

**IAEA**

Международное агентство по атомной энергии

*Атом для мира и развития*



Инициатива по использованию  
ядерных технологий

# Инициатива по использованию ядерных технологий для борьбы с загрязнением пластиком («НУТЕК пластикс»)

## Содержание

Резюме .....	1
1. Стратегический контекст .....	5
1.1. Вызов в плане развития.....	5
1.2. Результаты международных усилий на сегодняшний день .....	8
2. Сравнительные преимущества ядерных технологий.....	10
2.1. Ядерные технологии в контексте экономики с замкнутым циклом использования пластика.....	10
2.2. Загрязнение морской среды пластиком .....	13
2.3. Роль и подход МАГАТЭ.....	14
3. «НУТЕК пластикс» предполагает подход, ориентированный на результат.....	19
3.1. Как «НУТЕК пластикс» будет способствовать переходу к экономике замкнутого цикла: теория изменений .....	19
3.2. Цели и конечные результаты. ....	20
3.3. Экономическое моделирование .....	22
3.4. Обеспечение устойчивости, анализ рисков и их снижение .....	24
3.5. Потребности в ресурсах и финансирование .....	25
4. Механизмы партнерства.....	25
5. Практическая реализация .....	27
5.1. Подход к реализации инициативы .....	27
5.2. Мониторинг и оценка.....	29
ПРИЛОЖЕНИЕ: Список использованных источников .....	31

## Резюме

Пластик является неотъемлемой частью современной жизни. Он дает множество преимуществ и очень удобен в использовании, однако огромное количество производимого и впоследствии выбрасываемого пластика наносит вред экосистемам, что имеет серьезные последствия для биоразнообразия, безопасности пищевых продуктов и — в конечном итоге — здоровья человека. Примерно 70% всего произведенного на сегодняшний день пластика являются отходами, и только 9% из них прошли переработку.

Во многих местах по всему миру пластиковые отходы утилизируются неправильно и в конечном итоге оказываются на несанкционированных свалках или открытых полигонах, откуда они попадают в океаны через реки или водные пути либо переносятся в них ветром или приливами. Загрязнение пластиковыми отходами не ограничивается одними океанами: оно может затрагивать наземную среду, в том числе почвы, и подземные воды. Пластик по определению долговечен. Это означает, что даже в виде отходов он не разлагается. Когда он попадает в океаны, он может оставаться там сотни лет, и со временем он распадается на фрагменты и превращается в микро- и нанопластик, который из-за своего малого размера легче попадает в пищевую цепь. Пластик не исчезает, а с течением времени накапливается в океанах. Если текущие тенденции не изменятся, то, согласно прогнозам, к 2025 году в океанах будет содержаться одна тонна пластика на каждые три тонны рыбы, а к 2050 году пластика станет больше, чем рыбы.

Существует множество причин, по которым переработке подвергалось только 9% всего пластика. Главная из них — высокая стоимость переработки. Кроме того, некоторые пластмассы состоят из нескольких слоев пластика разных видов или смешаны с другими материалами, что делает переработку особенно сложной и, следовательно, дорогостоящей. Хотя во всем мире проблеме загрязнения пластиком уделяется все больше внимания, до сих пор международные ответные меры в основном носили фрагментарный и ситуативный характер. Недостаточно активная борьба с загрязнением пластиком связана с отсутствием должной осведомленности, знаний, политики, технологий и финансирования.

---

**Что такое «НУТЕК пластик»?** Цель инициативы «НУТЕК пластик» — помочь государствам — членам МАГАТЭ в использовании ядерных методов в рамках их усилий по решению проблемы загрязнения пластиком. «НУТЕК пластик» напрямую связана с проектами исследований и технического сотрудничества МАГАТЭ, посвященными переработке пластика с помощью радиационных технологий и мониторингу морской среды на предмет содержания микропластика с использованием методов отслеживания на основе изотопных индикаторов. Реализуя инициативу «НУТЕК пластик», МАГАТЭ участвует в решении важной глобальной проблемы **загрязнения пластиком**. В этом документе приводится информация о том, что МАГАТЭ может предложить и где оно может принести пользу путем применения ядерных методов. Также в нем рассказывается об уже реализуемых мероприятиях, дополняющих национальные и международные усилия. В основе «НУТЕК пластик» лежат наиболее актуальные технические, научные и экономические знания о цепочке создания стоимости пластика и о переходе к экономике с замкнутым циклом использования пластика. «НУТЕК пластик» призвана активизировать и расширить диалог с государствами-членами, партнерами, промышленными кругами и гражданским обществом. Она дает представление о решениях, которые предлагает МАГАТЭ в целях более эффективной утилизации пластиковых отходов. Конкретная деятельность будет вестись в рамках существующих форм работы МАГАТЭ, таких как проекты технического сотрудничества, проекты координированных исследований и другие программные мероприятия.

---

**Линейная модель производства, использования и утилизации пластика является неустойчивой.** Необходим глобальный подход, предусматривающий создание экономики замкнутого цикла и основанный на четырех принципах: сокращение, повторное использование, переработка и обновление. Результаты анализа и имеющиеся факты свидетельствуют о том, что ядерные применения могут дополнить существующие технологии и тем самым ускорить переход к **экономике с замкнутым циклом использования пластика.** Однако за пределами узкой группы специалистов потенциальный вклад ядерной науки и технологий в преодоление проблемы пластиковых отходов не очень хорошо известен и поэтому редко учитывается в рамках предлагаемых устойчивых и масштабируемых решений. Изменения необходимы не только для того, чтобы потенциал ядерных методов и технологий стал лучше известен, но и, что особенно важно, для более широкого применения этих методов и технологий на практике, чтобы полноценным образом задействовать их для снижения глобального бремени пластиковых отходов. Чтобы этого достичь, МАГАТЭ, основываясь на своей предыдущей и текущей работе, разработало инициативу «НУТЕК пластикс», чтобы помочь государствам — членам МАГАТЭ в использовании ядерных методов в рамках их усилий по решению проблемы загрязнения пластиком, делая вклад МАГАТЭ в решение этой глобальной проблемы более заметным и ощутимым.

МАГАТЭ поддерживало и продолжает поддерживать исследования и освоение ядерных методов в двух основных областях деятельности: мониторинг и оценка морского пластика; а также переработка и вторичное использование пластиковых/полимерных отходов.

**Радиационные технологии, в частности гамма-излучение и электронные пучки,** обладают уникальными характеристиками и преимуществами, позволяющими сократить количество пластиковых и полимерных отходов и ликвидировать существующие технологические пробелы при утилизации отходов. Облучение может помочь решить проблемы сортировки, возникающие при использовании традиционных методов механической переработки, позволяя эффективным образом сортировать пластиковые отходы, направляемые в различные линии переработки, и тем самым повышая качество и ценность переработанного пластика. Радиационные технологии можно использовать для преобразования или переработки пластиковых отходов в другие продукты, такие как наполнители и вяжущие вещества для строительных материалов. С помощью этих технологий можно расщеплять отходы в виде пластиковых полимеров на более мелкие компоненты для получения химического сырья, используемого в производстве потребительских товаров, с добавлением или без добавления первичных (например, непереработанных) полимеров. Количество пластиковых отходов также можно сократить путем замены пластика, производимого из нефти, на биоразлагаемые биополимеры, получаемые с помощью полимеризации под воздействием облучения. Кроме того, радиационные технологии делают производство и переработку более чистыми, сокращая использование потенциально вредных добавок и растворителей, а также обеспечивая экономию энергии.

Океаны являются конечным резервуаром большей части непереработанного пластика из наземных источников, при этом в настоящее время отсутствуют достаточные знания и понимание распространенности и воздействия **микропластика в океане.** Необходимы более точные данные для оценки влияния микропластика и связанных с ним загрязнителей на морские организмы, являющиеся частью глобальной пищевой цепи, в том числе в качестве пищи для людей, и, следовательно, на экспорт морепродуктов, безопасность продуктов питания и здоровье человека. **Изотопные методы** обеспечивают непревзойденную точность и дополняют традиционные методы отслеживания количества и распределения нано- и микропластика в морской среде. Изотопные индикаторы, методы визуализации и гамма- и бета-счетчики дают уникальные возможности для оценки воздействия микро- и нанопластика на морскую биоту. В рамках этих методов в целях изучения токсичности пластика для живых организмов используются важные маркеры, дающие подробную информацию о пораженных органах и системах. Эти методы позволяют определять

фактический токсикологический стресс, а также возможное распространение пластика в пищевых цепях, поскольку в конечном итоге он может сказаться на здоровье людей, употребляющих морепродукты в пищу.

В распоряжении МАГАТЭ есть **лаборатории окружающей среды** в Австрии и Монако. Эти лаборатории имеют солидный послужной список в области прикладных исследований и разработок, предоставления услуг по подготовке кадров и аналитических услуг, а также передачи государствам-членам проверенных ядерных методов для мониторинга окружающей среды. МАГАТЭ занимается этими исследованиями и разработками не только в своих собственных лабораториях, что делает его уникальным в системе Организации Объединенных Наций, но и в рамках своих крупных исследовательских сетей, в состав которых входят научно-исследовательские институты, образовательные учреждения и эталонные лаборатории. Эта работа ведется по линии программы координированных исследований, а также центров сотрудничества.

В рамках своей **программы технического сотрудничества** МАГАТЭ оказывает содействие странам в создании потенциала и передаче технологий и знаний, в том числе в области радиационных технологий и мониторинга морской среды. В настоящее время имеются более 40 реализуемых/запланированных национальных и региональных проектов технического сотрудничества (ТС), связанных с радиационными технологиями и мониторингом окружающей среды в контексте океанов.

**Экономическое и финансовое моделирование** применяется для оценки вклада, который технологии, в том числе основанные на ядерных решениях, потенциально могут внести в ускорение перехода к экономике с замкнутым циклом использования пластика. Методологический подход применяется на двух уровнях: во-первых, сравнительный анализ движения денежных средств позволяет оценить повышение эффективности в случае использования технологий облучения в дополнение к существующим процессам переработки (химической и/или механической); во-вторых, с помощью модели *Plastics to Ocean (P2O)* [1], разработанной для анализа скоплений и потоков пластика и пластиковых отходов на глобальном уровне, был проведен отраслевой анализ для оценки потенциальных выгод, которые приносит внедрение новых технологий. Этот подход позволяет оценить «добавленную стоимость», которую могут принести ядерные технологии, и обосновать необходимость взаимодействия между лабораториями, занимающимися тестированием и проверкой технологий переработки пластика, и программами технического сотрудничества, тем самым сокращая срок передачи технологий и повышая эффективность и результативность усилий МАГАТЭ.

«НУТЕК пластикс» будет способствовать дальнейшему повышению эффективности и расширению масштабов разработки надежных и экономичных методов оценки пространственно-временной распространенности и характеристик **пластика в морской среде**, что позволит лучше понимать его происхождение, механизмы его переноса, а также его конечное состояние и оказываемое им воздействие. Это предусматривает выработку согласованных стандартизированных протоколов для выявления микропластика в пробах окружающей среды, создание аналитических методов, соответствующих передовой практике и современному уровню развития науки, а также обучение ученых и техников использованию таких методов.

«НУТЕК пластикс» будет способствовать применению **радиационных технологий** при переработке пластиковых отходов в рамках национальных, региональных и глобальных инициатив. Работа, ведущаяся в лабораториях, прокладывает путь к созданию пилотных заводов по переработке пластика: она позволит установить количественные, энергетические и финансовые показатели, которые будут использоваться при переработке различных видов пластиковых отходов с помощью радиационных технологий. После проверки работоспособности таких пилотных заводов и с учетом полученного опыта масштаб применения этих технологий будет расширен, и будут построены крупные демонстрационные заводы по переработке пластиковых отходов.



Для всестороннего и устойчивого решения глобальной проблемы пластиковых отходов требуется комплексный и всеобъемлющий подход, который может быть реализован только при наличии **партнерских отношений** с организациями, позволяющих задействовать взаимодополняющие функции и опыт. Крайне важна работа в рамках существующих национальных, региональных и международных инициатив, в том числе частно-государственных партнерств, как на глобальном, так и на страновом уровнях. Это включает сотрудничество с организациями системы ООН, многосторонними банками развития, благотворительными фондами, существующими крупномасштабными партнерствами, включая платформы с участием многих заинтересованных сторон, частным сектором и научно-исследовательскими институтами. При переходе к экономике с замкнутым циклом использования пластика незаменимым партнером будет частный сектор, который должен решительно поддерживаться правительствами, проводящими стимулирующую политику и создающими благоприятную правовую среду. Таким образом, МАГАТЭ необходимо сотрудничать с существующими влиятельными **государственно-частными партнерствами**, фондами, ассоциациями частного сектора, а также компаниями, производящими изделия из пластика, и отраслями, которые перерабатывают пластик или являются основными потребителями таких изделий. Это необходимо для проверки целесообразности и эффективности использования излучения при переработке пластика и для более широкого внедрения предлагаемых решений.

Два основных компонента «НУТЕК пластик», а именно мониторинг — оценка и переработка пластика, логически взаимосвязаны, поскольку оба они способствуют решению глобальной проблемы загрязнения пластиком. Однако **реализация** этих двух компонентов не зависит друг от друга. С учетом этой взаимосвязи, но не взаимозависимости в рамках «НУТЕК пластик» используется **модульный подход**. Преимущество этого подхода заключается в том, что он облегчает реализацию определенных мероприятий в зависимости от наличия ресурсов, в то же время давая донорам и партнерам возможность заниматься конкретной деятельностью с учетом их интересов, предпочтений и приоритетов. В настоящее время реализуется несколько таких мероприятий, связанных с пластиком.

