

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Научная статья

УДК 504.03

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-44-56

EDN: BJQPSE



МНОГОФАКТОРНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОМПЛЕКСОВ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ОТХОДОВ (КПО) НА ТЕРРИТОРИИ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Михаил Игоревич Спирин¹, Марианна Дмитриевна Харламова²

^{1, 2} Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, г. Москва, Россия

¹ 1142220082@pfur.ru, SPIN-код: 1433-7555

² kharlamova-md@rudn.ru, SPIN-код: 9176-2134

Аннотация. В статье подробно изучаются ключевые факторы, определяющие эффективность работы комплексов по переработке отходов (КПО), расположенных в разных районах Московской области. В работе уделяется внимание анализу данных о количестве и составе отходов, поступающих на эти предприятия. Рассматриваются твердые коммунальные отходы (ТКО), крупногабаритные отходы (КГО), а также отходы, собранные в рамках раздельного сбора отходов (РСО). Приведены сведения о массе и морфологическом составе потока отходов, его изменении в зависимости от сезона. Дополнительно исследуются показатели загрузки линий сортировки на КПО, выводятся относительные показатели для оценки эффективности работы предприятий. Отдельный акцент сделан на объемах извлечённых вторичных материальных ресурсов (ВМР). В работе затрагивается проблема нехватки отходов для полноценного функционирования КПО. Анализируются как абсолютные, так и относительные показатели извлекаемых вторичных материальных ресурсов, а также их номенклатурный состав. В работе проведен анализ рынка вторичных материальных ресурсов. Полученные данные позволили установить взаимосвязь между эффективностью работы комплексов и такими факторами, как сезонность, объемы отходов, уровень загрузки оборудования, численность сотрудников и цены отбираемых вторичных материальных ресурсов. Рассмотрен и предложен подход к комплексной оценке деятельности КПО, учитывающий значимые технологические, экономические и социальные аспекты, что позволяет не только оценить текущую эффективность работы комплексов, но и адаптировать работу комплексов для достижения максимальной производительности. Такой подход направлен на повышение устойчивости и результативности систем управления отходами в регионе.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы, комплекс по сортировке и обработке отходов, вторичный материальный ресурс, эффективность работы, морфология отходов

Для цитирования: Спирин М.И., Харламова М.Д. Многофакторная оценка эффективности работы комплексов по переработке отходов (КПО) на территории Московской области // Географический вестник=Geographical bulletin. 2025. № 2 (73). С. 44–56. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-44-56. EDN: BJQPSE

Original article

doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-44-56

EDN: BJQPSE

MULTIFACTOR ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY OF WASTE TREATMENT COMPLEXES IN THE MOSCOW REGION

Mikhail I. Spirin¹, Marianna D. Kharlamova²

^{1, 2} RUDN University, Moscow, Russia

¹ 1142220082@pfur.ru, SPIN-code: 1433-7555

² kharlamova-md@rudn.ru, SPIN-code: 9176-2134

Abstract. The article details the key factors that determine the efficiency of waste treatment complexes (WTC) located in different districts of the Moscow region. The authors analyze data on the quantity and composition of waste coming to these enterprises. Municipal solid waste (MSW), bulky waste (BW), as well as waste collected as part of separate waste collection (SWC) are considered. Information on the mass and morphological composition of the waste stream and changes in waste morphology depending on the season is given. In addition, the indicators of sorting lines utilization at WTC are studied, relative indicators are derived to assess the performance of the enterprises. A special emphasis is put on the volume of recovered secondary material resources (SMR). The article touches upon the problem of waste shortage hindering the



© 2025 Эта работа Спирина М.И., Харламовой М.Д. лицензирована по CC BY 4.0. Чтобы просмотреть копию этой лицензии, посетите <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

full-fledged functioning of WTC. Both absolute and relative indicators of recovered secondary material resources as well as their nomenclature are analyzed. The paper examines the market of secondary material resources. The data obtained indicate a relationship between the efficiency of the complexes and such factors as seasonality, waste volumes, equipment utilization level, number of employees, and prices of selected secondary material resources. The authors propose an approach to the integrated assessment of WTC operation that takes into account essential technological, economic, and social aspects, which makes it possible not only to assess the current performance of the complexes but also to adapt the operation of the complexes so that they could reach maximum performance.

