Accessed 13 January 2021.
- Tekman, M.B., Wekerle, C., Lorenz, C., Primpke, S., Hasemann, C., Gerdts, G. et al. (2020). Tying up loose ends of microplastic pollution in the Arctic: Distribution from the sea surface through the water column to deep-sea sediments at the HAUSGARTEN Observatory. *Environmental Science and Technology* 54(7), 4079-4090.
- ten Brink, P., Schweitzer, J-P., Watkins, E., Janssens, C., De Smet, M., Leslie, H. et al. (2018). Circular Economy Measures to Keep Plastics and their Value in the Economy, Avoid Waste and Reduce Marine Litter. *Economics Discussion Papers* 2018-3. Kiel Institute for the World Economy. <http://www.economics-ejournal.org/economics/discussionpapers/2018-3/>. Accessed 13 January 2021.
- Thaysen, C., Sorais, M., Verreault, J., Diamond, M.L., and Rochman, C.M. (2020). Bidirectional transfer of halogenated flame retardants between the gastrointestinal tract and ingested plastics in urban- adapted ring-billed gulls. *Science of The Total Environment* 730, 138887. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138887>. Accessed 13 January 2021.
- The Pew Charitable Trusts and SYSTEMIQ (2020). Breaking the Plastics Wave: A Comprehensive Assessment of Pathways towards Stopping Ocean Plastic Pollution. <https://www.oneplanetnetwork.org/resource/breaking-plastic-wave-comprehensive-assessment-pathways-towards-stopping-ocean-plastic>. Accessed 13 January 2021.
- Thiel, M., Luna-Jorquera, G., Álvarez-Varas, R., Gallardo, C., Hinojosa, I.A., Luna, N. et al. (2018). Impacts of marine plastic pollution from continental coasts to subtropical gyres – fish, seabirds, and other vertebrates in the SE Pacific. *Frontiers in Marine Science* 5, 238. <https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00238>. Accessed 13 January 2021.
- Turner, A. (2016). Heavy metals, metalloids and other hazardous elements in marine plastic litter. *Marine Pollution Bulletin* 111(1-2), 136-142. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.07.020>. Accessed 13 January 2021.
- Turrell, W. (2019). Spatial distribution of foreshore litter on the northwest European continental shelf. *Marine Pollution Bulletin* 142, 583-594. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.04.009>. Accessed 13 January 2021.
- UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development) (2020). Global Trade in Plastics: Insights from the First Life-cycle Trade Database. UNCTAD Research Paper No. 53. <https://unctad.org/fr/node/32014>. Accessed 13 January 2021.
- UNDRR (United Nations Office for Disaster Risk Reduction) (2019). Global Assessment Report on Disaster Risk Reduction 2019. Distillation and full report. Geneva. <https://gar.undrr.org/report-2019>. Accessed 11 January 2021.
- UNEA [United Nations Environment Assembly] (2018). Combating Marine Plastic Litter and Microplastics: An Assessment of the Effectiveness of Relevant International, Regional and Subregional Governance Strategies and Approaches – Summary for Policy Makers. UNEP/AHEG/2018/1/INF/3. Nairobi. https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/unep_aheg_2018_1_inf_3_summary_policy_makers.pdf. Accessed 14 January 2021.
- UNEP (2016). Marine Plastic Debris and Microplastics: Global Lessons and Research to Inspire and Guide Policy Change. Nairobi. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/7720>. Accessed 14 January 2021.
- UNEP (2017). Marine Litter:Socio-Economic Study. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/26014/Marinelitter_socioeco_study.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Accessed 14 January 2021.
- UNEP (2018a). Exploring the Potential for Adopting Alternative Materials to Reduce Marine Plastic Litter. Nairobi. <https://www.unenvironment.org/resources/report/exploring-potential-adopting-alternative-materials-reduce-marine-plastic-litter>. Accessed 14 January 2021.