Инициатива «НУТЕК пластик» осуществляется и будет осуществляться посредством различных **хорошо зарекомендовавших себя механизмов МАГАТЭ**, таких как проекты ТС, проекты координированных исследований (ПКИ) и другие программные мероприятия.

# 1. Стратегический контекст

## 1.1. Вызов в плане развития

### Чем опасен пластик

В современной жизни пластик незаменим. Вероятно, он является наиболее часто используемым материалом на планете. За 150 лет со времени изобретения синтетических полимеров и за 70 лет с начала крупномасштабного производства долговечный и недорогой пластик изменил наш мир. Несомненно, пластик имеет множество преимуществ. Он защищает хрупкие продукты от повреждений во время транспортировки и от загрязнения или других повреждений, вызванных влажностью, микроорганизмами или светом, тем самым повышая безопасность пищевых продуктов. Пластик позволяет дольше сохранять продукты, что способствует уменьшению количества отходов. Благодаря своему легкому весу он помогает экономить топливо при транспортировке на большие расстояния, делая перевозку более эффективной. Однако именно повсеместное распространение пластика привело к появлению быстро растущей глобальной проблемы. Научные данные свидетельствуют о том, что огромное количество производимого и выбрасываемого пластика наносит вред экосистемам и природным ресурсам, что может иметь серьезные последствия для биоразнообразия, безопасности пищевых продуктов и здоровья человека [2].

### Линейная экономика, масштаб и воздействие загрязнения пластиком

В 2017 году первый глобальный анализ производства, использования и конечного состояния пластика показал, что более 70% всего когда-либо произведенного пластика в настоящее время является отходами — 6,3 млрд тонн из 8,3 млрд тонн — и что лишь 9% когда-либо перерабатывалось [3]. Если текущие тенденции не изменятся, то ожидается, что к 2025 году в океане будет содержаться одна тонна пластика на каждые три тонны рыбы, а к 2050 году пластика в морской среде станет больше, чем рыбы [4]. Во многих местах по всему миру пластиковые отходы утилизируются неправильно и в конечном итоге оказываются на несанкционированных свалках или полигонах под открытым воздухом, откуда они в большом количестве попадают в океаны через реки и другие водные пути либо переносятся в них ветром. Пластиковые отходы оказывают негативное воздействие и на земле, загрязняя почвы и подземные воды.

Пластик по определению долговечен. Это означает, что, попав в океан, он может оставаться там сотни лет. Со временем он фрагментируется и превращается в микро- и нанопластик, который может попадать в живые организмы и пищевую цепь. В конечном итоге пластик не исчезает, а накапливается, в том числе в океанах. По оценкам, с 1950 года в океаны попало более 150 миллионов тонн пластика [5].

Известно, что загрязнение пластиком особенно сильно влияет на морские экосистемы и животных, являющихся их частью [6]. Возможное воздействие пластика на здоровье человека является предметом широкого круга исследований. Многие из них касаются поступления микропластика в организм человека через пищевую цепь, а также возможного вредного воздействия пластика из-за накопления токсичных добавок. Прямых научных доказательств того, что микропластик наносит непосредственный вред здоровью человека, пока получено не было. Однако загрязнение пластиком — это не только проблема для окружающей среды и здоровья человека, но и серьезный вызов в плане социально-экономического развития, поскольку такое загрязнение может сказаться на биоразнообразии, инфраструктуре, туризме и рыболовстве.

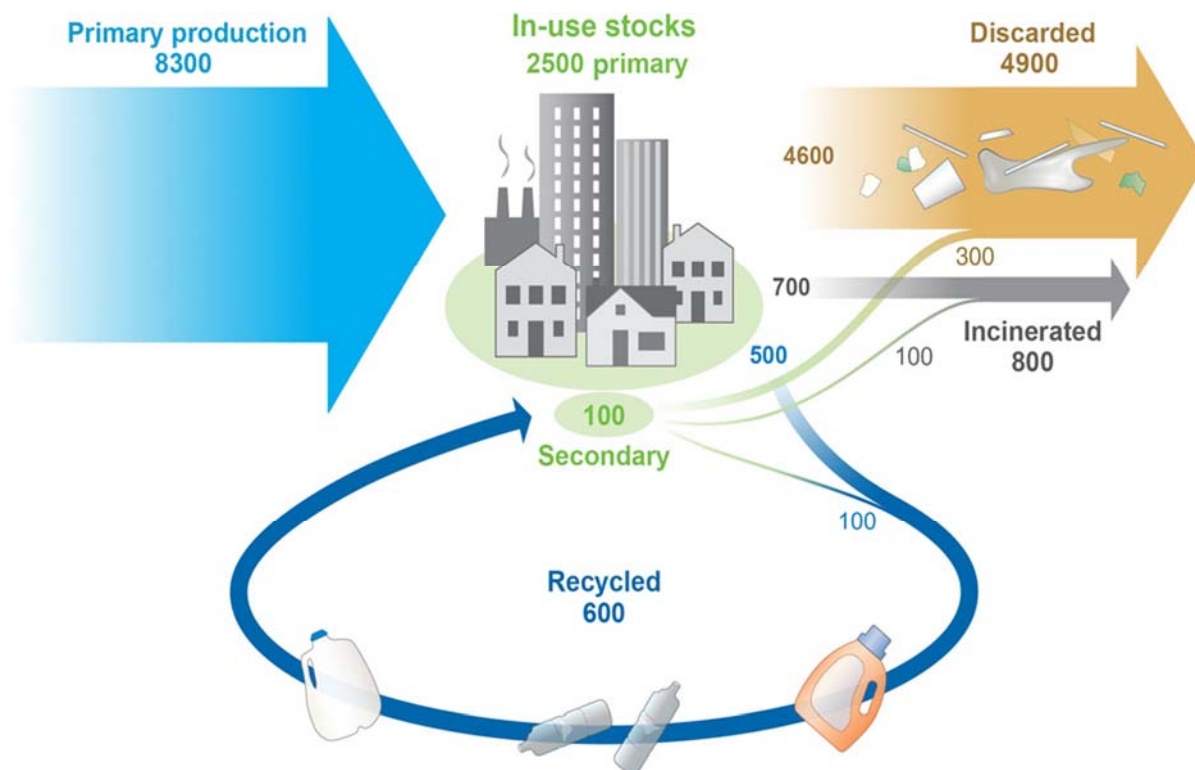


Рис. 1. Общее положение дел с пластиковыми отходами: куда в конечном итоге попадает пластик?  
(Источник: GEYER, R., JAMBECK, J.R., LAW, K.L., сноска [3])

До настоящего времени экономическая модель использования пластика в основном была линейной и работала по принципу «взять, сделать и выбросить», то есть от пластика избавлялись в тот момент, когда изделия из него переставали выполнять свою первоначальную функцию. Несмотря на огромное значение пластика для мировой экономики, очевидно, что его многочисленные преимущества во все большей степени сводятся на нет пагубными последствиями и негативными внешними факторами, которые проявляются, когда пластик превращается в отходы. В результате в ряде стран были запрещены некоторые одноразовые пластиковые изделия. Пандемия COVID-19 усугубит уже существующее глобальное бремя пластиковых отходов из-за резкого роста спроса на такие одноразовые пластиковые изделия, как средства индивидуальной защиты и другие предметы, используемые по соображениям гигиены и здоровья.

### Различия в воздействии с учетом гендерных аспектов

Как и в случае с другими видами загрязнения окружающей среды, степень воздействия загрязнения пластиковыми отходами на различные социальные группы различается в зависимости от таких характеристик, как географическое положение, благосостояние, возраст и пол. Поэтому при рассмотрении экономических моделей использования пластика, а также оказываемого ими воздействия важно проводить гендерный анализ, чтобы учитывать различные последствия загрязнения пластиком для женщин и мужчин. Переход к экономике с замкнутым циклом использования пластика — это сложный процесс, в который должны быть вовлечены все стороны, участвующие в цепочке создания стоимости пластика. Поэтому крайне важно учитывать особые потребности, имеющиеся не только у женщин, но и у других уязвимых или маргинализованных социальных групп, страдающих от загрязнения пластиковыми отходами.



## Ненадлежащее использование пластика и обращение с пластиковыми отходами

Резкий рост производства пластика обусловлен множеством факторов, таких как рост населения и доходов, но главной причиной является увеличение производства пластиковых упаковок: 42% всего неволокнистого пластика идет на изготовление упаковочных материалов, которые в среднем используются менее года, а затем выбрасываются. Из всего пластика, произведенного в период с 1950 по 2015 год, только 9% было переработано, 12% — сожжено, 60% — выброшено на свалки или в окружающую среду, а оставшаяся часть продолжает использоваться [3] (см. рис. 1).

Эти цифры отражают общую картину во всем мире за период в шесть с половиной десятилетий. В то же время очевидно, что обращение с пластиковыми отходами, в частности переработка пластика, различается в зависимости от региона и рассматриваемого периода. К примеру, с начала 2000-х годов показатели переработки пластика во многих странах с высоким уровнем дохода продолжают неуклонно расти и в некоторых случаях перешагнули отметку в 30%, в то время как многие более бедные страны едва достигли степени переработки пластика в 10% [7]. В странах с низким и средним уровнем дохода показатели переработки пластика не очень хорошо известны, однако они могут быть значительными — по крайней мере там, где существует эффективная неформальная система обращения с пластиковыми отходами [8].

Что касается наземных источников загрязнения пластиком, то для решения этой проблемы, особенно в странах с низким и средним уровнем дохода, основополагающее значение имеет совершенствование систем обращения с твердыми отходами на этапах утилизации, сбора и переработки. По данным Программы Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), средний показатель сбора отходов в странах с низким уровнем дохода составляет лишь 36%, в странах с уровнем дохода ниже среднего — 64%, в странах с уровнем дохода выше среднего — 82%, а в странах с высоким уровнем дохода — почти 100% [9]. Ключом к достижению высоких показателей переработки пластика является наличие надежных всеобъемлющих систем обращения с отходами и соответствующей инфраструктуры, а также регулирующих положений, поощряющих переработку.

Таким образом, то, что происходит с пластиком после его использования, очень сильно варьируется от страны к стране в зависимости от существующей системы обращения с отходами. Следовательно, если пластиковые отходы надлежащим образом не утилизируются путем переработки, сжигания или перевозки на подходящие для этого свалки, то рано или поздно значительная их часть оказывается в окружающей среде. Если не принимать никаких мер, то к 2040 году количество пластиковых отходов, попадающих в океаны, может увеличиться почти в три раза. Даже если существующие обязательства правительств и промышленности по сокращению объема загрязнения пластиком будут полностью выполнены, ежегодное поступление пластика в океан снизится всего лишь на 7% [10].

Существует множество причин, по которым только 9% всего произведенного на сегодняшний день пластика было переработано, и одна из наиболее важных связана с затратами на переход от линейной экономической модели использования пластика к модели замкнутого цикла, когда выброшенный пластик рассматривается не как мусор, а как ценный ресурс и сырье. Для таких изменений требуются значительные первоначальные инвестиционные затраты и особые стимулирующие условия [11]. Например, переработка пластиковых отходов намного сложнее, чем традиционное обращение с отходами и мусоропереработка, поскольку в этом случае требуются отдельный сбор и сортировка, что приводит к более высоким общим затратам по сравнению с системами переработки других материалов, таких как стекло или бумага. Другие сдерживающие факторы, объясняющие низкие показатели переработки пластика, связаны с особенностями материала тех или иных пластиковых изделий, которые могут быть очень тонкими, как пакеты или пленки, или иметь несколько слоев полимеров различных видов, из-за чего их особенно трудно и/или дорого перерабатывать. Низкие показатели переработки пластиковой упаковки приводят к огромным экономическим потерям: согласно оценкам, ежегодная стоимость потерянного материала составляет от 80 до 120 млрд долл. США [12].

## 1.2. Результаты международных усилий на сегодняшний день

Очевидно, что линейная модель производства, использования и утилизации пластика не является устойчивой. Необходим иной подход, о чем свидетельствуют инициативы различных организаций, и в этой связи «НУТЕК пластикс» способствует созданию экономики с замкнутым циклом использования пластика, основанной на четырех принципах: сокращение, повторное использование, переработка и обновление. Эта концепция из четырех элементов предусматривает введение экономических стимулов для повторного использования и переработки пластика, ограничение поступления пластика в окружающую среду из-за неправильного обращения с ним, а также отказ от производства пластика из ископаемого сырья путем использования альтернативных возобновляемых источников сырья. Для этого требуются энергичные усилия множества участников, которые должны в максимальной степени использовать все имеющиеся технологии.

Загрязнение пластиком стало экологической проблемой глобального масштаба, которая привлекает внимание не только научного сообщества, но и правительств [13]. Страны по всему миру уже начали принимать меры, реализуя национальную политику и программы по сокращению количества пластиковых отходов и увеличению объема переработки пластика. Эти усилия были подкреплены множеством региональных и глобальных инициатив по обращению с пластиковыми отходами. Как и в случае с другими глобальными экологическими проблемами, для борьбы с загрязнением пластиковыми отходами требуется сотрудничество широкого круга субъектов на международном, региональном, национальном и местном уровнях. Однако в конечном итоге именно правительства являются основной движущей силой при решении этой проблемы, поскольку они несут ответственность за урегулирование политических, социальных и экономических вопросов как внутри стран, так и на межгосударственном уровне.