Keywords: municipal solid waste (MSW), waste sorting and treatment complex (WTC), secondary material resource, performance efficiency, waste morphology

For citation: Spirin, M.I., Kharlamova, M.D. (2025). Multifactor assessment of the efficiency of waste treatment complexes in the Moscow region. *Geographical Bulletin*. No. 2(73). Pp. 44–56. doi: 10.17072/2079-7877-2025-2-44-56. EDN: BJQPSE

Введение

В связи с прогрессирующим экономическим, социальным и промышленным развитием общества, увеличением численности населения и объемов потребления, эффективное природопользование становится одним из важных факторов решения проблемы. По данным Управления федеральной службы государственной статистики (РОССТСТАТ) по г. Москве и Московской области, с 2010 по 2023 г. численность населения в г. Москве и Московской области увеличилась на 18 % [1, 2]. В Московской области, по данным на 1 января 2024 г., проживает 8 651 260 человек, в Москве – 13 149 803 человек [4, 5]. Таким образом, общая численность населения Московской агломерации составляет 21,8 млн человек.

Одним из ключевых аспектов является реализация принципов экономики замкнутого цикла (ЭЗЦ) и эффективного управления отходами. В соответствии с указом президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года» должна быть «создана устойчивая система обращения с твердыми коммунальными отходами, обеспечивающей сортировку отходов в объеме 100 %...» [3].

Для решения этой проблемы в 2019 г. в Московской области были введены в эксплуатацию комплексы по переработке отходов – КПО. К началу 2024 г. на территории Московской области эксплуатируется одиннадцать (11) КПО, суммарная проектная мощность которых составляет 7 430 000 т/год входящего потока [2]. Эти промышленные предприятия представляют собой основное звено в цепочке обращения с отходами, переработки их в конечный полезный продукт и обеспечивают минимизацию воздействия на окружающую среду.

Однако вскоре после запуска комплексов по переработке отходов (КПО) стало очевидно, что в Московском регионе существует ряд проблем [1], в разной степени влияющих на эффективность работы и рентабельность функционирования КПО, а именно:

- ощущается острая нехватка отходов – объем отходов, поступающих на комплексы по переработке отходов (КПО), в среднем по региону на 49 % меньше проектных мощностей*;
- в образовании отходов присутствует сезонность, что сказывается на ритмичности поставок отходов на КПО;
- отсутствует постоянство в соотношении между пригодными и непригодными для сортировки отходами;
- существует дефицит сотрудников на рынке труда в Московском регионе.

Все перечисленные выше факторы приводят к снижению эффективности работы комплексов по переработке отходов, и целью данного исследования является выявления зависимостей между указанными факторами и эффективностью работы комплексов, для чего были поставлены следующие задачи:

- уточнить и проанализировать абсолютные данные по входящему потоку отходов, а именно по их количественному и качественному составу во времени;
- произвести расчет относительных (удельных) показателей, эффективности работы;
- провести анализ рынка вторичных материальных ресурсов, вывести средневзвешенную стоимость 1 т BMP;
- уточнить и проанализировать данные по обеспеченности линий сортировки сотрудниками.

* Примечание. Расчет объема отходов производился исходя из данных территориальной схемы Московской области на 2023 г. (раздел 5, табл. 6), который составляет 3 952 012 т. Данные об объемах отходов, образующихся в г. Москве, в расчет не брались в связи с отсутствием в открытом доступе Территориальной схемы г. Москвы. При пересчете показателей объема отходов в показатели массы использовался переводной коэффициент 8,72 т/м³. Расчет производился по следующей формуле:

$$100 \% - \frac{\text{Доставленные отходы (ТКО + РСО или пригодные для сортировки)}}{\text{Проектная мощность}} = 49 \%$$