- UNEP (2018b). Addressing Marine Plastics: A Systemic Approach – Recommendations for Action. Notten, P. (author). Nairobi. <https://www.unenvironment.org/resources/report/addressing-marine-plastics-systemic-approach-recommendations-actions>
- UNEP (2018c). Mapping of Global Plastics Value Chain and Plastics Losses to the Environment: With a Particular Focus on Marine Environment <https://www.unenvironment.org/resources/report/mapping-global-plastics-value-chain-and-plastics-losses-environment-particular> Accessed 16/6/2021
- UNEP (2019a). The Role of Packaging Regulations and Standards in Driving the Circular Economy. Nairobi. http://sos2019.sea-circular.org/wp-content/uploads/2019/11/FINAL_THE-ROLE-OF-PACKAGING-REGULATIONS-AND-STANDARDS-IN-DRIVING-THE-CIRCULAR-ECONOMY.pdf. Accessed 14 January 2021.
- UNEP (2019b). Measuring Fossil Fuel Subsidies in the Context of the Sustainable Development Goals. Nairobi. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/28111/FossilFuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Accessed 14 January 2021.

- UNEP (2020a). Monitoring Plastics in Rivers and Lakes: Guidelines for the Harmonization of Methodologies. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35405/MPRL.pdf?sequence=3&isAllowed=y> Accessed 6 May 2021.
- UNEP (2020b). Monitoring Plastics in Rivers and Lakes: Guidelines for the Harmonization of Methodologies. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/35405/MPRL.pdf?sequence=3&isAllowed=y> Accessed 6 May 2021.
- UNEP (2020c). Water Pollution by Plastics and Microplastics: A Review of Technical Solutions from Source to Sea. <https://www.unep.org/resources/report/water-pollution-plastics-and-microplastics-review-technical-solutions-source-sea>. Accessed 14 January 2021
- UNEP (2020d). Catalogue of Technologies to Address the Risks of Contamination of Water Bodies with Plastics and Microplastics. <https://www.unep.org/resources/report/water-pollution-plastics-and-microplastics-review-technical-solutions-source-sea> Accessed 14 January 2021
- UNEP (2020e) An Assessment Report on Issues of Concern: Chemicals and Waste Issues Posing Risks to Human Health and the Environment. <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/33807/ARIC.pdf?sequence=1&isAllowed=y> Accessed 7 June 2021.
- UNEP (2021a). Green and Sustainable Chemistry: Framework Manual. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/34338>. Accessed 7 June 2021.
- UNEP (2021b) World Environment Situation Room 14.1.1(a) Index of coastal eutrophication; and (b) plastic debris density. https://wes.unep.org/indicator/index/14_1_1 Accessed 13 July 2021
- UNEP/IPCP (International Panel on Chemical Pollution) (2016). Overview Report I: A Compilation of Lists of Chemicals Recognized as Endocrine Disrupting Chemicals (EDCs) or Suggested as Potential EDCs. Geneva. <https://wedocs.unep.org/handle/20.500.11822/12218>. Accessed 14 June 2021.
- UNEP/MAP (Mediterranean Action Plan) (2015). Marine Litter Assessment in the Mediterranean. Athens. https://papersmart.unon.org/resolution/uploads/marine_litter_assessment_in_the_mediterranean_2015.pdf. Accessed 14 June 2021.
- UNEP/MAP (Mediterranean Action Plan) (2017). Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Coast and Related Assessment Criteria. Athens. https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/17012/imap_2017_eng.pdf?sequence=5&isAllowed=y. Accessed 14 June 2021.
- UNEP and Consumers International (2020). Can I Recycle This? A Global Mapping and Assessment of Standards, Labels and Claims on Plastic Packaging. <https://www.oneplanetnetwork.org/resource/can-i-recycle-global-mapping-and-assessment-standards-labels-and-claims-plastic-packaging>. Accessed 14 January 2021.
- UNEP/GPA (Global Programme of Action) (2020). Governing the Global Programme of Action. <https://www.unenvironment.org/explore-topics/oceans-seas/what-we-do/addressing-land-based-pollution/governing-global-programme>
- UNEP and the International Trade Centre (2017). Guidelines for Providing Product Sustainability Information: Global Guidance on Making Effective Environmental, Social and Economic claims, to Empower and Enable Consumer Choice. Geneva. <https://www.oneplanetnetwork.org/resource/guidelines-providing-product-sustainability-information>
- UNESCAP (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific) (2019). Closing the Loop: Regional Policy Guide. Innovative Partnerships with Informal Workers to Recover Plastic Waste, in an Inclusive Circular Economy Approach. <https://www.unescap.org/resources/closing-loop-regional-policy-guide>. Accessed 11 January 2021.