Решающим фактором, определяющим успех усилий по ограничению загрязнения пластиковыми отходами, является нормативно-правовая среда, в которой стимулируется сокращение использования первичного пластика, увеличение квот на переработку и повышение спроса на переработанный пластик. Даже если существующие обязательства правительств и промышленности будут полностью выполнены, к 2040 году ежегодное поступление пластика в океан, вероятно, снизится всего лишь на 7% ( $\pm 1\%$ ) по сравнению с инерционным сценарием [10]. Необходимы системные изменения, чтобы перейти к экономике с замкнутым циклом использования пластика, в которой количество не утилизируемого или выбрасываемого пластика резко сокращается за счет ограничения спроса на пластик в результате его замещения альтернативными материалами и повышения уровня его переработки. Чтобы это произошло, необходимы надлежащие стимулы, дальнейшие инновации и капиталовложения.

### Достижения и пробелы в политике и нормативной базе

По данным Реестра политики в сфере пластика<sup>1</sup>, в период с 2000 года до середины 2019 года в целях решения проблемы загрязнения пластиком были приняты 322 документа с изложением политики. Из них 29 были международными, 43 — региональными, 151 — национальным и 99 — субнациональными [14]. Эти документы с изложением политики носят нормативный, экономический или информационный характер и посвящены различным способам решения проблемы загрязнения пластиком, например разработке планов по сокращению количества пластика, созданию новых или улучшению существующих производственных процессов, ограничению использования пластика, запрету продукции, квотам на переработку, субсидиям, схемам «деньги за возврат», налогам и т. д.

---

<sup>1</sup> См. DUKE UNIVERSITY, Plastics Policy Inventory (2020), <https://nicholasinstitute.duke.edu/plastics-policy-inventory>.

## Международные правовые документы и инициативы

Правовые документы, принятые на международном уровне, в основном не имеют обязательной юридической силы. Со временем эти документы становятся все более сложными и конкретными по своему охвату. В частности, они посвящены проблеме загрязнения пластиком. Такие документы в основном ориентированы на добровольный мониторинг. В них содержатся призывы к государствам разрабатывать и осуществлять национальные планы действий. Рекомендации, изложенные на международном уровне, в основном касаются позитивных действий в сфере регулирования обращения с пластиковыми отходами и их утилизации; образовательных и просветительских кампаний; экономических стимулов для обеспечения надлежащего обращения с пластиковыми отходами; а также экономических ограничений на использование одноразового пластика.

Действия против загрязнения пластиковыми отходами на международном уровне не ограничиваются лишь принятием определенных документов. В число соответствующих инициатив входят Альянс за ликвидацию пластиковых отходов, Глобальное обязательство «Новая экономика пластика» Фонда Эллен Макартур в сотрудничестве с ЮНЕП, Глобальное партнерство по действиям в отношении пластика, организованное Всемирным экономическим форумом, Хартия по пластику в океане Группы семи, Рамочная программа действий по морскому пластиковому мусору Группы двадцати и др. Организация Объединенных Наций провозгласила Десятилетие науки об океане в интересах устойчивого развития (2021–2030 годы), чтобы поддержать усилия по обращению вспять тенденции к ухудшению здоровья океана и привлечь стороны со всего мира, заинтересованные в здоровье океана, к реализации единой рамочной программы [15].

Большая часть этих инициатив осуществляется в нескольких странах, и большинство из них возглавляется межправительственными организациями, такими как организации системы ООН, секретариатами конвенций, региональными и координационными центрами (такими как ЮНЕП, Всемирный банк или ОЭСР), а также неправительственными организациями и деловыми и промышленными кругами. Почти половина этих инициатив являются многосторонними: часто в них задействованы деловые и некоммерческие организации, работающие сообща над переходом к экономике с замкнутым циклом использования пластика<sup>2</sup>.

## Региональные правовые документы и инициативы

На региональном уровне принимается все большее количество стратегий и правовых документов. Как и на международном уровне, региональная политика в отношении загрязнения пластиком со временем становится все более адресной и ориентируется на конкретные виды загрязнения пластиком [14].

В 2018 году Европейский союз (ЕС) принял Стратегию в отношении пластика в экономике замкнутого цикла, которая направлена на преобразование разработки, использования, производства и переработки изделий из пластика [16]. Согласно этой стратегии, к 2030 году вся пластиковая упаковка, поставляемая на рынок ЕС, должна быть либо многоразовой, либо пригодной для вторичной переработки, более половины пластиковых отходов, образующихся в ЕС, должны перерабатываться, а мощности по сортировке и переработке должны увеличиться в четыре раза по сравнению с уровнем 2015 года. Что касается Азии, то в 2019 году Ассоциация государств Юго-Восточной Азии (АСЕАН) приняла Бангкокскую декларацию по борьбе с морским мусором в регионе АСЕАН, участники которой заявили о своем намерении активизировать усилия по предотвращению и сокращению загрязнения морским пластиком на основе комплексного подхода «от суши до моря»,

---

<sup>2</sup> В 2018 году Фонд Эллен Макартур в сотрудничестве с ЮНЕП предложил Глобальное обязательство «Новая экономика пластика», для выполнения которого более 500 организаций установили цели по решению к 2025 году проблемы пластиковых отходов и вызванного ими загрязнения в местах их образования. См. <https://www.newplasticseconomy.org/assets/doc/npec-vision.pdf>.

усовершенствовать законы и нормативные акты, содействовать внедрению инновационных решений в целях создания экономики с замкнутым циклом использования пластика и расширять региональное и международное сотрудничество и обмен информацией [17]. Еще одной инициативой является проект «Замыкание контура» Экономической и социальной комиссии Организации Объединенных Наций для Азии и Тихого океана (ЭСКАТО), направленный на выявление и мониторинг источников и путей попадания пластиковых отходов в реки [18]. В Африке проект «Африканская сеть по морским отходам» представляет собой инициативу, направленную на создание знаний о загрязнении пластиком, повышение осведомленности и ведение образовательной деятельности [19]. В Латинской Америке и Карибском бассейне межсекторальная Региональная инициатива по комплексной переработке отходов, возглавляемая Межамериканским банком развития (МАБР), сосредоточена на формальном и неформальном секторах переработки отходов [20].

### **Национальные и субнациональные правовые документы и инициативы**

В настоящее время большинство правовых документов, действующих на национальном и субнациональном уровнях, приняты в странах с высоким уровнем дохода и уровнем дохода выше среднего [14]. Позитивные действия в сфере регулирования включают разработку планов, совершенствование существующих процессов и продуктов, а также введение стимулов в целях ответственного обращения с пластиком. Запретительные регулирующие меры включают ограничения или запрет на использование пластика либо запрет на безответственное обращение с пластиком. В качестве дополнительных экономических механизмов используются субсидии, налоговые льготы, схемы «деньги за возврат» и антистимулы в виде сборов, налогов, пошлин или начислений. Наконец, государства используют информационные кампании, что включает образовательную и просветительскую деятельность, маркировку пластика, а также проведение исследований, сбор данных и представление отчетности.

## **2. Сравнительные преимущества ядерных технологий**

### **2.1. Ядерные технологии в контексте экономики с замкнутым циклом использования пластика**

Во всем мире признается, что проблема загрязнения пластиком требует долгосрочного, устойчивого и экономически обоснованного решения, которое позволит отойти от линейной модели «взять, сделать и выбросить»<sup>3</sup>. Для этого необходимо перейти к экономике с замкнутым циклом использования пластика, учитывая техническую и экономическую целесообразность и основываясь на четырех принципах: сокращение, повторное использование, переработка и обновление.

Хотя проблеме загрязнения пластиком уделяется значительное внимание на международном уровне, до настоящего времени глобальные ответные меры в основном носили ситуативный характер. Основным препятствием является недостаточно активная борьба с загрязнением пластиком, связанная, в частности, с отсутствием должной осведомленности, знаний, технологий, финансирования и политики [21]. Адаптированные ядерные методы дают уникальные научно обоснованные решения для мониторинга загрязнения морской среды микропластиком и его воздействия на экосистемы, а также для улучшения переработки пластиковых отходов.

---

<sup>3</sup> Соответствующие резолюции, принятые на четвертой сессии Ассамблеи Организации Объединенных Наций по окружающей среде, включают резолюцию 4/6 «Морской пластиковый мусор и микрочастицы пластмасс» (UNEP/EA.4/RES.6), резолюцию 4/9 «Решение проблемы загрязнения пластмассовыми изделиями одноразового пользования» (UNEP/EA.4/RES.9), резолюцию 4/11 «Охрана морской среды от загрязнения в результате осуществляемой на суше деятельности» (UNEP/EA.4/RES.11) и резолюцию 4/1 «Инновационные пути обеспечения рационального потребления и производства» (UNEP/EA.4/RES.1). Эти резолюции доступны по ссылке: <https://web.unep.org/environmentassembly/proceedings-report-ministerial-declarationresolutions-and-decisions>.

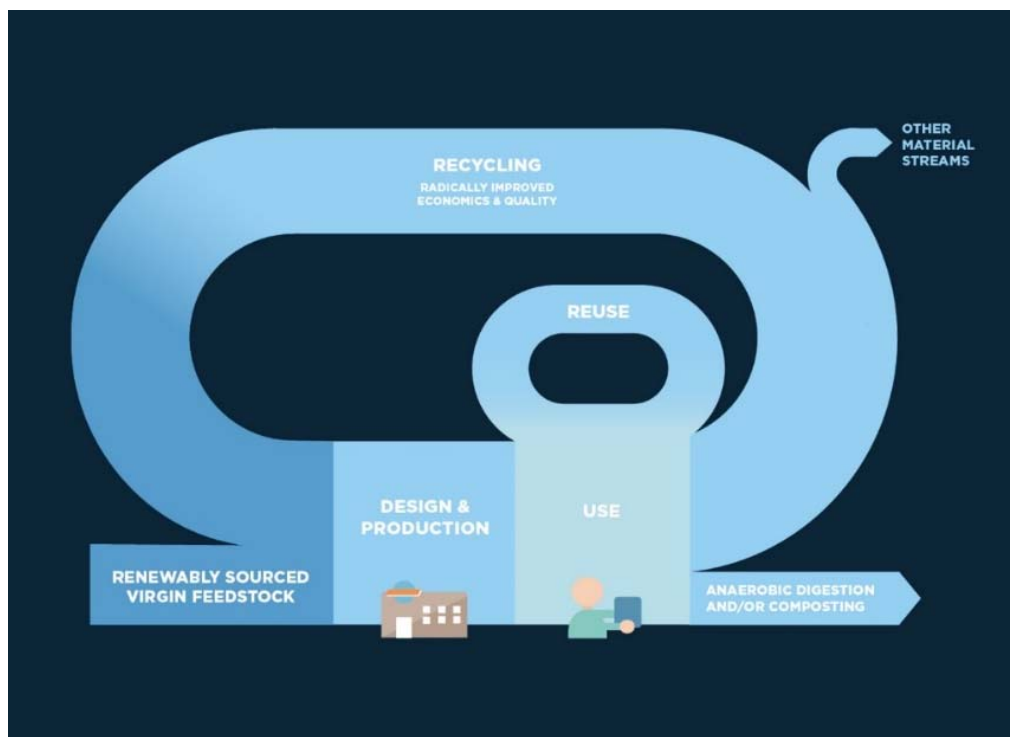


РИС. 2. Экономика с замкнутым циклом использования пластика. (Источник: Фонд Эллен Макартур<sup>4</sup>)

### Современные стандартные технологии переработки

Единственным вариантом устойчивого обращения с отслужившим свой срок пластиком является комплексная переработка — процесс превращения пластиковых отходов в новые изделия из пластика. В настоящее время используются два основных метода переработки: механический и химический. Пластиковые отходы, которые нельзя переработать с помощью имеющихся стандартных технологий, могут быть сожжены в качестве топлива (в таком случае они называются «вторичными энергетическими ресурсами»), использованы в процессе полной модернизации или преобразованы в новые изделия с добавленной стоимостью.

На сегодняшний день наиболее распространенным методом переработки пластиковых отходов является механическая переработка [22]. Она позволяет извлекать выброшенный пластик и использовать его в качестве сырья, которое можно вернуть в производственный процесс в качестве замены первичному пластику. Обычно производится сбор, сортировка, промывка и измельчение материала, из которого создаются пластиковые гранулы, которые затем переплавляются и повторно используются для производства новых пластиковых изделий [23]. Такой способ переработки подходит только для термопластов — материалов, которые могут быть переплавлены и использованы повторно. Они составляют около 12% мирового производства пластика [24].

Механическая переработка пластика является относительно дешевой, однако она имеет некоторые ограничения. Она требует сортировки различных полимеров, что в случае с многослойным пластиком представляет особую проблему. Кроме того, с каждым циклом ухудшается качество переработанного материала, поэтому механический метод можно использовать не более чем для одного или двух циклов переработки.

<sup>4</sup> См.: ELLEN MacARTHUR FOUNDATION, A Circular Economy for Plastic (2016), [www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/images/Deep-Dives/m4\\_circular\\_economy\\_for\\_plastics\\_big\\_image\\_2000px.jpg](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/assets/images/Deep-Dives/m4_circular_economy_for_plastics_big_image_2000px.jpg).



В отличие от механического метода химический метод позволяет перерабатывать смешанные потоки пластиковых отходов. При химической переработке используются различные технологии, например газификация, пиролиз, каталитический крекинг и гидрокрекинг, с помощью которых пластик расщепляется до молекулярного уровня, и пластиковые отходы превращаются во вторичное сырье.