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования были выбраны три комплекса по переработке отходов (КПО) – комплексы «А», «Б» и «В», расположенные на территории Московской области и отраженные в территориальной схеме обращения с отходами Московской области. Все рассмотренные КПО выпускают одинаковую линейку продуктов сортировки (вторичных материальных ресурсов), имеют аналогичные технологические схемы и оборудование. Наименование выпускаемых фракций вторичного сырья:

1. Полиэтилентерефталат (ПЭТФ) – упаковка, цвет прозрачный/голубой, коричневый, зеленый, молочный матовый, масло, бытовая химия, прочее, смешанная;
2. Полиэтилен низкого давления (ПНД) – канистра, упаковка бытовая химия;
3. Полиэтилен высокого давления (ПВД) – пленка прозрачная, смешанная;
4. Макулатура – бумага газетно-журнальная, картон, упаковка «тетрапак»;
5. Полипропилен (ПП) – ящик, смешанный;
6. Стеклобой – смешанный, светлый;
7. Цветной металл – А30 банка алюминиевая, алюминиевая туба, цветной металл, электронный лом;
8. Черный металл – смешанный, луженная жесть, жестяная туба.

Рассматриваемые комплексы различаются проектной мощностью и имеют соответствующие ограничения по количеству сортируемых отходов. Проектная мощность КПО – показатель, отражающий максимальную пропускную способность линий сортировки отходов, выражаемую в тоннах в год. В табл. 1 приведены основные показатели по мощности сортировки указанных КПО.

Таблица 1
Table 1

Общие количественные показатели эффективности КПО
Overall quantitative indicators of WTC performance

Название объекта	Мощность обработки ТКО, т/год	Загружено на линию сортировки, т/год	Отобрано (отсортировано) БМР, т/год
КПО «А»	900 000	412 401	30 435
КПО «Б»	450 000	282 456	19 467
КПО «В»	1 050 000	497 634	31 815

В работе используются следующие термины и понятия:

1. КПО – комплекс по переработке отходов: объект обработки (сортировки), размещения, накопления, хранения и утилизации (захоронения) отходов;
2. БМР – вторичный материальный ресурс: отбираемые на линии сортировки фракции, готовые для продажи с целью дальнейшей переработки;
3. Загрузка – загрузка отходов (т) на линию сортировки с целью обработки и получения БМР;
4. Пригодные для сортировки отходов (ТКО+РСО) – доставляемые на КПО отходы, относящиеся к твердым коммунальным отходам, и продукты раздельного сбора отходов с высоким включением БМР в состав отходов;
5. Непригодные для сортировки отходы (КГО) – доставляемые на КПО отходы, относящиеся к крупногабаритным, с низким включением БМР в состав отходов;
6. Отбор БМР – количество отбираемых вторичных материальных ресурсов, выраженное в тоннах;
7. Стоимость отбора БМР выражена в рублевом эквиваленте, определяется ежемесячно в соответствии с минимальной рыночной стоимостью отбираемого БМР;
8. Проектная мощность КПО – величина, отражающая пропускную способность линии сортировки в год.

Ключевым фактором, влияющим на эффективность работы КПО, является загрузка на линию сортировки, так как именно от количества поступающих на сортировку отходов зависит конечная прибыль и рентабельность предприятия, а также успешность реализации принципов экономики замкнутого цикла [8, 9].

Для комплексной оценки учитывались абсолютные значения, характеризующие количество отходов, поступающих (доставляемых) на комплексы в течение года ежемесячно, а именно:

1. масса доставляемых на КПО отходов, т;
2. масса годных к сортировке отходов (ТКО+РСО) – сумма несортированных твёрдых коммунальных отходов (ТКО) и вторичного сырья – раздельного сбора отходов (РСО), тонн;
3. масса непригодных к сортировке отходов – масса крупногабаритных отходов (КГО), т.

