

УДК 628.4.03

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-375-10-139-145

А.И. Ермоченко ✉

Р.А. Уваров

Национальный исследовательский
университет ИТМО, Санкт-Петербург,
Россия

✉ ale-ermak97@mail.ru

Поступила в редакцию:
02.06.2023

Одобрена после рецензирования:
14.09.2023

Принята к публикации:
28.09.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-375-10-139-145

Alena I. Ermochenko ✉

Roman A. Uvarov

ITMO University, Saint Petersburg, Russia

✉ ale-ermak97@mail.ru

Received by the editorial office:
02.06.2023

Accepted in revised:
14.09.2023

Accepted for publication:
28.09.2023

Обращение с отходами в регионе Балтийского моря: анализ экономических и производственных показателей

РЕЗЮМЕ

Эффективная система управления отходами базируется на комплексном знании текущей ситуации по качеству и количеству образуемых отходов. В статье представлены результаты анализа экономических и производственных показателей обращения с отходами в странах Европейского союза региона Балтийского моря: Дании, Германии, Эстонии, Латвии, Литве, Польше, Финляндии и Швеции. Изучены статистические показатели за 2005–2020 годы и профильные исследования. Рассмотрены показатели образования отходов без учета основных минеральных отходов на единицу ВВП (лидер: Эстония — 885–532 кг / 1000 евро), образования бытовых отходов (лидер: Дания — 717,5–814 кг/человек), уровень утилизации коммунальных расходов (лидер: Германия — 59,25–68,35%) и уровень переработки биоотходов (лидер: Дания — 120,5–151,3 кг/человек). По каждому показателю для рассмотренных стран выявлены экстремальные и средние значения, определена динамика роста и снижения, выявлены общие тенденции, произведено сравнение медианных значений рассматриваемых показателей. Установлено, что образование отходов на единицу ВВП за 2005–2020 годы уменьшилось с 107,5 до 74 кг / 1000 евро (-31,2%); образование бытовых отходов выросло с 448,75 до 458 кг/человек (+2,1%), уровень утилизации коммунальных отходов вырос с 27,5 до 42% (+14,5%), количество перерабатываемых биоотходов увеличилось с 22,5 до 72,5 кг/человек (+222,2%). Это позволяет видеть результаты целенаправленной работы ЕС по снижению негативной нагрузки отдельных стран на экологическую устойчивость целых регионов.

Ключевые слова: органические отходы, регион Балтийского моря, устойчивое развитие, образование отходов, утилизация, экологическая безопасность

Для цитирования: Ермоченко А.И., Уваров Р.А. Обращение с отходами в регионе Балтийского моря: анализ экономических и производственных показателей. *Аграрная наука*. 2023; 375(10): 139–145. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-139-145>

© Ермоченко А.И., Уваров Р.А.

The use of Waste Management in the Baltic Sea Region: Analysis of Economic and Operational Indicators

ABSTRACT

An effective waste management system is based on a comprehensive knowledge of the current situation in terms of the quality and quantity of waste generated. The article presents the results of the analysis of economic and production indicators of waste management in the countries of the European Union of the Baltic Sea region: Denmark, Germany, Estonia, Latvia, Lithuania, Poland, Finland and Sweden. Statistical indicators for 2005–2020 and profile studies have been studied. The indicators of waste generation excluding basic mineral waste per unit of GDP (leader: Estonia — 885–532 kg / 1000 euros), household waste generation (leader: Denmark — 717.5–814 kg/person), the level of disposal of utility costs (leader: Germany — 59.25–68.35%) and the level of biowaste recycling (leader: Denmark — 120.5–151.3 kg/person). Extreme and average values were identified for each indicator for the countries under consideration, the dynamics of growth and decline were determined, general trends were identified, and median values of the indicators under consideration were compared. It was found that the generation of waste per unit of GDP for 2005–2020 decreased from 107.5 to 74 kg / 1000 euros (-31.2%); the formation of household waste increased from 448.75 to 458 kg/person (+2.1%), the level of municipal waste disposal increased from 27.5 to 42% (+14.5%), the number of recycled bio-waste increased from 22.5 to 72.5 kg/person (+222.2%). This allows us to see the results of the EU's purposeful work to reduce the negative burden of individual countries on the environmental sustainability of entire regions.

Key words: organic waste, Baltic Sea region, sustainable development, wastes generation, recovery, ecological safety

For citation: Ermochenko A.I., Uvarov R.A. The use of Waste Management in the Baltic Sea Region: Analysis of Economic and Operational Indicators. *Agrarian science*. 2023; 375(10): 139–145 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-375-10-139-145>

© Ermochenko A.I., Uvarov R.A.

Введение/Introduction

В сентябре 2015 года на Генеральной ассамблее ООН 193 странами были приняты 17 целей устойчивого развития (ЦУР), которые входят в повестку ООН до 2030 года¹. Перечень включает в себя три основных аспекта — общество, экология и экономика, которые были выделены через вопрос интеграции ЦУР на Форуме стейкхолдеров. Оценка ситуации в области ЦУР производится за счет достижения 169 задач и более 230 индикаторов [1].

Из-за повышения экологических, социальных и экономических проблем отходы всё чаще признаются в качестве растущей проблемы путем обозрения этой ситуации среди правительств, предприятий, неправительственных организаций (НПО), ученого сообщества и широкой общественности [2]. В ответ на это появляется всё больше фактических данных в области отходов [3].