Преимущество химического метода по сравнению с механическим заключается в том, что его можно использовать для переработки более широкого диапазона пластиковых отходов, в том числе смешанных, загрязненных и низкокачественных. Однако, что очень важно, химическая переработка приводит к высвобождению токсичных добавок и загрязняющих веществ, причем некоторые из них уже запрещены национальными нормами в различных юрисдикциях. Из-за этого, а также вследствие затратности самого метода химическая переработка в коммерческих масштабах встречается редко.

### **Ядерные технологии в цепочке создания стоимости пластика в рамках модели замкнутого цикла**

Радиационные технологии, в частности гамма- и электронные пучки, дают уникальные преимущества, позволяющие устранить технологические пробелы в переработке пластика. Эти технологии могут дополнять, а в некоторых случаях и заменять традиционные технологии и компенсировать их недостатки. Последние исследования показывают, что переработка с помощью излучения дает ряд преимуществ, включая более тщательный контроль за процессом, более высокое качество переработанного пластика и возможность адаптировать свойства продукции, а также значительную экономию средств и энергии. Этот метод дает возможность контролировать процесс образования и разрыва химических связей в пластиковых полимерах, позволяя изменять характерные свойства полимеров, создавать новые химические соединения или разрушать их.

С помощью радиационных технологий можно расщеплять пластиковые полимеры на более мелкие фрагменты цепных молекул, которые могут быть использованы в качестве сырья для производства новых потребительских товаров с использованием или без использования первичных полимеров. В зависимости от радиационной стойкости полимера, из которого состоит перерабатываемый пластик, это может быть сделано как с сопутствующей термической обработкой, так и без нее. Излучение также можно использовать для изменения свойств полимерных отходов, например для получения новых материалов, которые затем могут быть использованы для производства новых продуктов. С помощью облучения можно более эффективно разделять пластиковые отходы и затем подавать их на линии механической переработки, тем самым повышая качество и ценность переработанного пластика.

Радиационные технологии можно использовать для облучения даже больших объемов полимерных отходов. Это важно с точки зрения коммерческой пользы и практического применения таких технологий. Кроме того, радиационные технологии можно использовать для переработки пластиковых отходов в новые продукты, когда другие методы становятся нецелесообразными. Благодаря этому в цепочке создания стоимости пластика может быть сокращено количество первичного пластика, производимого из ископаемого топлива, что даст дополнительные преимущества с точки зрения экологии.

### **Использование облучения для улучшения процессов химической переработки**

Для получения нового химического сырья для пластика облучение можно сочетать с пиролизом — изменением химического состава материалов с помощью тепла. При этом облучение позволяет сделать производственные процессы более чистыми, поскольку при химической переработке отпадает необходимость в растворителях и добавках-катализаторах. Также появляется возможность сделать процесс более энергоэффективным, а также повысить качество и увеличить выпуск конечного продукта.

Кроме того, для повышения интенсивности и качества переработки отходов можно использовать электронные пучки, позволяющие улучшить сортировку смешанного пластика за счет электростатической сепарации. Радиационная обработка также позволяет изменять свойства полимерных отходов. С ее помощью можно создавать новые композитные материалы и инновационным образом повторно использовать отходы. Это помогает обеспечить многократное использование пластика, еще больше сокращая количество пластиковых отходов.

## 2.2. Загрязнение морской среды пластиком

Океан является конечным резервуаром большей части пластиковых отходов из наземных источников [25]. Ежегодно в морскую среду попадают миллионы тонн пластикового мусора, и ожидается, что в ближайшие годы эти объемы увеличатся [26]. Из-за своего размера частицы пластика могут как активно, так и пассивно поглощаться многими морскими организмами, в том числе промысловыми рыбами. Полный масштаб загрязнения морской среды пластиковым мусором еще не был на систематической основе и полноценным образом определен [27].

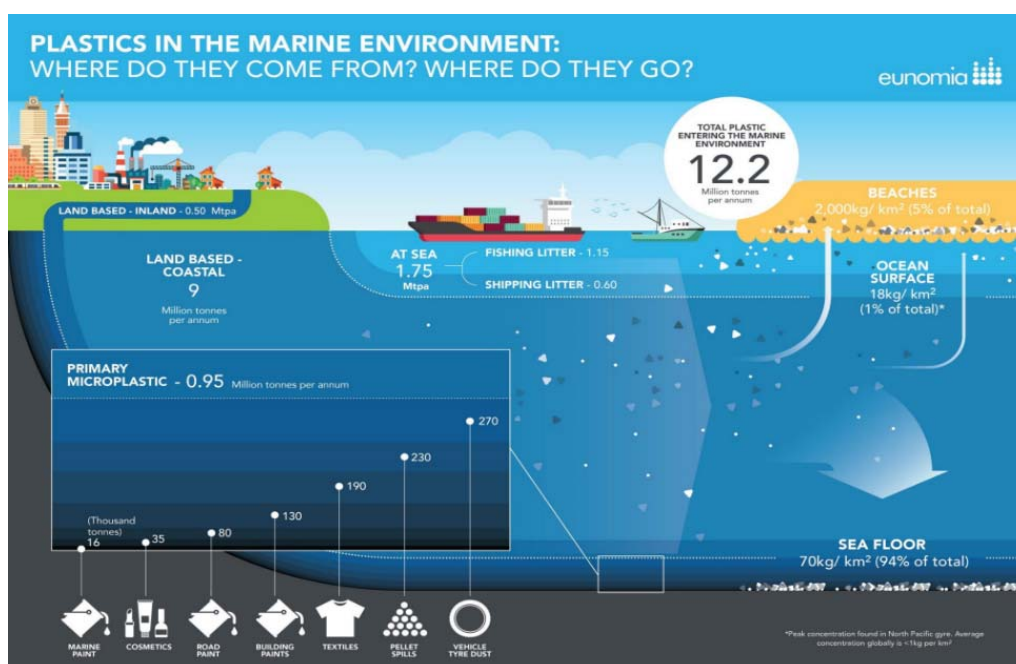


РИС. 3. Пластик в морской среде: откуда и куда он поступает? (Источник: ECOWATCH<sup>5</sup>)

Последствия загрязнения пластиком для морской жизни и в более широком смысле для прибрежных экосистем и экосистем открытого океана все еще неясны и требуют тщательного мониторинга и оценки [28, 29]. При этом по результатам недавних оценок появились тревожные первоначальные данные о накоплении микропластика даже в желудочно-кишечном тракте человека, что может привести к пагубным последствиям [30, 31].

Учитывая множество факторов неопределенности, связанных с морскими пластиковыми отходами, необходимо улучшить понимание масштаба и воздействия загрязнения морской среды пластиком на прибрежные и морские экосистемы и организмы [3]. За последнее десятилетие мировое научное сообщество приложило значительные усилия для углубления знаний о количестве и воздействии отдельных пластиковых частиц на водные организмы [27]. Кроме того, было замечено, что пластик в океане активно разносится течениями и приливами и подвергается постоянной физической и химической деградации, приводящей к образованию все более мелких частиц пластика. Этот процесс деградации также приводит к высвобождению сопутствующих загрязнителей, которые

<sup>5</sup> См.: ECOWATCH, 80% of Ocean Plastic Comes From Land-Based Sources, New Report Finds (2016), [www.ecowatch.com/80-of-ocean-plastic-comes-from-land-based-sources-new-report-finds-1891173457.html](http://www.ecowatch.com/80-of-ocean-plastic-comes-from-land-based-sources-new-report-finds-1891173457.html).

либо входят в состав пластиковых частиц, либо появляются в результате реакций, в которые вступают эти частицы [29]. Для полного понимания воздействия этих сопутствующих загрязнителей на морские организмы и для укрепления безопасности пищевых продуктов и продовольственной безопасности, включая экспорт морепродуктов, от которого зависит жизнеобеспечение населения прибрежных районов многих стран, требуется гораздо больше данных.

### Преимущества ядерных методов

Специализированные изотопные методы обеспечивают беспрецедентную точность и обладают исключительной полезностью. Они могут дополнять другие методы, используемые для отслеживания пространственно-временного распространения, а также характеристик и воздействия морских пластиковых частиц. Таким образом, они способствуют комплексному мониторингу и оценке морского мусора, разработке стратегий смягчения последствий, а также оценке эффективности принимаемых мер.

Изотопные индикаторы и методы ядерной визуализации имеют ряд преимуществ в оценке воздействия пластика на морскую среду и вызванного им стресса: i) они обладают аналитической чувствительностью, что позволяет делать более точные и, следовательно, надежные прогнозы; ii) перекрестное загрязнение проб, как правило, не представляет собой такую большую проблему, как при работе с органическими или неорганическими загрязнителями, что облегчает широкий обмен между лабораториями; iii) появляется возможность проведения неразрушающего анализа, подходящего для экспериментальной работы с живыми организмами; iv) дается общая картина воздействия загрязнителей на организм в целом и их перемещения внутри него. В результате появляется важный показатель потенциальной токсичности пластика для живых организмов, дающий подробную информацию о пораженных органах и системах. Это, в свою очередь, позволяет определять фактический токсикологический стресс, а также возможное распространение пластика в пищевых цепях, поскольку в конечном итоге он может сказаться на здоровье людей, употребляющих морепродукты в пищу.

Кроме того, ядерные методы могут помочь определить дополнительное воздействие пластика на окружающую среду, поскольку в результате их применения разлагаются, высвобождаются и поглощаются сопутствующие загрязнители, такие как ПХБ (полихлорированные бифенилы) и галогенсодержащие антипирены, а также микроэлементы, такие как ртуть и свинец. Оценка механизмов и воздействия таких процессов становится все более важной, поскольку количество пластика в океанах растет, при том что они подвержены более существенному потеплению из-за изменения климата.

### 2.3. Роль и подход МАГАТЭ

В соответствии со своим<sup>6</sup> Уставом МАГАТЭ уполномочено ускорять внедрение достижений ядерной науки и технологий и расширять их вклад в области мирного использования. В этом качестве МАГАТЭ играет роль координационного центра разработки и передачи ядерных технологий и прикладных решений. В рамках деятельности МАГАТЭ в области исследований производится доскональное изучение и апробация новых ядерных технологий. После того как соответствующие ядерные технологии становятся достаточно отработанными, они могут передаваться всем странам, особенно развивающимся государствам-членам, в рамках программы технического сотрудничества МАГАТЭ.

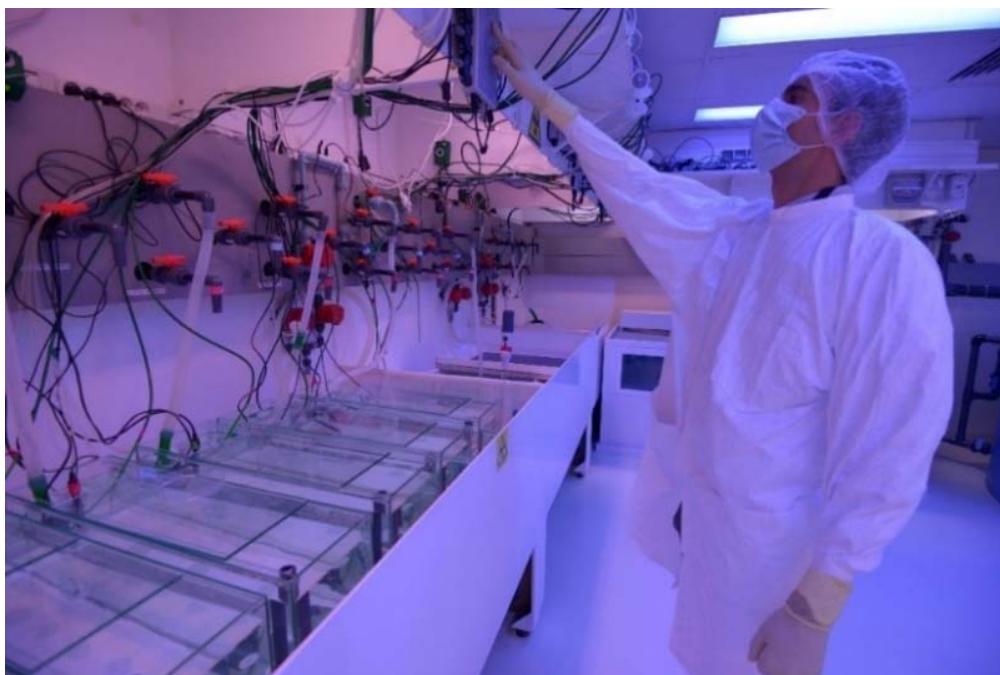
---

<sup>6</sup> В Статье III, пункт А [Устава](#) Агентство уполномочивается «способствовать и содействовать научно-исследовательской работе в области атомной энергии и развитию атомной энергии и практическому ее применению в мирных целях во всем мире и, в случае просьбы о том, служить посредником с целью обеспечения тому или иному члену Агентства оказания услуг или снабжения его материалами, оборудованием или техническими средствами другим членом Агентства, а также совершать любые операции или оказывать любые услуги, могущие принести пользу в научно-исследовательской работе в области атомной энергии, или в развитии атомной энергии, или в практическом применении атомной энергии в мирных целях».