Для анализа факторов, влияющих на загрузку отходов на линию сортировки, были вычислены следующие относительные (удельные) показатели:

1. доля пригодных и непригодных к сортировке отходов, %;
2. доля загружаемых на линию сортировки отходов от количества доставленных отходов, %;
3. доля загружаемых на линию сортировки отходов от количества пригодных отходов, %;
4. доля загружаемых на линию сортировки отходов от проектной мощности комплексов, %.

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Анализ данных по всем КПО проводился с использованием матричных таблиц и графиков, которые были составлены для каждого анализируемого КПО (табл. 2–4, 6–8; рис. 1–6). На основании этого анализа были вычислены коэффициенты изменения по каждому КПО и составлены сводные таблицы (табл. 3), позволяющие оценить эффективность данного комплекса и роль исследуемых факторов [6].

Для оценки влияния загрузки отходов на эффективность работы КПО сопоставление проводилось по двум ключевым показателям:

1. отбор BMP, т;
2. стоимость отобранных BMP, руб.

Показатель «Стоимость отобранных BMP» является ключевым для оценки эффективности работы КПО, так как для любой коммерческой организации главной задачей является получение прибыли. Данный показатель учитывает стоимость отбираемого BMP и рассчитывается в соответствии с минимальной рыночной стоимостью отбираемого BMP за определенный месяц.

Для корректной оценки показателя «Стоимость отобранных BMP» и для снижения ошибки при анализе данных был использован показатель «Средневзвешенная цена BMP» за 2023 г. (рис. 4, 5, 6). Расчет показателя «Стоимость отобранных BMP, руб.» производился следующим образом: «Отбор BMP, т» «Средневзвешенная цена BMP, руб./т». Например, для КПО «А» стоимость отобранных BMP в январе 2023 г. составила: 2 853 (т) · 12 266 (руб./т) = 34,9 млн руб., а в мае – 2 912 (т) · 14 937 (руб./т) = 43,5 млн (рис. 4).

В качестве одного из факторов технологического процесса сортировки отдельно для каждого КПО определялся фактор «Обеспеченность сотрудниками на линии сортировки», являющийся причиной приоритетного отбора определенных фракций и, как следствие, отбора BMP в целом. Сравнение по данному показателю также проводилось с использованием диаграмм (рис. 7, 8, 9).

Результаты и обсуждение

1. Технологические факторы, влияющие на эффективность работы комплексов по переработке отходов (КПО)

В результате проведенного анализа данных за 2023 г. было выявлено, что на всех комплексах, независимо от проектной мощности, в летние месяцы фиксируется увеличение общей массы доставляемых на КПО отходов, в зимние месяцы – снижение; в течение всего года отмечается постоянная недозагрузка отходов на линии сортировки по отношению к проектной мощности. На КПО «А» максимальное значение этого показателя находится на уровне 62 % в октябре 2023 г.; на КПО «Б» – на показателе 76 % в мае и ноябре 2023 г. при условии дополнительной загрузки отходов КГО, то есть отходов, непригодных к сортировке на линии сортировки, что меньше максимальных показателей для КПО «А» – 115 % (с учетом дозагрузки КГО); на КПО «В» – на показателе 64 % в декабре 2023 г. (табл. 2, 3, 4).

Таблица 2
Table 2

Данные об отходах, доставленных на КПО «А» за 2023 г., проектная мощность 900 000 т/год (75 000 т/месяц)
Data on waste delivered to WTC “A” in 2023, design capacity of 900,000 tons/year (75,000 tons/month)

Показатель	янв.	фев.	мар.	апр.	май	июн.	июл.	авг.	сен.	окт.	ноя.	дек.
Доставлено отходов, т	36 355	28 236	39 190	45 926	55 947	56 001	71 720	79 911	70 890	72 227	52 287	36 276
ТКО+РСО, т	32 459	26 694	34 519	31 762	38 338	31 983	38 525	46 439	38 535	46 037	37 238	29 465
КГО, т	3 896	1 542	4 671	14 165	17 609	24 018	33 195	33 472	32 355	26 191	15 050	6 811
Загрузка, т	28 376	26 076	33 570	30 675	35 502	30 518	33 443	32 968	40 346	46 131	42 686	32 110
Загрузка от пригодного, %	87	98	97	97	93	95	87	71	105	100	115	109