Рост населения и его дохода, глобальные вызовы, связанные с всемирным распространением вирусов и межгосударственными конфликтами, меняющиеся модели потребления продуктов питания приводят к регулярному увеличению спроса на потребляемые продукты. Особенно заметные изменения наблюдаются у мясных и молочных продуктов, в том числе за счет их ресурсоемкости. К 2050 году ожидается увеличение спроса на производство продуктов питания с 60 до 110% [4, 5]. Следствием этого является увеличение уровня отходов данного сектора.

Значительный вклад отходов наблюдается в выбросы парниковых газов (ПГ) и использование ресурсов продовольственной системой. В развитых странах на его долю приходится 15–28% общих выбросов ПГ, а на производство продуктов питания — около 70% мирового потребления пресной воды [6–10].

По данным Продовольственной и сельскохозяйственной организации (ФАО) ООН², для глобальных пищевых отходов требуется 0,9 млн га земли и 306 воды ежегодно. Это составляет 49 Гт эквивалента углекислого газа. Поскольку потребление продуктов питания быстро растет в странах с низким уровнем дохода, ожидается, что вклад пищевого сектора в выбросы ПГ будет возрастать [11].

Приведенные факты подтверждают причастность проблемы образования отходов к ЦУР: в области ликвидации голода (2 ЦУР), устойчивых моделей потребления и производства (12 ЦУР), а также на противодействие изменению климата (13 ЦУР). К 2030 году требуется сократить пищевые отходы на 50%. Этого можно достичь за счет поощрения практики 3R (сокращение, повторное использование, переработка) [12].

Для полного анализа ситуации в сфере пищевых отходов требуется владеть статическими данными сектора обращения с отходами для выявления факторов повышения эффективности переработки пищевых отходов на всех уровнях регулирования: международном, всероссийском и региональном [13].

Регион Балтийского моря — один из наиболее развитых регионов [14]: происходит взаимодействие между субъектами хозяйства, органами государственной власти, некоммерческими организациями стран, расположенных на побережье моря и поблизости от него.

Анализ этого региона позволит оценить ситуацию в секторе обращения с отходами в части Европейского союза (ЕС).

Цели работы — анализ ситуации в секторе отходов в странах региона Балтийского моря (Дания, Швеция, Финляндия, Эстония, Латвия, Литва, Польша и Германия) и определение тенденций развития на международном и государственном уровне.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

В качестве объекта исследований выбрана отрасль отходов. Временной исследуемый промежуток — с 2005 по 2020 год (с шагом сравнения пять лет). Этот временной интервал характеризуется наличием полного массива исследуемых данных и позволяет проанализировать основные тенденции в рассматриваемой области. Особое внимание уделено анализу уровня образования отходов без учета основных минеральных отходов на единицу ВВП (кг / 1000 евро), образования бытовых отходов (кг/человек), утилизации коммунальных отходов (%), переработки биоотходов (кг/человек) в странах региона Балтийского моря. Комплексный анализ выбранных показателей позволяет с достаточной достоверностью определить уровень развития отрасли обращения с отходами в пилотном регионе.

В качестве субъекта исследования выбраны страны — члены ЕС, входящие в регион Балтийского моря: Baltic Sea Region Countries (Швеция, Дания, Финляндия, Эстония, Латвия, Литва, Польша, Германия) (рис. 1). Данный выбор обусловлен, с одной стороны, принятой внутри ЕС системой локального группирования стран, а с другой — схожестью природно-климатических и географических условий с Северо-Западным федеральным округом (СЗФО) Российской Федерации [15, 16], что позволит в дальнейшем провести репрезентативный сравнительный анализ между ЕС и РФ в области обращения с отходами.

Рис. 1. Исследуемые страны региона Балтийского моря
Fig. 1. Researched countries in the Baltic Sea region



¹ Цели в области устойчивого развития. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/> (дата обращения: 10.10.2022).

² Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.fao.org/home/ru> (дата обращения: 10.01.2021).

В качестве источника данных использованы официальные статистические данные ЕС (Eurostat)^{3, 4}, а также профильные исследования по данной и смежным темам [17–20].

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Образование отходов на единицу ВВП. Первым этапом работ стало определение уровня вовлеченности рассматриваемых стран в экономическую систему ЕС. Для этого была проанализирована информация по внутреннему валовому продукту (ВВП)⁵ и населению⁶ в рассматриваемый период (табл. 1).

В результате данного анализа были определены условные «страны-доноры» — Дания (1,75–1,78), Германия (1,19–1,35), Финляндия (1,41–1,43), Швеция (1,53–1,69), вклад в ВВП ЕС которых превышает долю от совокупного населения ЕС, и «страны-реципиенты» — Эстония (0,39–0,67), Латвия (0,27–0,55), Литва (0,29–0,59),

Польша (0,29–0,45), вклад в ВВП ЕС которых значительно меньше доли от совокупного населения европейской агломерации. С учетом данного распределения, а также географического расположения рассмотренные страны условно были распределены на четыре группы: запад (Дания, Германия), центральная часть (Польша), восток (Эстония, Латвия, Литва), север (Финляндия, Швеция).