МАГАТЭ уже давно и успешно поддерживает исследования и разработки в области прикладного применения ядерных технологий. В рамках деятельности своего Департамента ядерных наук и применений МАГАТЭ поддерживает и контролирует работу расположенных в Австрии и Монако лабораторий окружающей среды<sup>7</sup>. Эти лаборатории призваны обеспечивать и осуществлять проекты, отвечающие потребностям государств-членов в области развития по целому ряду тематических направлений. Они имеют солидный послужной список в области прикладных исследований и разработок, предоставления услуг по подготовке кадров и аналитических услуг, а также передачи государствам-членам проверенных ядерных технологий и методов.

МАГАТЭ осуществляет научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы не только на базе своих собственных лабораторий, но и в рамках своих широких исследовательских сетей, в состав которых входят научно-исследовательские институты, образовательные учреждения и эталонные лаборатории. Эта работа ведется по линии программы координированных исследований, а также центров сотрудничества<sup>8</sup>.

Некоторые центры сотрудничества имеют непосредственное отношение к инициативе «НУТЕК пластик». При этом одни учреждения-партнеры обладают специализированным опытом в области радиационной обработки полимеров, полимерных отходов и биокompозитов, а другие занимаются проектами в области морских и океанографических исследований, включая загрязнение морской среды. Соответственно, для регионов и стран, в которых действуют такие центры сотрудничества МАГАТЭ, потенциальные выгоды от инициативы «НУТЕК пластик» будут более весомыми.



*В Лабораториях окружающей среды МАГАТЭ ежедневно проводятся различные эксперименты.*

---

<sup>7</sup> Лаборатория ядерной науки и приборов разрабатывает, модифицирует и передает государствам-членам ядерные физические приборы, а также прикладные решения на основе ускорителей частиц для широкого спектра задач — от мониторинга окружающей среды до материаловедческих исследований. Три лаборатории морской среды МАГАТЭ в Монако занимаются вопросам исследования и сохранения здоровой морской среды и разработки устойчивого подхода к освоению природных ресурсов.

<sup>8</sup> Подробнее о центрах сотрудничества рассказывается в публикации:

[https://www.iaea.org/sites/default/files/16/07/iaea\\_collaborating\\_centres\\_scheme\\_external\\_guide\\_v1.1\\_april\\_2016.pdf](https://www.iaea.org/sites/default/files/16/07/iaea_collaborating_centres_scheme_external_guide_v1.1_april_2016.pdf).



В дополнение к системе центров сотрудничества и деятельности, ведущейся в своих лабораториях, МАГАТЭ также поощряет и поддерживает исследования, разработку и практическое применение ядерных технологий и прикладных решений в государствах-членах по всему миру. Агентство привлекает научно-исследовательские учреждения из развивающихся и развитых государств-членов к совместной работе по реализации представляющих общий интерес исследовательских проектов — так называемых проектов координированных исследований (ПКИ). Выступая в качестве координатора, оно заключает в рамках этих ПКИ исследовательские, технические и докторские контракты и соглашения об исследованиях с институтами государств-членов.

МАГАТЭ успешно зарекомендовало себя как учреждение, содействующее научным исследованиям, разработкам и проектам в области внедрения специальных ядерных методов в контексте производственно-сбытового цикла пластика. МАГАТЭ стремится применять достижения ядерной науки и технологий в дополнение к существующим традиционным методам и предлагает новые решения для оказания помощи своим государствам-членам.

В рамках инициативы «НУТЕК пластикс» Лаборатории окружающей среды МАГАТЭ планируют активизировать и наращивать разработку надежных и малозатратных методов оценки пространственно-временной распространенности и характеристик пластика в морской среде, с тем чтобы лучше понимать его происхождение, механизмы переноса, характер и пути воздействия. В частности, это предполагает создание и введение в действие согласованных, стандартизированных протоколов для выявления микропластика в пробах окружающей среды, подготовку ученых и технических специалистов и внедрение аналитических методов, которые соответствуют передовой практике и опираются на новейшие достижения науки. Одновременно с этим, благодаря сравнительному мониторингу микропластика облегчается задача по количественной оценке и уточнению воздействия на окружающую среду демонстрационной установки по переработке пластиковых отходов.

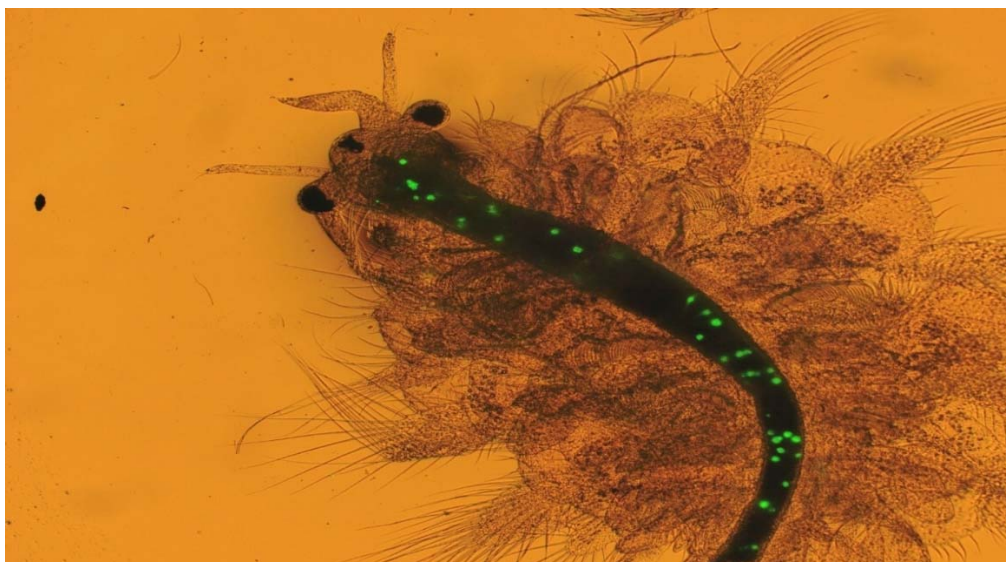
### **Мониторинг состояния морской среды**

Опираясь в своей работе на ядерные методы, МАГАТЭ оказывает государствам-членам содействие в достижении их национальных целей и задач, предусматриваемых целями Организации Объединенных Наций в области устойчивого развития (ЦУР), а также в рамках Десятилетия Организации Объединенных Наций, посвященного науке об океане в интересах устойчивого развития. Эта работа охватывает исследования в области изменения климата и антропогенного воздействия на океаны, включая проблемы загрязнения на суше и в морской среде, потепление океана, подкисление океана и его обескислороживание. С 2016 года Лаборатории окружающей среды МАГАТЭ занимаются изучением воздействия пластика на морские организмы. Выводы этих исследований используются правительствами в качестве научно обоснованной информации для принятия политических решений.

Для изучения характера поведения загрязнителей или биотоксинов в прибрежной среде, а также влияния на морские организмы таких глобальных факторов стресса, как изменение климата, МАГАТЭ прибегает к помощи радиоизотопных методов. В настоящее время эти методы приобретают важное значение для изучения воздействия пластика на водную флору и фауну.

В рамках программы технического сотрудничества МАГАТЭ многие страны расширяют свои знания в области мониторинга различных загрязнителей и смягчения их вредного воздействия, в том числе в области оценки содержания радионуклидов и нерадиоактивных загрязнителей и их воздействия на окружающую среду и экосистемы. МАГАТЭ является крупнейшим в мире поставщиком эталонных материалов, некоторые из которых используются в качестве международных стандартов измерений, для анализа содержания радионуклидов в различных носителях, в том числе таких, как рыба, растения, почва, вода или другие среды, и предоставляет их лабораториям во всем мире, чтобы помочь им создать условия для применения надлежащих ядерных и неядерных аналитических методов, обеспечивающих получение точных, достоверных и надежных результатов.





*Полученное в Лабораториях окружающей среды МАГАТЭ увеличенное изображение рачка рода Artemia, в организме которого присутствуют попавшие с пищей частицы микропластика. (Фото: Ф. Оберхенсли/МАГАТЭ)*

Надежную основу для организации мониторинга и оценки загрязнения микропластиком обеспечивает уже созданный в рамках программы ТС потенциал в области отбора проб загрязненной морской среды, борьбы с цветением водорослей, анализа содержания загрязняющих веществ (включая тяжелые металлы, органические соединения, радиоактивные элементы и токсины), обеспечения безопасности морепродуктов, а также проведения лабораторных экспериментов с использованием радиоизотопов. Имеющийся потенциал в этих областях можно было бы расширить, чтобы для характеристики и оценки загрязнения пластиком могли применяться дополнительные новейшие технологии (например, инфракрасная микроспектроскопия с преобразованием Фурье, рамановская спектроскопия, газовая хроматография/масс-спектрометрия и другие), а также могли проводиться специализированные учебные мероприятия.

### **Облучение полимеров**

В 1980-х и 1990-х годах в рамках ПКИ уже велись фундаментальные исследования в области облучения полимеров, при этом особое внимание уделялось полимерным материалам для биомедицинских и биохимических применений, полимерным материалам промышленного и медицинского назначения, а также радиационной обработке натуральных полимеров природного происхождения<sup>9</sup>. В 2000-х годах исследования и разработки в области применимых к полимерам радиационных технологий продолжались<sup>10</sup>, при этом изучались такие направления, как радиационно-индуцированная прививка полимеров для разработки новых адсорбентов и мембран<sup>11</sup>. Еще один проводившийся в этой области ПКИ предусматривал разработку обработанных излучением материалов с использованием натуральных полимеров для получения продукции с добавленной стоимостью и готовой продукции для использования в сфере сельского хозяйства, здравоохранения, промышленности и охраны окружающей среды<sup>12</sup>. Ряд других ПКИ в области радиационных технологий касались таких тем, как создание нанокомпозитов; новые

<sup>9</sup> К их числу относятся: ПКИ-385 «Радиационно-модифицированные полимеры для биомедицинских и биохимических применений» (1980–1983); ПКИ-927 «Радиационное модифицирование полимеров для использования в промышленности и медицине» (1984–1989); ПКИ-1018 «Вопросы стабильности и стабилизация полимеров под воздействием облучения» (1993–1997); а также ПКИ-931 «Радиационная обработка натуральных полимеров природного происхождения» (1997–2000).

<sup>10</sup> ПКИ-565 «Контроль ухудшения свойств полимеров при их радиационной обработке» (2003–2006).

<sup>11</sup> ПКИ-1434 [«Разработка принципиально новых адсорбентов и мембран методом радиационно-индуцированной прививки для задач в области селективного разделения»](#) (2007–2011).

<sup>12</sup> ПКИ-1467 [«Разработка обработанных излучением изделий из натуральных полимеров для применения в сфере сельского хозяйства, здравоохранения, промышленности и охраны окружающей среды»](#) (2007–2013).

получаемые облучением составы покрытий, устойчивых к царапинам и истиранию; инициируемые облучением реакции полимеризации для получения покрытий с улучшенными свойствами поверхности<sup>13</sup>; а также разработка новых упаковочных материалов из натуральных и синтетических полимеров с использованием радиационных методов и оценка радиационного воздействия на упаковочные материалы для пищевых продуктов<sup>14</sup>. Множество ПКИ были посвящены другим вариантам промышленного применения радиационных технологий<sup>15</sup>, при этом многие из них в итоге способствовали успешной передаче технологий и развитию устойчивых промышленных производств, что свидетельствует о достижениях Агентства и его партнеров в этой области.

Для формирования основы исследовательской и опытно-конструкторской работы в рамках компонента инициативы «НУТЕК пластикс», касающегося переработки пластика, хорошо подходит новый ПКИ «Переработка полимерных отходов в конструкционные и неконструкционные материалы с использованием ионизирующего излучения», который был утвержден в 2020 году. В конце 2020 года состоялось консультативное совещание с участием экспертов в этой области и партнеров со всего мира, на котором был представлен четкий обзор испытываемых технологий и даны рекомендации в отношении наилучших вариантов дальнейшей деятельности. Многие технологии находятся на разных этапах исследований и испытаний.

Рекомендации для МАГАТЭ по итогам консультативного совещания подчеркивают значимость компонента «НУТЕК пластикс», касающегося переработки пластика. Возможности радиационной технологии для преобразования полимерных отходов в сырье и новых материалов для конструкционных и неконструкционных изделий с высокими характеристиками уже надежно отработаны, поэтому в МАГАТЭ от государств-членов поступают призывы к более масштабному внедрению, продвижению и передаче соответствующих технологий. В частности, МАГАТЭ рекомендовано анализировать и поощрять использование технологий поточной и модульной радиационной обработки, которые дополняют существующие механические и химические процессы и могут служить примером масштабируемых производственных методов для создания экономически эффективных и экологически безопасных устойчивых решений в области производства и переработки пластика. В этой связи МАГАТЭ принимает меры к тому, чтобы способствовать налаживанию международного сотрудничества на государственном, отраслевом и научном уровнях, а также повышать заметность проектов, территориальный охват и глобальную осведомленность в части раскрытия преимуществ безопасного и надежного применения радиационных технологий для переработки полимерных отходов.

Результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ МАГАТЭ передаются государствам-членам в виде накопленных знаний и апробированных технологий. В рамках программы технического сотрудничества МАГАТЭ уже создается национальный потенциал и расширяются технические возможности государств-членов в области использования радиационных технологий для переработки полимеров. Многие государства-члены уже получают выгоду от использования переданных им технологий, таких как облучатели на основе пучков электронов и гамма-лучей, для обработки материалов и создания материалов с улучшенными свойствами.