Таблица 3
Table 3

Данные об отходах, доставленных на КПО «Б» за 2023 г., проектная мощность 450 000 т/год (37 500 т/месяц)
Data on waste delivered to WTC “B” in 2023, design capacity of 450,000 tons/year (37,500 tons/month)

Показатель	янв.	фев.	мар.	апр.	май	июн.	июл.	авг.	сен.	окт.	ноя.	дек.
Доставлено отходов, т	33 044	28 660	32 177	40 779	57 829	42 301	40 422	41 762	33 932	30 556	32 631	33 583
ТКО+РСО, т	29 903	23 622	27 614	32 596	37 836	34 348	32 881	36 351	31 027	27 265	29 240	29 239
КГО, т	3 141	5 039	4 563	8 183	19 993	7 953	7 541	5 411	2 905	3 291	3 391	4 344
Загрузка, т	8 542	16 184	21 499	25 578	28 524	23 894	22 911	26 433	26 495	26 332	28 460	27 605
Загрузка от пригодного, %	29	69	78	78	75	70	70	73	85	97	97	94

Увеличение значений показателя «Загрузка от пригодного» на КПО «А» выше 100 % с сентября по декабрь также связано с дополнительной загрузкой на линии сортировки отходов, не пригодных к сортировке (КГО) ввиду недостаточного потока пригодных к сортировке отходов (ТКО+РСО).

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Таблица 4
Table 4

Данные об отходах, доставленных на КПО «В» за 2023 г., проектная мощность 1 050 000 т/год (87 500 т/месяц)
Data on waste delivered to WTC "B" in 2023, design capacity of 1050,000 tons/year (87,500 tons/month)

Показатель	янв.	фев.	март.	апр.	май	июн.	июл.	авг.	сен.	окт.	ноя.	дек.
Доставлено отходов, т	75 979	67 538	72 247	97 049	96 800	68 487	53 814	67 780	84 239	88 228	82 147	74 222
ТКО+РСО, т	59 912	47 087	51 904	60 668	52 098	37 251	33 260	47 298	57 911	58 334	54 114	53 487
КГО, т	16 067	20 451	20 342	36 382	44 702	31 236	20 554	20 481	26 328	29 894	28 033	20 735
Загрузка, т	39 002	36 601	40 073	34 557	27 540	26 294	30 792	43 276	53 812	54 971	54 927	55 788
Загрузка от пригодного, %	65	78	77	57	53	71	93	91	93	94	102	104

Для наглядности динамики изменения показателя загрузки от соотношения видов отходов, загружаемых на линии сортировки (крупногабаритных отходов (КГО) и вторичного сырья, собранного при раздельном сборе отходов (РСО), были составлены графики (рис. 1, 2, 3).