Образование бытовых отходов. Следующий шаг — изучение общего количества образованных отходов, за исключением минеральных (кг / 1000 евро). Показатель определяется как все отходы, образующиеся в стране (в единицах массы), за исключением основных минеральных, на единицу ВВП (в евро). Основные минеральные отходы (например, печной бой, металлургический и литейный щебень, различные шлаки, сѐмы, золы и пыль) в соответствии с принятой в ЕС системой сбора и обработки статистических данных исключены из дан-

ной статистики, чтобы избежать ситуаций, когда тенденции образования других отходов могут быть заглушены массовыми колебаниями образования отходов в секторе добычи и переработки полезных ископаемых.

Исключение также позволяет проводить более содержательные сравнения между странами, поскольку минеральные отходы составляют значительные количества в странах, характеризующихся основными отраслями горнодобывающей промышленности и строительства [21, 22].

Показатель характеризует уровень экономического развития исследуемых стран: чем больше отходов, образующихся в стране на единицу ВВП, тем менее эффективно функционирует экономика страны [23, 24].

Для определения тенденций в различных странах (рис. 2) представлена статистическая выборка количества всех образующихся отходов на единицу ВВП в 2005, 2010, 2015, 2020 годах.

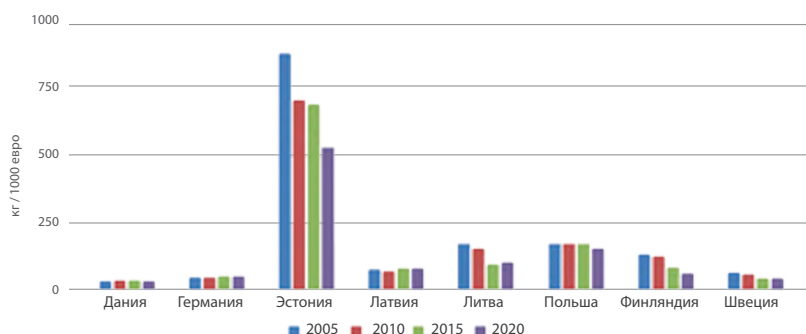
В этом значении уровень показателей по годам происходит неравномерно с тенденцией снижения образования отходов в сравнении с 2005 г. и 2020-м. Страной — лидером по снижению показателя является Литва (54%). Самые высокие показатели в Эстонии — 885–532 кг / 1000 евро (снижение 40%), а самые низкие — в Дании (среднее значение — 37 кг / 1000 евро)⁷.

Следующим анализируемым показателем является количество образования бытовых отходов (кг/человек) (рис. 3.).

Таблица 1. Экономическая характеристика рассматриваемых стран в структуре ЕС
Table 1. Economic profile of the countries in the EU under consideration

Страна	2005 г.		2010 г.		2015 г.		2020 г.	
	ВВП, млрд долл. (% от ВВП ЕС)	Население, млн человек (% от населения ЕС)	ВВП, млрд долл. (% от ВВП ЕС)	Население, млн человек (% от населения ЕС)	ВВП, млрд долл. (% от ВВП ЕС)	Население, млн человек (% от населения ЕС)	ВВП, млрд долл. (% от ВВП ЕС)	Население, млн человек (% от населения ЕС)
Дания	265 (2,22%)	5,44 (1,24%)	322 (2,21%)	5,55 (1,25%)	303 (2,24%)	5,68 (1,28%)	355 (2,31%)	5,83 (1,30%)
Германия	2847 (23,9%)	81,21 (18,6%)	3340 (22,9%)	81,33 (18,4%)	3358 (24,8%)	82,07 (18,4%)	3390 (22,1%)	83,33 (18,6%)
Эстония	14 (0,12%)	1,36 (0,31%)	20 (0,14%)	1,33 (0,30%)	23 (0,17%)	1,32 (0,29%)	31 (0,20%)	1,33 (0,30%)
Латвия	17 (0,14%)	2,23 (0,51%)	24 (0,17%)	2,10 (0,48%)	28 (0,21%)	1,99 (0,45%)	35 (0,23%)	1,89 (0,42%)
Литва	26 (0,22%)	3,37 (0,77%)	37 (0,25%)	3,14 (0,71%)	41 (0,30%)	2,96 (0,67%)	57 (0,37%)	2,82 (0,63%)
Польша	306 (2,57%)	38,75 (8,89%)	476 (3,27%)	38,60 (8,74%)	477 (3,52%)	38,55 (8,67%)	600 (3,90%)	38,43 (8,58%)
Финляндия	205 (1,72%)	5,25 (1,20%)	249 (1,71%)	5,36 (1,21%)	235 (1,74%)	5,48 (1,23%)	272 (1,77%)	5,53 (1,24%)
Швеция	392 (3,29%)	9,05 (2,07%)	496 (3,41%)	9,38 (2,12%)	505 (3,73%)	9,85 (2,21%)	547 (3,56%)	10,37 (2,32%)

Рис. 2. Образование отходов без учета основных минеральных отходов на единицу ВВП в странах региона Балтийского моря, кг / 1000 евро
Fig. 2. Generation of waste excluding major mineral wastes per GDP unit in the countries of the Baltic Sea region, kg / 1000 EUR



³ Статистическая служба ЕС. Образование отходов без учета основных минеральных отходов на единицу ВВП. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_pc032/default/table?lang=en (дата обращения: 25.01.2023).

⁴ Статистическая служба ЕС. Переработка биоотходов. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm030/default/table?lang=en (дата обращения: 10.02.2023).

⁵ European Union GDP 1970–2023. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.macrotrends.net/countries/EUU/european-union/gdp-gross-domestic-product> (дата обращения: 05.06.2023).