- UN General Assembly (2015). Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. A/RES/70/1. <https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Accessed 11 January 2021.
- UN General Assembly (2021). Report of the Special Rapporteur on the implications for human rights of the environmentally sound management and disposal of hazardous substances and wastes, Marcos Orellana: The stages of the plastics cycle and their impacts on human rights. United Nations General Assembly Seventy-sixth session, 22 July 2021. A/76/207. <https://undocs.org/A/76/207>. Accessed 18 October 2021.
- Uyarra, M.C. and Borja, A. (2016). Ocean literacy: A 'new' socio-ecological concept for a sustainable use of the seas. *Marine Pollution Bulletin* 104, 1-2. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.060>. Accessed 14 January 2021.
- van Calcar, C.J. and van Emmerik, T.H.M. (2019). Abundance of plastic debris across European and Asian rivers. *Environmental Research Letters* 14, 124051. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/ab5468/meta>. Accessed 12 January 2021.
- van den Bergh, J. and Botzen, W. (2015). Monetary valuation of the social cost of CO₂ emissions: A critical survey. *Ecological Economics* 114, 33-46. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2015.03.015>. Accessed 12 January 2021.
- van der Mheen, M., Pattiaratchi, C. and van Sebille, E. (2019). Role of Indian Ocean dynamics on accumulation of buoyant debris. *Journal of Geophysical Research: Oceans* 124, 2571-2590. <https://doi.org/10.1029/2018JC014806>. Accessed 12 January 2021.
- van Emmerik, T. and Schwarz, A. (2019). Plastic debris in rivers. *WIREs Water* 7(1), e1398. <https://doi.org/10.1002/wat2.1398>. Accessed 12 January 2021.
- van Sebille, E., Aliani, S., Law, K.L., Maximenko, N., Alsina, J.M., Bagaev, A. et al. (2020). The physical oceanography of the transport of floating marine debris. *Environmental Research Letters* 15, 023003. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab6d7d>. Accessed 12 January 2021
- van Truong, N. and Ping, C.B. (2019). Plastic marine debris: Sources, impacts and management, *International Journal of Environmental Studies* 76(6), 953-973. <https://doi.org/10.1080/00207233.2019.1662211>. Accessed 12 January 2021.
- Veiga, J.M., Fleet, D., Kinsey, S., Nilsson, P., Vlachogianni, T., Werner, S. et al. (2016). Identifying Sources of Marine Litter. MSFD GES TG Marine Litter Thematic Report; JRC Technical Report; EUR 28309. <https://doi.org/10.2788/018068>. Accessed 12 January 2021.
- Velis, C.A. and Cook, E. (2021). Mismanagement of Plastic Waste through Open Burning with Emphasis on the Global South: A Systematic Review of Risks to Occupational and Public Health. *Environmental Science and Technology*, 55, 11, 7186-7207. <https://doi.org/10.1021/acs.est.0c08536> Accessed 13 July 2021
- Vethaak, A.D., and Legler, J. (2021). Microplastics and human health. *Science* 371, 672-674. <https://doi.org/10.1126/science.abe5041>. Accessed 15 February 2021.
- Viršek, M.K., Lovšin, M.N., Koren, Š., Kržan, A. and Peterlin, M. (2017). Microplastics as a vector for the transport of the bacterial fish pathogen species *Aeromonas salmonicida*. *Marine Pollution Bulletin* 125(1-2), 301-309. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.08.024>. Accessed 14 January 2021.
- Vlachogianni, T., Anastasopoulou, A., Fortibouni, T., Ronchi, F. and Zeri, C. (2017). Marine Litter Assessment in the Adriatic and Ionian seas. IPA-Adriatic DeFishGear Project, MIO-ECSDE, HCMR and ISPra. <https://mio-ecsde.org/project/5054/>. Accessed 12 January 2021.
- von Moos, N., Burkhardt-Holm, P. and Köhler, A. (2012). Uptake and effects of microplastics on cells and tissue of the blue mussel *Mytilus edulis* L. after an experimental exposure. *Environmental Science and Technology* 46(20), 11327-11335. <https://doi.org/10.1021/es302332w>. Accessed 14 January 2021.