---

<sup>13</sup> ПКИ-1783 [«Радиационное отверждение композитов для улучшения их свойств и полезности при применении в здравоохранении и промышленности»](#) (2011–2015)

<sup>14</sup> ПКИ-1947 [«Применение радиационной технологии в разработке передовых упаковочных материалов для пищевых продуктов»](#) (2013–2017).

<sup>15</sup> ПКИ-1539 [«Радиационная обработка сточных вод, особенно содержащих органические загрязнители, для повторного использования»](#) (2010–2016); ПКИ-2220 [«Радиационная инактивация биологических угроз при помощи электронных ускорителей с высокой энергией пучка»](#) (2018–2022); ПКИ-2216 [«Радиационные технологии для борьбы с новыми органическими загрязнителями»](#) (2019–2023).

### 3. «НУТЕК пластик» предполагает подход, ориентированный на результат

#### 3.1. Как «НУТЕК пластик» будет способствовать переходу к экономике замкнутого цикла: теория изменений

##### От линейной модели до экономики замкнутого цикла

В Повестке дня на период до 2030 года содержится обязательство в отношении искоренения многоаспектной нищеты и обеспечения устойчивого и справедливого развития для всех. Неотъемлемый вклад в Повестку дня на период до 2030 года вносит использование ядерных технологий для того, чтобы поддержать переход от линейной модели использования пластика к модели замкнутого цикла. В соответствии с целью 12, международное сообщество обязуется переходить к рациональным моделям потребления и производства, при этом в рамках предусматриваемой ей задачи 12.5 к странам обращен конкретный призыв к 2030 году «...существенно сократить образование отходов за счет мер по предупреждению их накопления, сокращению количества, переработке и повторному использованию».

Для устранения коренных причин загрязнения пластиком требуются системные решения, которые позволят сократить спрос на невозобновляемые ресурсы ископаемых видов топлива и уменьшить негативные внешние эффекты, связанные с существующим производственно-сбытовым циклом пластика. Резюмируя вышесказанное, мировое сообщество должно сократить количество пластика, который поступает в экономику из исходного сырья и выводится из нее без возможности создания добавленной стоимости. Иными словами, мировой экономике необходимо перейти от сбора и удаления отходов к рациональному управлению ресурсами. Этого можно добиться за счет перехода от экономической модели с однооборотным использованием продукции по принципу «добыча-изготовление-утилизация» к экономике замкнутого цикла. В соответствии с этой моделью на различных этапах цепочки создания стоимости могут приниматься те или иные меры, как показано ниже.

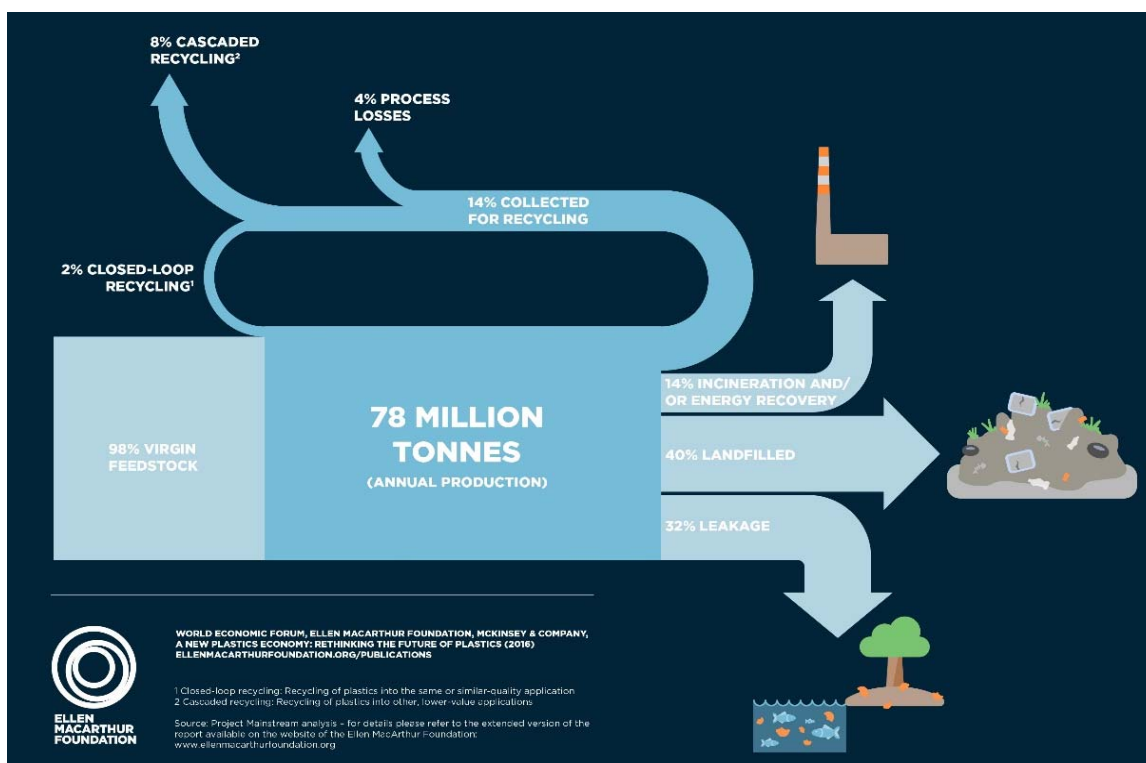
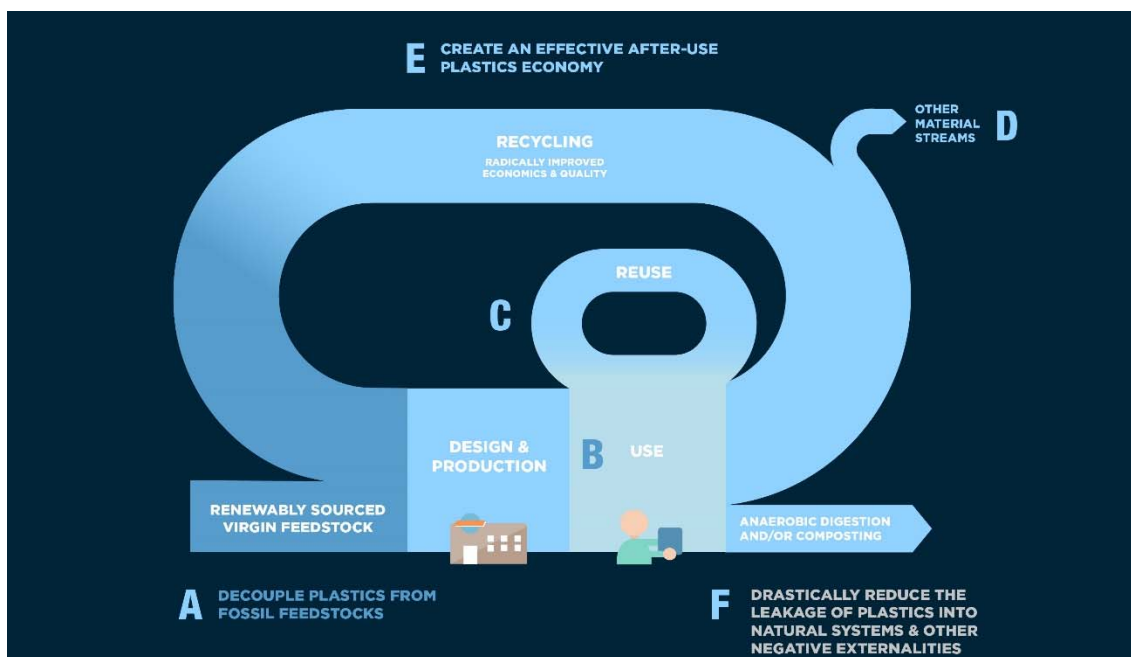


РИС. 4. Глобальный оборот упаковочных изделий из пластика (2013). (Источник: Фонд Эллен Макартур)

«Первой в своем роде моделью», которая была разработана для анализа запасов и потоков пластика и пластиковых отходов, проходящих через наше общество на глобальном уровне, является модель «Plastic to Ocean» («Пластик в океан» (P2O)) [1]. Модель P2O позволяет подготавливать прогнозы и глобальные аналитические выкладки в отношении всех компонентов системы обращения с пластиковыми отходами. «НУТЕК пластикс» использует эту модель для оценки экономического эффекта, который применение ядерных технологий оказывает на экономику пластиковых отходов. В настоящее время исходные параметры модели основываются на предполагаемых и оценочных значениях. После того, как пилотные установки будут введены в эксплуатацию и станут известны основные эксплуатационные характеристики, надежность прогнозов по модели P2O должна возрасти.



- A. Сокращение производства пластика
- B. Сокращение использования пластика
- C. Более активное повторное использование изделий из пластика (для недопущения одноразового использования и экспоненциального увеличения пластиковых отходов)
- D. Расширение переработки пластиковых отходов в другие продукты
- E. Повышение качества переработанных отходов, выполняющих роль сырья для производства пластика/заменяющих собой сырье из нефтепродуктов
- F. Очищение океанов и земель от имеющихся пластиковых отходов

РИС. 5. Цели новой экономики пластика. (Источник: Всемирный экономический форум, Фонд Эллен Макартур, Центр по проблемам бизнеса и окружающей среды консалтинговой компании «Маккинзи» [4])

### 3.2. Цели и конечные результаты.

Главная цель инициативы «НУТЕК пластикс» — **помочь государствам — членам МАГАТЭ в использовании ядерных и смежных методов в рамках их усилий по решению проблемы загрязнения пластиком.**

Она предполагает достижение двух основных конечных результатов:

1. лучшее понимание на глобальном уровне проблемы масштабного загрязнения морской среды пластиком и его последствий;
2. совершенствование технологий переработки и производства пластика за счет применения радиационных методов в дополнение к обычной практике.

## **Лучшее понимание на глобальном уровне проблемы масштабного загрязнения морской среды пластиком и его последствий**

Этот компонент направлен на то, чтобы создать для государств-членов возможность улучшить процессы обращения с пластиковыми отходами в морской среде на основе оценки исходной ситуации и прогнозируемых сценариев, касающихся загрязнения пластиком в их территориальных водах и вблизи них. «НУТЕК пластикс» будет способствовать укреплению потенциала лабораторий по всему миру в части внедрения, наряду с прочими методами, изотопных методов для мониторинга загрязнения морской среды пластиком и оценки последствий этого, а также для налаживания обмена данными, знаниями и передовой практикой в этой области. Ряд государств-членов, представляющих все географические регионы, при содействии МАГАТЭ уже создали мощный потенциал в области мониторинга морской среды и могли бы извлечь дополнительные выгоды из инициативы «НУТЕК пластикс».

Промежуточный результат 1.1. Повышение глобальной осведомленности о применении изотопных методов для мониторинга загрязнения морской среды пластиком и оценки его последствий.

Этот результат предполагает обеспечение глобальной осведомленности о преимуществах изотопных методов с точки зрения корректности и точности измерения, чтобы восполнить глобальные информационные пробелы, касающиеся мониторинга загрязнения морской среды микро- и нанопластиком и оценки его последствий.

Промежуточный результат 1.2. Выбор государственных и частных партнеров, готовых поддержать укрепление потенциала лабораторий морской среды в области мониторинга.

Этот результат предполагает создание необходимых многосторонних партнерств в целях содействия более широкому использованию изотопных методов для достоверного мониторинга загрязнения морской среды микро- и нанопластиком и оценки его последствий.

Промежуточный результат 1.3. Развертывание готовых к работе лабораторий с надлежащим оборудованием и обученным персоналом и принятие соответствующих протоколов.

Этот результат предусматривает передачу оборудования, предоставление технических консультативных услуг и подготовку кадров, а также оказание странам помощи в разработке протоколов, необходимых для надлежащей организации сбора, сопоставления и протоколирования данных по загрязнению океанов микропластиком и оценки его последствий для морских экосистем.

Промежуточный результат 1.4. Сеть центров мониторинга «НУТЕК пластикс»

В контексте этого результата планируется создание глобальной сети лабораторий, способных осуществлять мониторинг загрязнения морской среды пластиком и оценивать его последствия, поддерживая обмен данными, знаниями и передовой практикой. Эти лаборатории будут выполнять функции региональных ресурсных центров и обеспечивать непрерывность предоставления соответствующих услуг и обучения.

Промежуточный результат 1.5. Накопление знаний об источниках, распределении, путях переноса, характере воздействия и территории распространения нано- и микропластика.

Этот результат предполагает активизацию исследований и расширение знаний в области нано- и микропластика.

## **Совершенствование технологий переработки и производства пластика за счет применения радиационных методов**

Радиационная обработка — это проверенный метод, применяющийся в научных лабораториях, который может дополнить технологии механической и химической переработки. В то же время, он не слишком хорошо известен глобальному сообществу производителей и потребителей пластика и



не используется ими в качестве альтернативного решения. Этот компонент ставит своей целью обеспечить заинтересованные стороны доказательствами эффективности и результативности радиационных методов в плане совершенствования существующих технологий переработки. Он также призван ускорить процесс технологий от лабораторной практики к коммерческому использованию за счет привлечения к процессу валидации частных компаний и создания партнерских механизмов для содействия скорейшему внедрению.

Радиационная технология дополняет собой существующие процессы химической и механической переработки, однако страны, которые заинтересованы в предусматриваемой этим компонентом деятельности, должны обеспечить выполнение ряда предварительных условий в рамках производственно-сбытовой цепочки пластика, а также наличие соответствующей нормативно-правовой базы.

Промежуточный результат 2.1. Глобальная осведомленность о сравнительных преимуществах применения облучения в контексте переработки и повторного использования пластика.