⁶ European Union Population 1950–2023. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.macrotrends.net/countries/EUU/european-union/population> (дата обращения: 05.06.2023).

⁷ Статистическая служба ЕС. Образование отходов без учета основных минеральных отходов на единицу ВВП. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_pc032/default/table?lang=en (дата обращения: 25.01.2023).

Показатель измеряет отходы, собранные муниципальными властями (или от их имени) и утилизированные через систему обращения с отходами. Он состоит в значительной степени из отходов, образующихся в домашних хозяйствах, хотя могут быть включены и аналогичные отходы из таких источников, как торговля, офисы и общественные учреждения [25].

В целом наблюдается устойчивое повышение количества образованных отходов. Килограммы на душу населения растут за исследуемый период (2005–2020 гг.). Самый большой рост (на 33,8%) выявлен в Латвии — 330,5–442,5 кг/человек. Исключением являются Эстония и Швеция, где уровень образования бытовых отходов на душу населения снизился на 13,9% и 6,5% соответственно. Самые высокие показатели у Дании — 814 кг/человек (средний показатель 2018–2020 гг.)⁸.

Уровень утилизации коммунальных отходов. Следующий показатель — уровень утилизации коммунальных

отходов (%). Он измеряет долю переработанных бытовых отходов в общем объеме образования бытовых отходов (рис. 4.). Переработка включает переработку материалов, компостирование и анаэробное сбраживание⁹. Такой подход к обращению с органическими отходами является самым оптимальным, так как: захоронение отходов — неперспективный и малоэффективный метод со следствием загрязнения почвы, воздуха и воды [26, 27]; сжигание — спорный метод в борьбе с большим увеличением отходов и, по мнению ученого сообщества, приводит к твердым отложениям золы и выделению опасных газов, таких как окись углерода (CO), двуокись углерода (CO₂), двуокись азота (NO₂), двуокись серы (SO₂) [28].

Отношение доли переработанных бытовых отходов в общем объеме образования бытовых отходов выражается в процентах, поскольку оба термина измеряются в одной и той же единице (в т.).

При сравнении наблюдается динамика роста показателя утилизации коммунальных отходов в исследуемых странах, что является положительным аспектом. Германия занимает лидерскую позицию (59,25–68,35% в 2004–2020 гг.). У остальных стран уровень утилизации ниже. Однако при сравнении первого исследуемого года и крайнего явные страны-лидеры — Литва и Польша (уровень утилизации повысился на 96,2% и 80,7% соответственно). Швеция в данном сравнении имеет отрицательное значение (уровень снизился на 12,8%)¹⁰.

Переработка биоотходов. Следующий показатель представлен на рисунке 5. Он косвенно измеряется как отношение компостированных (метанизированных) бытовых отходов (в единицах массы) к общей численности населения (в количестве).

Данное отношение характеризуется тем, что оптимальной обработкой биоотходов (в зависимости от исходных физико-химических свойств) является компостирование (для твердых отходов) или анаэробное сбраживание (для жидких отходов).

Переработка означает любую операцию по восстановлению, посредством которой

Рис. 3. Образование бытовых отходов в странах региона Балтийского моря, кг/человек

Fig. 3. Generation of municipal waste in the countries of the Baltic Sea region, kg/person

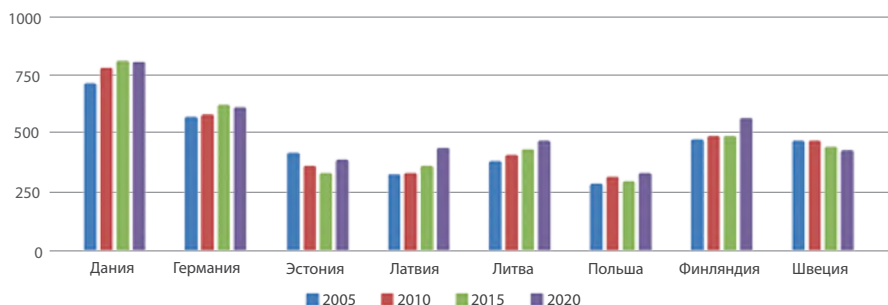


Рис. 4. Уровень утилизации коммунальных отходов в странах региона Балтийского моря, %

Fig. 4. Recycling rate of municipal waste in the countries of the Baltic Sea region, %

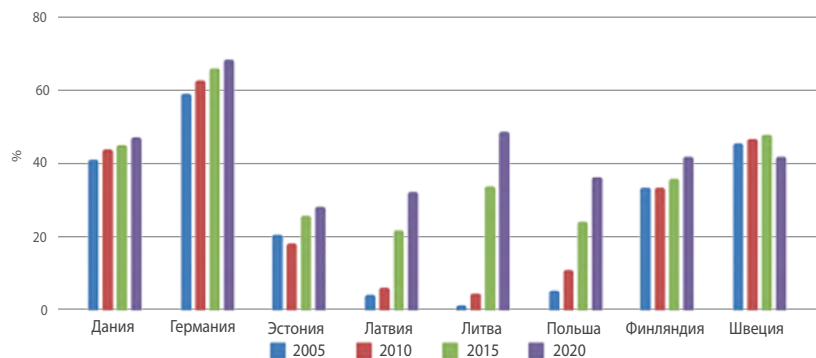
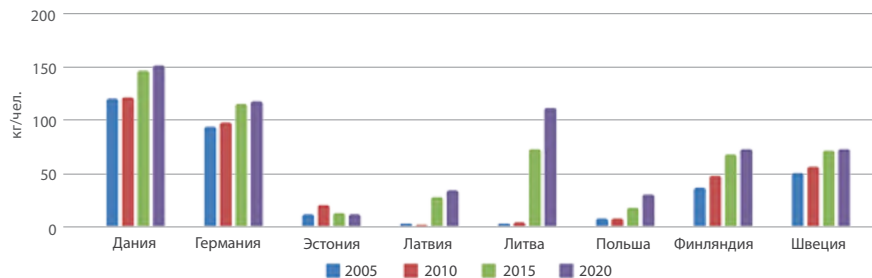