- Walker, T., Gramlich, D. and Dumont-Bergeron, A. (2020). The case for a plastic tax: A review of its benefits and disadvantages within a circular economy. In *Sustainability. Business and Society* 360, Vol. 4. Wasieleski, D.M. and Weber, J. (eds.). Emerald Publishing Limited. 185-211. <https://doi.org/10.1108/S2514-17592020000004010>. Accessed 14 January 2021.
- Wang, J., Liu, X., Li, Y., Powell, T., Wang, X., Wang, G. et al. (2019a). Microplastics as contaminants in the soil environment: A mini-review. *Science of The Total Environment* 691 848-857. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.209>. Accessed 14 January 2021.
- Wang, J., Coffin, S., Sun, C., Schlenk, D. and Gan, J. (2019b). Negligible effects of microplastics on animal fitness and HOC bioaccumulation in earthworm *Eisenia fetida* in soil. *Environmental Pollution* 249, 776-784. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.03.102>. Accessed 14 January 2021.
- Welden, N.A. and Cowie, P.R. (2017). Degradation of common polymer ropes in a sublittoral marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 118 (1-2), 248-253. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.072>. Accessed 14 January 2021.

- Werbowski, L.M., Gilbreath, A.N., Munno, K., Zhu, X., Grbic, J., Wu, T., Sutton, R., Sedlak, M.D., Deshpande, A.D., and Rochman, C.M. (2021). Urban stormwater runoff: a major pathway for anthropogenic particles, black rubbery fragments, and other types of microplastics to urban receiving waters. *American Chemical Society Environmental Science & Technology Water* 1 (6), 1420-1428. <https://doi.org/10.1021/acestwater.1c00017> Accessed 23 June 2021
- WHO (2019). *Microplastics in Drinking-water*. Geneva. <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/326499/9789241516198-eng.pdf?ua=1>. Accessed 14 January 2021.
- White, M.P., Elliott, L.R., Gascon, M., Roberts, B. and Fleming, L.E. (2020). Blue space, health and well-being: a narrative overview and synthesis of potential benefits. *Environmental Research* 191, 110169-110169. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.110169>. Accessed 14 January 2021.
- Wichmann, D., Delandmeter, P. and van Sebille, E. (2019). Influence of near-surface current on the global dispersal of marine microplastic. *JGR Oceans* 124(8), 6086-6096. <https://doi.org/10.1029/2019JC015328>. Accessed 14 January 2021.
- Wilcox, C., van Sebille, E., and Hardesty, B.D. (2015). Threat of plastic pollution to seabirds is global, pervasive, and increasing. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 38, 11899-11904. <http://doi.org/10.1073/pnas.1502108112>. Accessed 14 January 2021.
- Williams, A.T. and Rangel-Buitrago, N. (2019). Marine litter: Solutions for a major environmental problem. *Journal of Coastal Research* 35(3), 648-663. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-18-00096.1>. Accessed 14 January 2021.
- Windsor, F.M., Durance, I., Horton, A.A., Thompson, R.C., Tyler, C.R. and Ormerod, S.J. (2018). A catchment-scale perspective of plastic pollution. *Global Change Biology* 25, 1207-1221. <https://doi.org/10.1111/gcb.14572>. Accessed 14 January 2021.
- Windsor, F.M., Tilley, R.M., Tyler, C.R. and Ormerod, S.J. (2019). Microplastic ingestion by riverine macroinvertebrates. *Science of The Total Environment* 646, 68-74. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.07.271>. Accessed 14 January 2021.
- Woodall, L.C., Robinson, L.F., Narayanaswamy, B.E. and Paterson, G.L.J. (2015). Deep-sea litter: A comparison of seamounts, banks and a ridge in the Atlantic and Indian Oceans reveals both environmental and anthropogenic factors impact accumulation and composition. *Frontiers in Marine Science*, 2 February. <https://doi.org/10.3389/fmars.2015.00003>. Accessed 14 January 2021.
- Woods, J.S., Rødder, G. and Verones, F. (2019). An effect factor approach for quantifying the entanglement impact on marine species of macroplastic debris within the life cycle impact assessment. *Ecological Indicators* 99, 61-66. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.12.018>. Accessed 14 January 2021.
- WTO (World Trade Organization) (2019). *Global trade growth loses momentum as trade tensions persist*, 2 April. https://www.wto.org/english/news_e/pr837_e.h. Accessed 14 January 2021.