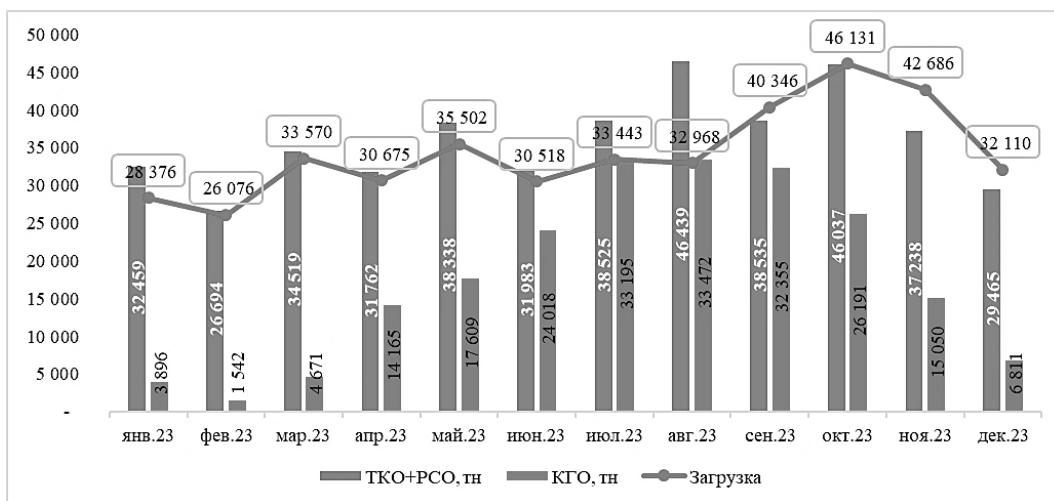


Рис. 1. Зависимость показателя загрузки отходов на линии сортировки от соотношения ТКО+РСО и КГО в потоке на КПО «А»

Fig. 1. Dependence of the sorting line loading rate on the ratio of MSW+SWC and BW in the stream at WTC "A"

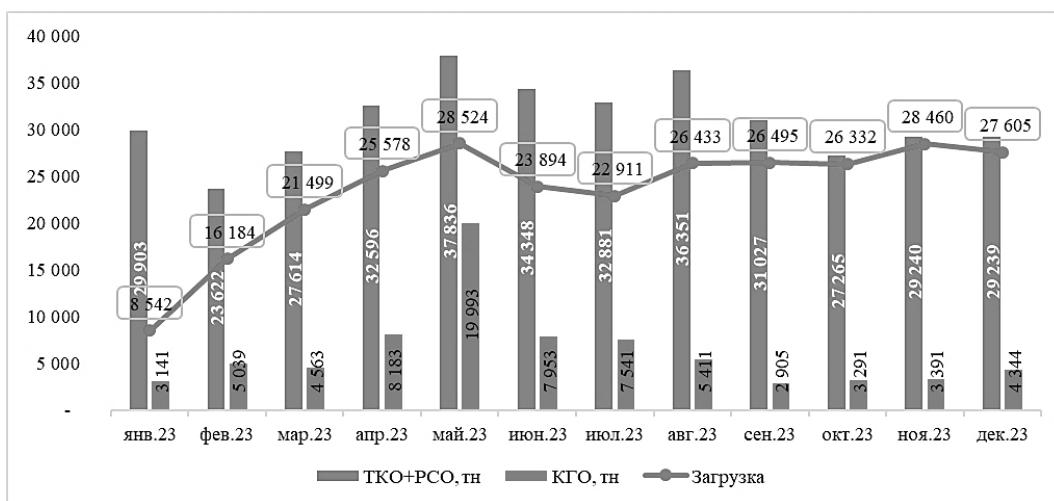


Рис. 2. Зависимость показателя загрузки отходов на линии сортировки от соотношения ТКО+РСО и КГО в потоке на КПО «Б»

Fig. 2. Dependence of the sorting line loading rate on the ratio of MSW+SWC and BW in the stream at WTC "B"