Рис. 5. Переработка биоотходов в странах региона Балтийского моря, кг/человек

Fig. 5. Biowaste processing in the countries of the Baltic Sea region, kg/person



⁸ Статистическая служба ЕС. Образование бытовых отходов на душу населения. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CEI_PC031__custom_354618/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=ba30dc3d-dfe5-4de2-a445-4cbadb442497 (дата обращения: 25.01.2023).

⁹ Директива Европейского парламента и Совета ЕС 2008/98/ЕС от 19 ноября 2008 г. об отходах и отмене ряда директив. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: <https://base.garant.ru/2568519/> (дата обращения: 25.10.2022).

¹⁰ Статистическая служба ЕС. Уровень утилизации коммунальных отходов. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/CEI_WM011__custom_354731/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=8dc83e1a-de5d-4d1f-8150-7a8cda664888 (дата обращения: 25.01.2023).

отходы перерабатываются в продукты, материалы или вещества — как для исходных, так и для других целей. Он включает переработку органического материала, но не включает рекуперацию энергии и переработку в материалы, которые будут использоваться в качестве топлива или для операций обратной засыпки.

В исследуемых странах наблюдается рост показателя, что означает развитие сферы переработки органических отходов. Исключением является Эстония, где уровень показателя самый низкий (14,3 кг/человек — среднее значение за исследуемый период) и повышается с 2005 по 2010 г., затем снижается до изначального уровня. Дания занимает лидерскую позицию за исследуемый период — 2005–2020 гг. (120,5–151,3 кг/человек). Самый высокий рост показателя — в Литве (на 97%)¹¹. Данные приведены в таблице 1 (с возможностью сравнения ситуаций во всех исследуемых странах).

Выводы/Conclusion

Несмотря на относительно схожие условия, ситуация по образованию и обращению с отходами в рассмотренных странах радикально различается.

Образование отходов на единицу ВВП

• В западных странах региона Балтийского моря за 2005–2020 гг. данный показатель практически не изменился: Дания — 36–37 кг / 1000 евро (+2,7%), Германия — 50–53 кг / 1000 евро (+6%).

• В центральной части региона Балтийского моря, представленного Польшей, наблюдалось незначительное снижение — с 207 до 159 кг / 1000 евро (на 23,2%).

• В восточных странах региона Балтийского моря наиболее дисперсное разделение: в Латвии данный показатель варьировал в диапазоне 78–82 кг / 1000 евро (+5,1%), в Литве уменьшился — с 230 кг / 1000 евро в 2005 году до 105 кг / 1000 евро в 2015-м и немного вырос к 2020 году (до 105 кг / 1000 евро) (-54,4%). Отдельно стоит выделить Эстонию: количество образованных отходов на единицу ВВП в 2005 году (885 кг / 1000 евро) превысило совокупные значения по данному показателю всех остальных рассмотренных стран региона Балтийского моря (808 кг / 1000 евро). Несмотря на значительную работу по снижению данного показателя, к 2020 году его значение (532 кг / 1000 евро) всё еще сопоставимо с совокупным значением других стран региона (547 кг / 1000 евро), однако сокращение составило 353 кг / 1000 евро (-39,9%).

• В северных странах региона Балтийского моря наметилась устойчивая тенденция к снижению: Финляндия — с 137 до 66 кг / 1000 евро (-51,9%), Швеция — с 71 до 48 кг / 1000 евро (-32,4%).

Образование бытовых отходов

• Западные страны региона характеризуются не только высокими удельными значениями, но и существенным ростом: Дания — с 717,5 кг/человек в 2005 году до 814 кг/человек в 2020-м (+13,4%), Германия — с 575 до 617 кг/человек (+7,3) за аналогичный период.

• В центральной части региона Балтийского моря (в Польше) также наметился рост — с 289 кг/человек в 2005 году до 338 кг/человек в 2020-м (+16,9%).

Таблица 2. Показатели обращения с отходами в странах региона Балтийского моря

Table 2. Waste management indicators in the countries of the Baltic Sea region

Страна	Образование отходов на единицу ВВП, кг / 1000 евро	Образование бытовых отходов, кг/человек	Уровень утилизации коммунальных отходов, %	Переработка биоотходов, кг/человек
Дания	36–37	718–814	41–48	121–151
Германия	50–53	575–617	59–68	94–118
Эстония	885–532	421,5–394	21–29	6–10
Латвия	78–82	330,5–443	4–33	3–34
Литва	230–105	389–474	2–49	3–112
Польша	207–159	289–338	6–37	8–30
Финляндия	137–66	482–574	34–42	37–72
Швеция	71–48	476–433	46–42	50–73

• Прибалтийские страны в целом весьма неоднородны: в Латвии наиболее высокая в регионе динамика роста — с 330,5 до 442,5 кг/человек (+33,9%), на втором месте Литва — рост с 389 до 473,5 кг/человек (+21,7%), в Эстонии уменьшение — с 421,5 до 394 кг/человек (-6,5%), что соотносится с общим снижением количества отходов в стране.