- Wright, S.L., Rowe, D., Thompson, R.C. and Galloway, T.S. (2013a). Microplastic ingestion decreases energy reserves in marine worms. *Current Biology* 23, R1031-R1033. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2013.10.068>. Accessed 14 January 2021.
- Wright, S.L., Thompson, R.C. and Galloway, T.S. (2013b). The physical impacts of microplastics on marine organisms: A review. *Environmental Pollution* 178, 483-492. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2013.02.031>. Accessed 14 January 2021.
- Wright, S.L., and Kelly, F.J. (2017). Plastic and human health: A micro issue? *Environmental Science and Technology* 51(12), 6634-6647. <https://doi.org/10.1021/acs.est.7b00423>. Accessed 14 January 2021.
- WTO (World Trade Organization) International trade statistics. <https://data.wto.org>. Accessed 10 September 2021.
- Wyles, K.J., Pahl, S., Holland, M., and Thompson, R.C. (2016). Can beach cleans do more than clean-up litter? Comparing beach cleans to other coastal activities *Environment and Behavior* 49(5), 509-535. <https://doi.org/10.1177/0013916516649412>. Accessed 14 January 2021.
- WWF, the Ellen MacArthur Foundation and BCG (2020). *The business case for a UN treaty on plastic pollution*. WWF. https://f.hubspotusercontent20.net/hubfs/4783129/Plastics/UN%20treaty%20plastic%20poll%20report%20a4_single_pages_v15-web-prerelease-3mb.pdf Accessed 13 July 2021
- Xanthos, D. and Walker, T.R. (2017). International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. *Marine Pollution Bulletin* 18(1-2), 17-26. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2017.02.048>. Accessed 14 January 2021
- Xu, S., Ma, J., Ji, R., Pan, K. and Miao, A-J. (2020). Microplastics in aquatic environments: occurrence, accumulation and biological effects. *Science of The Total Environment* 703, 134699. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134699>. Accessed 14 January 2021.
- Yang, Y., Liu, G., Song, W., Ye, C., Lin, H., Li, Z. et al. (2019). Plastics in the marine environment are reservoirs for antibiotic and metal resistance genes. *Environment International* 123, 79-86. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.11.061>. Accessed 14 January 2021.
- Yu, F., Sun, Y., Yang, M. and Ma, J. (2019). Adsorption mechanism and effect of moisture contents on ciprofloxacin removal by three-dimensional porous graphene hydrogel. *Journal of Hazardous Materials* 374, 195-202. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.04.021>. Accessed 14 January 2021.
- Zambianchi, E., Trani, M. and Falco, P. (2017). Lagrangian transport of marine litter in the Mediterranean Sea. *Frontiers in Environmental Science*, 1 February. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2017.00005>. Accessed 14 January 2021.
- Zambrano, M.C., Pawlak, J.J., Daystar, J., Ankeny, M., Cheng, J.J. and Venditti, R.A. (2019). Microfibres generated from the laundering of cotton, rayon and polyester based fabrics and their aquatic biodegradation. *Marine Pollution Bulletin* 142, 394-407. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.02.062>. Accessed 14 January 2021.
- Zettler, E.R., Takada, H., Monteleone, B., Mallos, N., Eriksen, M. and Amaral-Zettler, L.A. (2017). Incorporating citizen science to study plastics in the environment. *Analytical Methods* 9, 1392-1403. <http://doi.org/10.1039/C6AY02716D>. Accessed 14 January 2021.
- Zhang, H. (2017). Transport of microplastics in coastal seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 199, 74-86. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.09.032>. Accessed 14 January 2021.
- Zheng, J. and Suh, S. (2019). Strategies to reduce the global carbon footprint of plastics. *Nature Climate Change* 9, 374-378. <http://doi.org/10.1038/s41558-019-0459-z>. Accessed 14 January 2021.
- Zimmermann, L., Dombrowski, A., Völker, C. and Wagner, M. (2020). Are bioplastics and plant-based materials safer than conventional plastics? In vitro toxicity and chemical composition. *Environment International* 145, 106066. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2020.106066>. Accessed 13 January 2021.
- Zink, T., Geyer, R. and Startz, R. (2018). Toward estimating displaced primary production from recycling. *Journal of Industrial Ecology* 22, 314-326. <https://doi.org/10.1111/jiec.12557>. Accessed 14 January 2021.