Этот результат предполагает привлечение большего внимания к методам облучения, которые могут внести свой вклад в решение проблемы загрязнения пластиком, путем повышения осведомленности среди глобального сообщества производителей и потребителей пластика.

Промежуточный результат 2.2. Поиск государственных и частных партнеров для того, чтобы поддержать распространение технологии облучения от лабораторной практики к коммерческому использованию.

Этот результат предполагает задействование необходимых многосторонних партнерских механизмов для содействия более широкому использованию методов облучения в дополнение к существующим процессам производства и переработки пластика.

Промежуточный результат 2.3. Этап 1. Размещение пилотных облучательных установок на заводах по переработке отходов.

Этот результат предполагает обеспечение достаточного институционального потенциала для того, чтобы в области обращения с пластиковыми отходами могли быть разработаны пилотные программы по применению технологий облучения. Для этого будет оказываться содействие в передаче оборудования, организации обучения и предоставлении консультаций экспертов по вопросам разработки необходимых протоколов, а также планов действий по развертыванию пилотных установок. Предусматривается также процедура оценки и валидации передаваемых технологии на основе проведения анализа затрат и выгод и разработки для стран-кандидатов моделей технической осуществимости.

Промежуточный результат 2.4. Этап 2. В сотрудничестве с государственными/частными партнерами демонстрационная установка вводится в эксплуатацию, что позволит применять эту технологию в коммерческих масштабах.

Этот результат в первую очередь предполагает оказание поддержки в процессе развертывания демонстрационной установки, а также предоставление консультаций экспертов и организацию надзора за облучательной установкой после ее размещения и введения в эксплуатацию на заводе.

### **3.3. Экономическое моделирование**

Издержки в связи с замусориванием морской среды, в основном по причине неблагоприятных последствий для рыболовства, туризма и биоразнообразия [32], достигают 13 миллиардов долларов США в год. Суммарные общественные и экологические издержки из-за загрязнения пластиком, согласно оценкам, составляют 139 миллиардов долларов США в год [33]. Половина этих издержек может быть отнесена на счет климатических последствий выбросов парниковых газов, связанных с производством и транспортировкой изделий из пластика. Еще треть обусловлена последствиями сопряженного с этим загрязнения воздуха, воды и земель для здоровья человека,

сельского хозяйства и окружающей среды, а также расходами на утилизацию отходов. Любые направленные на уменьшение этого социального бремени усилия будут рассматриваться как позитивный результат, достижению которого способствует МАГАТЭ.

### **Дополнительная выгода от использования ядерных технологий в контексте общей производственно-сбытовой цепочки изделий из пластика**

В этом разделе представлен методологический подход, применяемый для оценки вклада ядерных технологий в ускорение перехода к экономике, предполагающий замкнутый цикл использования пластика. Этот подход позволит лучше оценить «добавленную стоимость», которую ядерные технологии могут привнести в производственно-сбытовую цепочку пластика. Разъяснение дополнительной ожидаемой выгоды от этих экспериментальных технологий помогает наладить связи между лабораториями и коммерческими предприятиями по переработке, другими субъектами частного сектора и инициативами в области технической валидации, осуществляемыми при поддержке программ технического сотрудничества, что позволяет сократить сроки передачи технологии и увеличить эффективность усилий МАГАТЭ.

Методологический подход сохраняет свою актуальность на двух уровнях, предполагающих использование передовых систем экономического и финансового моделирования.

Вначале проводился предварительный анализ затрат и выгод применительно к различным масштабам производства, чтобы оценить потенциальные преимущества, которые эти установки могут обеспечивать по сравнению с существующими мощностями. Анализ основывался на предположении о том, что технология облучения способна усовершенствовать существующие процессы переработки пластика и обеспечить получение пластиковых гранул более высокого качества на основе внедрения энергосберегающего процесса с меньшими в целом затратами на производство<sup>16</sup>. Этот методологический подход будет применяться в ходе реализации инициативы для того, чтобы обеспечить тщательную валидацию технологии, с обновлением ключевых рыночных и отраслевых данных, как только они станут доступны, и по необходимости формулировать каждое конкретное предложение с учетом контекста.

Затем подсчитывались ожидаемые выгоды от скоординированных действий в рамках инициативы «НУТЕК пластикс», при этом текущая ситуация сопоставлялась с потенциальными последствиями внедрения этих новых технологий. Эта работа проводилась на основе анализа чувствительности по модели P2O, о которой рассказывалось выше. Были определены конкретные параметры модели P2O, в которые вносились корректировки для учета технологических усовершенствований, предполагаемых в моделях микроуровня. Будет проводиться дополнительная работа для того, чтобы, как только будет доступна подробная информация, учесть в модели ожидаемые выгоды от расширения возможностей в области мониторинга микропластика в морской среде и принятия соответствующих научно обоснованных решений.

С помощью модели P2O проверялось потенциальное сокращение пластиковых отходов, которое может обеспечить радиационная технология в контексте уменьшения объемов попадающего в океан пластика. Моделирование свидетельствует о том, что радиационная технология, если она будет применяться параллельно с процессами сортировки или механической или химической переработки, способна уменьшить объемы морского мусора. Как показано на рисунке 6 ниже, применение облучения параллельно с формальной сортировкой мусора позволяет сократить количество последнего на 1,83 кг на метрическую тонну, а параллельно с механической

---

<sup>16</sup> Предположения опираются на выводы виртуального экспертно-консультативного совещания, организованного МАГАТЭ 27–30 октября 2020 года, которые подтверждают, что с помощью радиолиза можно снизить температуру пиролиза на 150 градусов, что соответствует экономии энергии до 700 кДж/кг, и согласуется с выводами, изложенными в статье Пономарева А.В. (2020) «Радиолиз как мощное средство для переработки полимерных отходов», Химия высоких энергий, Т. 54, стр. 194–204.

переработкой — на 2,3 кг на метрическую тонну. Наибольшего сокращения объемов пластикового мусора можно будет добиться, если радиационная технология будет применяться параллельно с его химической конверсией в мономеры и углеводороды (4,41 кг на метрическую тонну). Исходя из рассмотренных соображений был сделан вывод о том, что при использовании облучения в дополнение к химической конверсии **предполагаемое сокращение объемов мусора в океане будет более чем в два раза больше**, чем при использовании радиационной технологии в процессе сортировки пластикового мусора или параллельно с его механической переработкой.



РИС. 6. Потенциальное сокращение объемов попадающего в океан мусора в расчете на метрическую тонну за счет использования радиационной технологии параллельно с традиционными технологиями. Собственная обработка данных на основе инструментария, предоставляемого моделью P2O.

Эти предварительные результаты основываются на предположениях, которые касаются усовершенствованных технологий переработки. Эти результаты консервативны, поскольку переработанный пластик составляет только 9% от общего баланса системы обращения с пластиковыми отходами, но при этом в целях изучения эффекта, который внедряемые в рамках «НУТЕК пластикс» новые технологии могут оказать в контексте общего перехода к экономике замкнутого цикла, в стадии разработки находится динамическая модель, учитывающая ожидаемое увеличение объемов переработки (до 60%) [34].

### 3.4. Обеспечение устойчивости, анализ рисков и их снижение

Полноценный переход к экономике с замкнутым циклом использования пластика зависит от того, будет ли достигнута большая эффективность и рентабельность повторного использования и переработки пластика в сравнении с производством его заново из сырья на основе ископаемого топлива. Обеспечиваемое радиационными технологиями конкурентное преимущество является ключевым элементом успеха реализации.

Ход реализации и связанные с деятельностью в рамках «НУТЕК пластикс» расходы будут контролироваться с помощью комплексного инструмента управления результатами и мониторинга, а в процессе оценки и прогнозирования на основе достигнутых результатов будет использоваться упомянутая выше модель P2O. Эта модель позволит также выявлять основные узкие места в предполагаемой последовательности конкретных мероприятий, благодаря чему можно будет планировать целенаправленные мероприятия по устранению недочетов, мешающих устойчивому переходу к экономике, предполагающей замкнутый цикл использования пластика. Эти аргументы смогут подготовить почву для того, чтобы рассматривать пластик не как отходы, а как ценное сырье.

Различные возможные сценарии достижения целей «НУТЕК пластик» сопряжены с многочисленными неопределенностями, которые обусловлены целым рядом факторов и структур, не зависящих «НУТЕК пластик». При разработке теории изменений был определен ряд ключевых предварительных условий, и были сформулированы предположения относительно соответствующих действий, которые должны предприниматься для того, чтобы намеченные результаты инициативы «НУТЕК пластик» могли быть достигнуты. Если какие-либо из этих шагов не будут претворены в жизнь, это может поставить под угрозу успех «НУТЕК пластик».

### **3.5. Потребности в ресурсах и финансирование**

Укрепление потенциала лаборатории морской среды предполагает расходы на уровне примерно 1,1 млн. евро (включая оценку потребностей, создание потенциала и оснащение оборудованием), а расходы на экспериментальную облучательную установку составят примерно 2,1 млн. евро (включая создание потенциала, технико-экономические исследования и оборудование/строительные работы). Эти цифры являются ориентировочными. Конкретные проекты и сметы в рамках инициативы «НУТЕК пластик» будут готовиться в консультации с конкретными запрашивающими государствами-членами. Соответственно будут определены финансовые потребности конкретных проектов.

## **4. Механизмы партнерства**

Глобальная проблема пластика имеет трансграничный характер и затрагивает все страны мира, при этом наибольшее бремя ложится на развивающиеся страны. На всем протяжении производственно-сбытовой цепочки пластика сохраняются те или иные трудности, в урегулировании которых участвуют самые разные стороны. Мандат МАГАТЭ, которое выступает за применение ядерной науки и технологий в качестве дополнения к существующим методам, охватывает лишь часть производственно-сбытовой цепи пластика. Для всестороннего и устойчивого решения глобальной проблемы пластиковых отходов требуется комплексный и всеобъемлющий подход, который может быть реализован только при наличии партнерских отношений с дополняющими потенциал друг друга участниками. Важное значение будет иметь взаимодействие с существующими национальными, региональными и международными инициативами как на глобальном, так и на страновом уровне. Это предполагает сотрудничество с организациями системы ООН, многосторонними банками развития, благотворительными фондами, существующими механизмами крупномасштабного партнерства, включая платформы с участием многих заинтересованных сторон, с частным сектором, в том числе зарекомендовавшими себя инициативами государственно-частного партнерства, а также научно-исследовательскими учреждениями.

МАГАТЭ намеревается вносить дополнительный ценный вклад в существующие партнерские механизмы, направленные на решение глобальной проблемы пластика. Это может быть достигнуто за счет:

- предоставления партнерам точных оценок, касающихся характеристик тех или иных видов пластика, их количества, распределения и воздействия, в целях принятия обоснованных решений в области экологической политики и управления;
- предложения новых вариантов переработки пластика с использованием радиационных технологий в дополнение к обычным методам, чтобы устранить имеющиеся пробелы, которым еще не уделялось внимание в рамках других инициатив в области пластиковых отходов.

Для достижения этой цели МАГАТЭ будет активизировать взаимодействие с соответствующими партнерами для повышения осведомленности об уникальных преимуществах ядерных технологий, способных дополнить существующие технологии, а также для налаживания партнерских отношений, которые позволят ускорить переход к экономике с замкнутым циклом использования пластика.

МАГАТЭ намеревается расширять сотрудничество с родственными организациями системы ООН, внимание которых направлено на те или иные взаимодополняющие аспекты глобальной проблемы загрязнения пластиком. К их числу относятся МОК-ЮНЕСКО, ФАО, ПРООН, ЮНЕП и ЮНИДО, которые также вовлечены в проведение Десятилетия, посвященного науке об океане в интересах устойчивого развития, официальным партнером которого также является МАГАТЭ. МАГАТЭ уже сотрудничает со многими из этих организаций, которые прямо или косвенно занимаются глобальной проблемой пластиковых отходов и ее различными проявлениями на земле, в океанах и в атмосфере.

При переходе к экономике с замкнутым циклом переработки пластика крайне важным будет партнерство с частным сектором, который должен решительно поддерживаться правительствами, проводящими стимулирующую политику и создающими благоприятную правовую среду. В этой связи МАГАТЭ будет сотрудничать с существующими влиятельными государственно-частными партнерствами (например, GPAP), фондами, ассоциациями частного сектора, а также компаниями частного сектора, производящими изделия из пластика, для проверки целесообразности и эффективности применения излучения при переработке пластика. Партнерские связи с деловыми кругами, влиятельными государственно-частными партнерствами, фондами, ассоциациями производителей пластика и другими соответствующими заинтересованными сторонами будут способствовать повышению осведомленности о преимуществах ядерной науки и технологий в контексте решения проблемы пластиковых отходов, когда речь идет о применении передовых технологий и инновационных решений на практике, а также станут отправной точкой для распространения информации среди других потенциальных партнеров.

Отдавая себе отчет в том, что для необходимого перехода к более устойчивым практикам обращения с пластиком потребуются масштабные инвестиции, МАГАТЭ будет тесно сотрудничать с международными финансовыми институтами и учреждениями по финансированию развития, которые могут стать основными инвесторами осуществляемых национальным и частным сектором проектов, призванных замкнуть цикл использования пластика.