• В северных странах региона ситуация диаметрально противоположная: при относительно равных показателях в 2005 году (Финляндия — 481,5 кг/человек, Швеция — 476 кг/человек) к 2020 году в Финляндии количество бытовых отходов выросло до 573,5 кг/человек (+19,1%), а в Швеции сократилось — до 432,5 кг/человек (-9,1%).

Уровень утилизации коммунальных отходов

• Западные страны региона, несмотря на высокие исходные значения, показывают стабильный рост: Дания — с 41% в 2005 году до 48% в 2020-м, Германия — с 59 до 68% (за аналогичный период).

• В Польше выявлен кратный рост данного показателя — с 6 до 37% (за исследуемый период).

• В восточных странах региона наблюдаются различные тенденции: если для Латвии и Литвы характерен качественный рост — с 4% и 2% в 2005 году до 33% и 49% в 2020-м соответственно, то в Эстонии выявлено снижение уровня утилизации коммунальных отходов — с 21 до 18%.

• Северные страны региона также пошли по разному пути: Финляндия повысила степень утилизации — с 34 до 42%, а Швеция уменьшила — с 46 до 42%.

Переработка биоотходов

• Несмотря на наиболее высокие значения данного показателя, западные страны характеризуются дальнейшим ростом в этой сфере: Дания — с 121 кг/человек в 2005 году до 151 кг/человек в 2020-м (+24,8%), Германия — с 94 до 118 кг/человек (+25,5%).

• В Польше — увеличение: с 8 до 30 кг/человек (+275%).

• Прибалтийские страны: Эстония — с 6 до 10 кг/человек (+66,7%), Латвия — с 3 до 34 кг/человек (+1033%), Литва — с 3 до 112 кг/человек (3633%).

¹¹ Статистическая служба ЕС. Переработка биоотходов. 2022 [Электронный ресурс]. — URL: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm030/default/table?lang=en (дата обращения: 10.02.2023).

• В северных странах значительно выросло количество перерабатываемых биоотходов: Финляндия — с 37 кг/человек в 2005 году до 72 кг/человек в 2020-м (+94,6%), Швеция — с 50 до 73 кг/человек (+46%).

При определении общих тенденций исследуемого региона в области обращения с отходами произведено сравнение медианных значений рассматриваемых показателей. Установлено, что образование отходов на единицу ВВП за 2005–2020 годы уменьшилось

с 107,5 до 74 кг / 1000 евро (-31,2%), образование бытовых отходов выросло с 448,75 до 458 кг/человек (+2,1%), уровень утилизации коммунальных отходов вырос с 27,5 до 42% (+14,5%), количество перерабатываемых биоотходов увеличилось с 22,5 до 72,5 кг/человек (+222,2%). Это позволяет видеть результаты целенаправленной работы ЕС по снижению экологической нагрузки отдельных стран на устойчивость целых регионов.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Lahane S., Kant R. Investigating the sustainable development goals derived due to adoption of circular economy practices. *Waste Management*. 2022; 143: 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.02.016>
- Celestino É., Carvalho A., Palma-Oliveira J.M. Household organic waste: Integrate psychosocial factors to define strategies toward a circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 2022; 378: 134446. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134446>
- Schanes K., Dobernig K., Gözet B. Food waste matters — A systematic review of household food waste practices and their policy implications. *Journal of Cleaner Production*. 2018; 182: 978–991. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.030>
- Adelodun B., Kim S.H., Choi K.-S. Assessment of food waste generation and composition among Korean households using novel sampling and statistical approaches. *Waste Management*. 2021; 122: 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.003>
- Ananda J., Karunasena G.G., Kansal M., Mitsis A., Pearson D. Quantifying the effects of food management routines on household food waste. *Journal of Cleaner Production*. 2023; 391: 136230. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136230>
- Ludwig-Ohm S., Dirksmeyer W., Klockgether K. Approaches to Reduce Food Losses in German Fruit and Vegetable Production. *Sustainability*. 2019; 11(23): 6576. <https://doi.org/10.3390/su11236576>
- Liu Y., Wood L.C., Venkatesh V.G., Zhang A., Farooque M. Barriers to sustainable food consumption and production in China: A fuzzy DEMATEL analysis from a circular economy perspective. *Sustainable Production and Consumption*. 2021; 28: 1114–1129. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.028>
- Lemaire A., Limbourg S. How can food loss and waste management achieve sustainable development goals? *Journal of Cleaner Production*. 2019; 234: 1221–1234. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.226>
- Sanjuan-Delmás D. et al. Sustainability assessment of organic waste management in three EU Cities: Analysing stakeholder-based solutions. *Waste Management*. 2021; 132: 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.07.013>
- Kharola S. et al. Exploring the green waste management problem in food supply chains: A circular economy context. *Journal of Cleaner Production*. 2022; 351: 131355. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131355>
- Ardra S., Barua M.K. Halving food waste generation by 2030: The challenges and strategies of monitoring UN sustainable development goal target 12.3. *Journal of Cleaner Production*. 2022; 380(1): 135042. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135042>
- Fabi C., Cachia F., Conforti P., English A., Rosero Moncayo J. Improving data on food losses and waste: From theory to practice. *Food Policy*. 2020; 98: 101934. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101934>
- Рамазанов И.А., Панасенко С.В., Сейфуллаева М.Э., Майорова Е.А. Инновационно-цифровые перспективы развития агропродовольственного сектора и сферы обращения. *Аграрная наука*. 2022; (4): 109–117. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-4-109-117>
- Studzieniecki T. The Development of Cross-border Cooperation in an EU Macrorregion — A Case Study of the Baltic Sea Region. *Procedia Economics and Finance*. 2016; 39: 235–241. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(16\)30318-5](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(16)30318-5)
- Совершаева Л.П. СЗФО как территория макрорегиона. *Региональная экономика и развитие территорий*. 2021; 129–138. <https://doi.org/10.52897/978-5-8088-1636-7-2021-15-1-129-138>
- Максимцев И.А., Межевич Н.М. Приграничное сотрудничество в Северо-Западном федеральном округе в условиях нарастающей политической и экономической неопределенности. *Российское пограничье: проблемы развития в новых геополитических условиях*. 2019; 88–95. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42539627>
- Куровская-Пыш И., Гончарова Ю.В. Реализация программы Интеррег в Калининградской области в соседних странах: краткий обзор. *Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки*. 2021; (2): 48–61. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46374500>

REFERENCES

- Lahane S., Kant R. Investigating the sustainable development goals derived due to adoption of circular economy practices. *Waste Management*. 2022; 143: 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2022.02.016>
- Celestino É., Carvalho A., Palma-Oliveira J.M. Household organic waste: Integrate psychosocial factors to define strategies toward a circular economy. *Journal of Cleaner Production*. 2022; 378: 134446. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134446>
- Schanes K., Dobernig K., Gözet B. Food waste matters — A systematic review of household food waste practices and their policy implications. *Journal of Cleaner Production*. 2018; 182: 978–991. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.02.030>
- Adelodun B., Kim S.H., Choi K.-S. Assessment of food waste generation and composition among Korean households using novel sampling and statistical approaches. *Waste Management*. 2021; 122: 71–80. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.01.003>
- Ananda J., Karunasena G.G., Kansal M., Mitsis A., Pearson D. Quantifying the effects of food management routines on household food waste. *Journal of Cleaner Production*. 2023; 391: 136230. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.136230>
- Ludwig-Ohm S., Dirksmeyer W., Klockgether K. Approaches to Reduce Food Losses in German Fruit and Vegetable Production. *Sustainability*. 2019; 11(23): 6576. <https://doi.org/10.3390/su11236576>
- Liu Y., Wood L.C., Venkatesh V.G., Zhang A., Farooque M. Barriers to sustainable food consumption and production in China: A fuzzy DEMATEL analysis from a circular economy perspective. *Sustainable Production and Consumption*. 2021; 28: 1114–1129. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.07.028>
- Lemaire A., Limbourg S. How can food loss and waste management achieve sustainable development goals? *Journal of Cleaner Production*. 2019; 234: 1221–1234. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.226>
- Sanjuan-Delmás D. et al. Sustainability assessment of organic waste management in three EU Cities: Analysing stakeholder-based solutions. *Waste Management*. 2021; 132: 44–55. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2021.07.013>
- Kharola S. et al. Exploring the green waste management problem in food supply chains: A circular economy context. *Journal of Cleaner Production*. 2022; 351: 131355. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131355>
- Ardra S., Barua M.K. Halving food waste generation by 2030: The challenges and strategies of monitoring UN sustainable development goal target 12.3. *Journal of Cleaner Production*. 2022; 380(1): 135042. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135042>
- Fabi C., Cachia F., Conforti P., English A., Rosero Moncayo J. Improving data on food losses and waste: From theory to practice. *Food Policy*. 2020; 98: 101934. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101934>
- Ramazanov I.A., Panasenkov S.V., Seyfullaeva M.E., Mayorova E.A. Innovative digital prospects of the agri-food sector and distribution chains development. *Agrarian science*. 2022; (4): 109–117 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-358-4-109-117>
- Studzieniecki T. The Development of Cross-border Cooperation in an EU Macrorregion — A Case Study of the Baltic Sea Region. *Procedia Economics and Finance*. 2016; 39: 235–241. [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(16\)30318-5](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(16)30318-5)
- Sovershaeva L.P. Northwestern Federal District as a territory of a macrorregion. *Regional economics and territorial development*. 2021; 129–138. <https://doi.org/10.52897/978-5-8088-1636-7-2021-15-1-129-138>
- Maksimtshev I.A., Mezhevich N.M. Cross-border cooperation in the North-Western Federal District in conditions of increasing political and economic uncertainty. *Russian borderland: problems of development in new geopolitical conditions*. 2019; 88–95. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=42539627>
- Kurowska-Pysh I., Goncharova Yu.V. Implementation of the Interreg program in the Kaliningrad region in neighboring countries: a brief overview. *Bulletin of the Kant Baltic Federal University. Series: Natural and medical sciences*. 2021; (2): 48–61. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46374500>