Будут предприниматься усилия по налаживанию сотрудничества с другими техническими и научными учреждениями в целях обмена информацией и привлечения средств, в числе которых:

- научно-исследовательские учреждения, изучающие следы загрязнения пластиком в арктических снегах/кернах льда, такие как немецкий Институт полярных и морских исследований им. Альфреда Вегенера — член Объединения имени Гельмгольца; Швейцарский институт исследования снега и лавин; Исследовательский совет Норвегии; Датский центр морских исследований; Британская антарктическая служба, Норвежский полярный институт, сеть ArcticNet и другие;
- заинтересованные стороны, обладающие возможностями по моделированию комплексных систем, такие, как Всемирная метеорологическая организация (ВМО), Геологическая служба США (USGS) и Международный центр теоретической физики.



## 5. Практическая реализация

### 5.1. Подход к реализации инициативы

Описанные в настоящем документе по «НУТЕК пластик» мероприятия будут осуществляться с использованием различных зарекомендовавших себя механизмов реализации проектов МАГАТЭ, таких как проекты ТС, ПКИ и другие программные мероприятия. Два основных компонента «НУТЕК пластик» — мониторинг состояния морской среды и переработка/повторное использование пластика — логически взаимосвязаны, поскольку оба они способствуют решению глобальной проблемы загрязнения пластиком. Вместе с тем они являются независимыми с операционной точки зрения, поскольку осуществление деятельности в рамках одного компонента от деятельности в рамках другого компонента не зависит. Такое взаимосвязанное, но не взаимозависимое состояние двух компонентов обеспечивается в инициативе «НУТЕК пластик» путем использования **модульного подхода к реализации**. Преимущества данного подхода носят двоякий характер.

Во-первых, модульный подход лучше всего подходит для удовлетворения различных потребностей, предпочтений и возможностей стран в части решения их конкретных проблем, связанных с загрязнением пластиком. В некоторых случаях это может предполагать необходимость проведения более тщательного мониторинга и оценки загрязнения морской среды пластиком, в других случаях речь может идти о модернизации установок по переработке пластика с использованием радиационной технологии, а в определенных обстоятельствах страны, возможно, решат сделать выбор в пользу обоих компонентов. Модульный подход обеспечивает максимально гибкие возможности по реализации, четко следуя потребностям и приоритетам государств-членов.

Во-вторых, модульный подход обеспечивает гибкость в плане мобилизации и обеспечения необходимых финансовых (и нефинансовых) ресурсов, что позволяет приступить к реализации проектов на раннем этапе. Реализация конкретных мероприятий «НУТЕК пластик» может быть начата сразу после того, как будут доступны «начальные» ресурсы, в то время как процесс привлечения остальных ресурсов будет еще продолжаться. Дополнительное преимущество такого подхода заключается в том, что он дает возможность донорам и партнерам заниматься конкретными видами деятельности в зависимости от их предпочтений и приоритетов.

Насчитывается более 40 текущих или планируемых проектов ТС, ПКИ и других программных мероприятий, которые связаны с радиационными технологиями и экологическим мониторингом. Из них более 25 проектов непосредственно связаны с проблемой пластика. Сфера охвата этих проектов могла бы быть расширена за счет включения в нее, по мере необходимости, той или иной деятельности в рамках «НУТЕК пластик».

Странам, которые хотели бы присоединиться к деятельности в рамках «НУТЕК пластик», будь то компонент переработки или компонент мониторинга (либо и то и другое), будет предложено рассмотреть следующие критерии:

- масштабы национальной/региональной проблемы пластиковых отходов;
- твердая политическая приверженность решению проблемы загрязнения пластиковыми отходами, свидетельством которой должно быть наличие соответствующей политики, планов, целевых показателей, а также прочных и стратегических связей между профильными национальными учреждениями, соответствующими региональными сетями и платформами сотрудничества;
- осуществление сбора и разделения пластиковых отходов на основе формальных или неформальных принципов обращения с пластиковыми отходами;

- постоянное участие в инициативах по проблеме пластиковых отходов. Это позволит охватить весь производственно-бытовой цикл пластика и заложить основу для того, чтобы вклад МАГАТЭ и эффект от его проектов были более значительными, чем при вмешательстве в отдельных случаях;
- стремление расширить представление о последствиях загрязнения морской среды микропластиком;
- существующий потенциал в области технологий облучения и/или анализа морской среды;
- опыт работы с МАГАТЭ в области ядерных технологий и их применения, например по линии центров сотрудничества МАГАТЭ;
- имеется необходимая нормативная база для применения радиационных методов или готовность приступить к работе в этом направлении;
- представлен соответствующий частный сектор (производство пластика), который вовлечен в сотрудничество, имеет опыт в данной сфере и/или открыт для сотрудничества в рамках государственно-частных партнерств (ГЧП).

ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ	ПЕРИОДЫ				
	2021	2022	2023	2024	2025
<b>ПЕРЕРАБОТКА</b>					
Повышение осведомленности					
Информационная кампания					
Пилотная установка					
ТЭО					
Сооружение					
Эксплуатация					
Демонстрационная установка					
ТЭО					
Сооружение					
Эксплуатация					
Схемы партнерства					
Партнерства					
<b>МОНИТОРИНГ</b>					
Повышение осведомленности					
Информационная кампания					
Государственно-частные партнерства					
Партнерства					
Потенциал лабораторий					
Закупка оборудования					
Обучение					
Сетевое взаимодействие					
Сеть мониторинга					
Знания и научные данные					
Накопление знаний					

РИС. 7. План реализации инициативы «НУТЕК пластик».

## 5.2. Мониторинг и оценка

Каждый из вариантов реализации предусмотренной деятельности (проекты ТС, ПКИ, другие программные мероприятия) будет опираться на свои соответствующие стандартные процедуры и механизмы мониторинга, оценки и отчетности. В основе системы мониторинга и оценки МАГАТЭ лежит подход, который ориентирован на конкретный результат и предусматривает использование конкретной логической структуры, показателей, средств проверки и предположений. Инициатива «НУТЕК пластикс» предусматривает показатели, позволяющие оценивать результаты по каждому компоненту. Разработан детальный инструментарий мониторинга и управления. Показатели будут отслеживаться в процессе реализации проектов, ход реализации будет документироваться с помощью выпускаемых раз в два года отчетов. Учитывая, что «НУТЕК пластикс» ориентируется на работу в меняющейся среде, где важную роль играют другие заинтересованные стороны, некоторые из предположений, принятых для теории изменений, являются по сути ключевыми факторами успешного достижения результатов. В процессе реализации эти предположения будут предметом тщательного изучения в рамках системы управления рисками и принятия корректирующих мер, которые предусматриваются на тот случай, если такие предположения не материализуются и ставят под угрозу успех любого из компонентов «НУТЕК пластикс».



## ПРИЛОЖЕНИЕ: Список использованных источников

- [1] BAILEY, R.M. richardmbailey/P2O: P2O v1.0.0. Zenodo (2020)  
<https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.3929470>
- [2] BARRA, R., LEONARD, S.A., Plastics and the Circular Economy, Scientific and Technical Advisory Panel to the Global Environment Facility, Washington, DC (2018).
- [3] GEYER, R., JAMBECK, J.R., LAW, K.L., Production, use, and fate of all plastics ever made, *Sci. Adv.*, **3** 7 (2017).
- [4] WORLD ECONOMIC FORUM, ELLEN MacARTHUR FOUNDATION, MCKINSEY CENTER FOR BUSINESS AND ENVIRONMENT, The New Plastics Economy Rethinking the Future of Plastics, WEF, Cologny (2016).
- [5] OCEAN CONSERVANCY, MCKINSEY CENTER FOR BUSINESS AND ENVIRONMENT, Stemming the Tide: Land-based strategies for a plastic free ocean (2015)  
<https://oceanconservancy.org/wp-content/uploads/2017/04/full-report-stemming-the.pdf>
- [6] INTERGOVERNMENTAL SCIENCE-POLICY PLATFORM ON BIODIVERSITY AND ECOSYSTEM SERVICES, Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES, Bonn (2019).
- [7] PLASTICSEUROPE, Plastics: The Facts (2019),  
[www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL\\_web\\_version\\_Plastics\\_the\\_facts2019\\_14102019.pdf](http://www.plasticseurope.org/application/files/9715/7129/9584/FINAL_web_version_Plastics_the_facts2019_14102019.pdf)
- [8] ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT, Improving Plastics Management: Trends, Policy Responses, and the Role of International Co-operation and Trade Background Report, OECD Environment Policy Paper No. 12, OECD, Paris (2018).
- [9] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, Global Waste Management Outlook, UNEP, Nairobi (2015).
- [10] LAU, W.W., et al., Evaluating scenarios toward zero plastic pollution, *Sci.* **369** 6510 (2020), 1455–1461.
- [11] BOURGUIGNON, D., Plastics in a Circular Economy: Opportunities and Challenges, PE 603.940, European Parliament, Brussels (2017).
- [12] ELLEN MacARTHUR FOUNDATION, The New Plastics Economy: Rethinking the Future & Catalysing Action, Ellen MacArthur Foundation, Cowes (2017).
- [13] NIELSEN, T.D., HASSELBALCH, J., HOLMBERG, K., STRIPPLE, J., Politics and the plastic crisis: A review throughout the plastic life cycle, *Wiley Interdiscip. Rev. Energy Environ.* **9** 1 (2020) e360.
- [14] KARASIK, R., 20 Years of Government Responses to the Global Plastic Pollution Problem: The Plastics Policy Inventory, Publication NI X 20-05, Duke University, Durham, NC (2020).
- [15] UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION, INTERGOVERNMENTAL OCEANOGRAPHIC COMMISSION, The Science We Need for the Ocean We Want: The United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (20212030), IOC/BRO/2018/7 Rev, UNESCO, Paris (2019).
- [16] EUROPEAN COMMISSION, A Circular Economy for Plastics, EC, Brussels (2019).
- [17] ASSOCIATION OF SOUTHEAST ASIAN NATIONS, Bangkok Declaration on Combating Marine Debris in ASEAN Region (2019), <https://asean.org/storage/2019/06/2.-Bangkok-Declaration-on-Combating-Marine-Debris-in-ASEAN-Region-FINAL.pdf>
- [18] UNITED NATIONS ECONOMIC AND SOCIAL COMMISSION FOR ASIA AND THE PACIFIC, Closing the Loop (2020), [www.unescap.org/projects/closing-the-loop](http://www.unescap.org/projects/closing-the-loop)



- [19] SUSTAINABLE SEAS TRUST, African Marine Waste Network (2020), <https://sst.org.za/projects/african-marine-waste-network/>
- [20] RECICLAJE INCLUSIVO HACIA UNA ECONOMIA CIRCULAR, Latitud (2020), <https://latitudr.org/>
- [21] UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, Addressing Marine Plastics: A Systematic Approach Recommendations for Action, UNEP, Nairobi (2019).
- [22] AL-SALEM, S., LETTIERI, P., BAEYENS, J., Recycling and recovery routes of plastic solid waste (PSW): A review, *Waste Manage.* **29** 10 (2009) 2625–2643.
- [23] RAGAERT, K. DELVAA, L., VAN GEEMB, K., Mechanical and chemical recycling of solid plastic waste, *Waste Manage.* **69** (2017) 24–58.
- [24] VOLLMER, I., et al., Beyond mechanical recycling: Giving new life to plastic waste, *Angew. Chem. Int. Ed.* **59** 36 (2015) 15402–15423.
- [25] COLE, M., LINDEQUE, P., HALSBAND, C., GALLOWAY, T.S., Microplastics as contaminants in the marine environment: A review, *Mar. Pollut. Bull.* **62** 12 (2011) 2588–2597.
- [26] KANE, I.A., et al. Seafloor microplastic hotspots controlled by deep-sea circulation, *Sci.* **368** 6495 (2020) 1140–1145.
- [27] BANK, M.S., HANSSON, S.V. The plastic cycle: A novel and holistic paradigm for the Anthropocene, *Environ. Sci. Technol.* **53** 13 (2019) 7177–7179.
- [28] ROCHMAN, C.M., HOH, E., KUROBE, T., TEH, S.J. Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress, *Sci. Rep.* **3** (2013) 3263.
- [29] ROCHMAN, C.M., et al. Rethinking microplastics as a diverse contaminant suite, *Environ. Toxicol. Chem.* **38** 4 (2019) 703–711.
- [30] LIEBMANN, B., et al., Assessment of Microplastic Concentrations in Human Stool: Final Results of a Prospective Study, Environment Agency Austria, Vienna (2018).
- [31] INTERNATIONAL MOLDED FIBER ASSOCIATION, Study Finds Microplastics Harm Immune Cells (2019), [www.imfa.org/study-finds-microplastics-harm-immune-cells/](http://www.imfa.org/study-finds-microplastics-harm-immune-cells/)
- [32] RAYNAUD, J., Valuing Plastics: The Business Case for Measuring, Managing and Disclosing Plastic Use in the Consumer Goods Industry, United Nations Environment Programme, Nairobi (2014).
- [33] ECONOMIST, The known unknowns of plastic pollution (2018), [www.economist.com/international/2018/03/03/the-known-unknowns-of-plastic-pollution](http://www.economist.com/international/2018/03/03/the-known-unknowns-of-plastic-pollution)
- [34] THE PEW CHARITABLE TRUSTS, SYSTEMIQ, Breaking the Plastic Wave: A Comprehensive Assessment of Pathways Towards Stopping Ocean Plastic Pollution, The Pew Charitable Trusts, London (2020).





**IAEA**

Информация подготовлена МАГАТЭ

[www.iaea.org](http://www.iaea.org)

[nutecplastics@iaea.org](mailto:nutecplastics@iaea.org)

май 2021 года