18. Епифанцев К.В. Аспекты обращения с отходами в странах Северной Европы как перспективная модель для устойчивого развития Российского общества. В *современной России*. 2021; 265–268. <https://elib.pnzgu.ru/files/eb/b06fpekiySnB.pdf#page=265>
19. Минин В.Б. К новому плану действий ХЕЛКОМ по защите Балтийского моря. *АгроЭкоИнженерия*. 2020; (3): 108–122. <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2020-10260>
20. Уваров Р.А., Шалавина Е.В., Васильев Э.В. Технологии утилизации навоза в регионе Балтийского моря: анализ и наметившиеся тенденции. *АгроЭкоИнженерия*. 2020; (3): 117–128. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2021-3108-117-128>
21. Ivannikov A.L., Kongar-Syuryun C., Rybak J., Tyulyaeva Ya.S. The reuse of mining and construction waste for backfill as one of the sustainable activities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 362: 012130. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/362/1/012130>
22. Rybak J., Gorbatyuk S.M., Bujanovna-Syuryun K.Ch., Khairutdinov A.M., Tyulyaeva Yu.S., Makarov P.S. Utilization of Mineral Waste: A Method for Expanding the Mineral Resource Base of a Mining and Smelting Company. *Metallurgist*. 2021; 64(9-10): 851–861. <https://doi.org/10.1007/s11015-021-01065-5>
23. Mazzanti M. Is waste generation de-linking from economic growth? Empirical evidence for Europe. *Applied Economics Letters*. 2008; 15(4): 287–291. <https://doi.org/10.1080/13504850500407640>
24. Pires A., Martinho G. Waste hierarchy index for circular economy in waste management. *Waste Management*. 2019; 95: 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.014>
25. Sharma H.B. et al. Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020; 162: 105052. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105052>
26. De Clercq D., Wen Z., Gottfried O., Schmidt F., Fei F. A review of global strategies promoting the conversion of food waste to bioenergy via anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017; 79: 204–221. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.047>
27. Pramanik S.K., Suja F.B., Zain S.M., Pramanik B.K. The anaerobic digestion process of biogas production from food waste: Prospects and constraints. *Bioresource Technology Reports*. 2019; 8: 100310. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100310>
28. Mayer F., Bhandari R., Gäth S. Critical review on life cycle assessment of conventional and innovative waste-to-energy technologies. *Science of The Total Environment*. 2019; 672: 708–721. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.449>

ОБ АВТОРАХ

Алена Игоревна Ермоchenko,

инженер,
ale-ermak97@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-2572-6551>

Роман Алексеевич Уваров,

кандидат технических наук,
rauvarov@itmo.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2792-0136>

Национальный исследовательский университет ИТМО,
Кронверкский пр-т, 49, литера А, Санкт-Петербург, 197101,
Россия

18. Epifantsev K.V. Aspects of waste management in the Nordic countries as a promising model for the sustainable development of Russian society. In *modern Russia*. 2021; 265–268. <https://elib.pnzgu.ru/files/eb/b06fpekiySnB.pdf#page=265>

19. Minin V.B. Towards a new HELCOM action plan for the protection of the Baltic Sea. *AgroEcoEngineering*. 2020; (3): 108–122. <https://doi.org/10.24411/0131-5226-2020-10260>

20. Uvarov R.A., Shalavina E.V., Vasiliev E.V. Technologies for manure utilization in the Baltic Sea region: analysis and emerging trends. *AgroEcoEngineering*. 2020; (3): 117–128. <https://doi.org/10.24412/2713-2641-2021-3108-117-128>

21. Ivannikov A.L., Kongar-Syuryun C., Rybak J., Tyulyaeva Ya.S. The reuse of mining and construction waste for backfill as one of the sustainable activities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019; 362: 012130. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/362/1/012130>

22. Rybak J., Gorbatyuk S.M., Bujanovna-Syuryun K.Ch., Khairutdinov A.M., Tyulyaeva Yu.S., Makarov P.S. Utilization of Mineral Waste: A Method for Expanding the Mineral Resource Base of a Mining and Smelting Company. *Metallurgist*. 2021; 64(9-10): 851–861. <https://doi.org/10.1007/s11015-021-01065-5>

23. Mazzanti M. Is waste generation de-linking from economic growth? Empirical evidence for Europe. *Applied Economics Letters*. 2008; 15(4): 287–291. <https://doi.org/10.1080/13504850500407640>

24. Pires A., Martinho G. Waste hierarchy index for circular economy in waste management. *Waste Management*. 2019; 95: 298–305. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.06.014>

25. Sharma H.B. et al. Challenges, opportunities, and innovations for effective solid waste management during and post COVID-19 pandemic. *Resources, Conservation and Recycling*. 2020; 162: 105052. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105052>

26. De Clercq D., Wen Z., Gottfried O., Schmidt F., Fei F. A review of global strategies promoting the conversion of food waste to bioenergy via anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2017; 79: 204–221. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.047>

27. Pramanik S.K., Suja F.B., Zain S.M., Pramanik B.K. The anaerobic digestion process of biogas production from food waste: Prospects and constraints. *Bioresource Technology Reports*. 2019; 8: 100310. <https://doi.org/10.1016/j.biteb.2019.100310>

28. Mayer F., Bhandari R., Gäth S. Critical review on life cycle assessment of conventional and innovative waste-to-energy technologies. *Science of The Total Environment*. 2019; 672: 708–721. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.449>

ABOUT THE AUTHORS

Alena Igorevna Ermochenko,

Engineer,
ale-ermak97@mail.ru
<https://orcid.org/0009-0000-2572-6551>

Roman Alekseevich Uvarov,

Candidate of Technical Sciences,
rauvarov@itmo.ru
<https://orcid.org/0000-0002-2792-0136>

ITMO University,
49 Kronverksky Ave., litera A, St. Petersburg, 197101, Russia