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

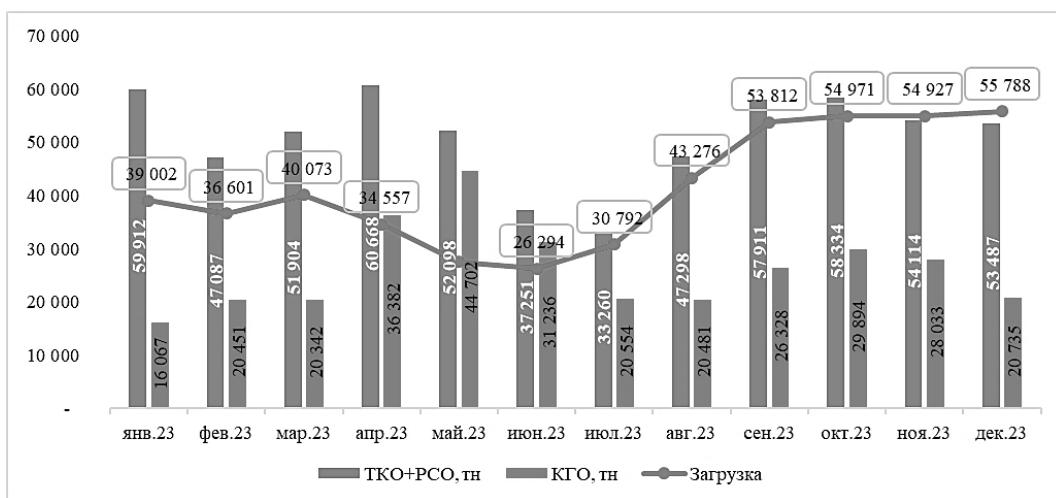


Рис. 3. Зависимость показателя загрузки отходов на линию сортировки от соотношения ТКО+PCO и КГО в потоке на КПО «В»

Fig. 3. Dependence of the sorting line loading rate on the ratio of MSW+SWC and BW in the stream at WTC “B”

Как видно из представленных графиков, показатель загрузки линий сортировки зависит от массы отходов, пригодных к сортировке (ТКО+PCO), но практически не зависит от соотношения между отходами пригодными и непригодными к сортировке. Это объясняется тем, что непригодные для сортировки отходы после измельчения поступают в цех компостирования (участок производства технического грунта) [7].

Однако, анализируя данные по загрузке на КПО «Б», можно сделать вывод, что показатель по «загрузке от пригодного к сортировке» не превышает 100 % в течение года, что свидетельствует о том, что на линии сортировки загружались только отходы, пригодные к сортировке.

На комплексе «В» превышение значений показателя «Загрузка от пригодного» выше 100 % фиксируется в ноябре и декабре 2023 г., что также связано с загрузкой на линию сортировки отходов, не пригодных к сортировке (КГО) ввиду дефицита пригодных к сортировке отходов (ТКО+PCO).

Итоговые данные, позволяющие оценить эффективность работы комплексов за 2023 г., были сведены в табл. 5.

Таблица 5
Table 5

Сводные данные по объемам и видам отходов и показатели эффективности на КПО «А, Б, В» в 2023 г.

Summary data on volumes and types of waste and performance indicators at WTC “A”, “B”, “B” in 2023

Доставлено отходов	КПО «А»		КПО «Б»	
	Масса всего, т/год	Масса всего, т/год	Масса всего, т/год	Масса всего, т/год
Общая масса	644 967		447 675	928 530
TKO+PCO	431 993		371 922	613 325
КГО	212 974		75 753	315 205
Загрузка	412 401		282 456	497 634
Проектная мощность	900 000		450 000	1 050 000
Показатели эффективности, %				
Загрузка от доставленного	64		63	54
Загрузка от пригодного	95		76	81
Загрузка от проектной мощности	46		63	47
Доля TKO+PCO в потоке	67		83	66
Доля KGO в потоке	33		17	34

Как видно из представленных таблиц, проектная мощность КПО «А» значительно превышает общий объем доставленных в 2023 г. отходов на 28,3 %, а отходов типа ТКО+PCO – на 52,0 %. На КПО «Б» общий объем доставляемых отходов (TKO+PCO+KGO) близок к проектной мощности линии сортировки на КПО, однако если учесть, что отходы KGO принимаются как «непригодные для сортировки», то проектная мощность превышает объем «пригодных» к сортировке отходов на 17,3 %, что также свидетельствует о недозагруженности рассматриваемого КПО «Б». На КПО «В» проектная мощность превышает общий доставленный объем отходов на 11,6 %, а доставленный объем «пригодных» к сортировке отходов (TKO+PCO) – на 41,5 %.

В целом следует отметить, что недозагруженность КПО негативно влияет на рентабельность и экономическую эффективность производства.

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

2. Экономические и социальные факторы, влияющие на эффективность работы КПО

Чтобы оценить экономические факторы, влияющие на эффективность работы комплексов, была проанализирована зависимость стоимости отобранных BMP от объема загрузки и отбора BMP на линии сортировки, а также от средневзвешенной цены фракций BMP (табл. 6–8, рис. 4–6).

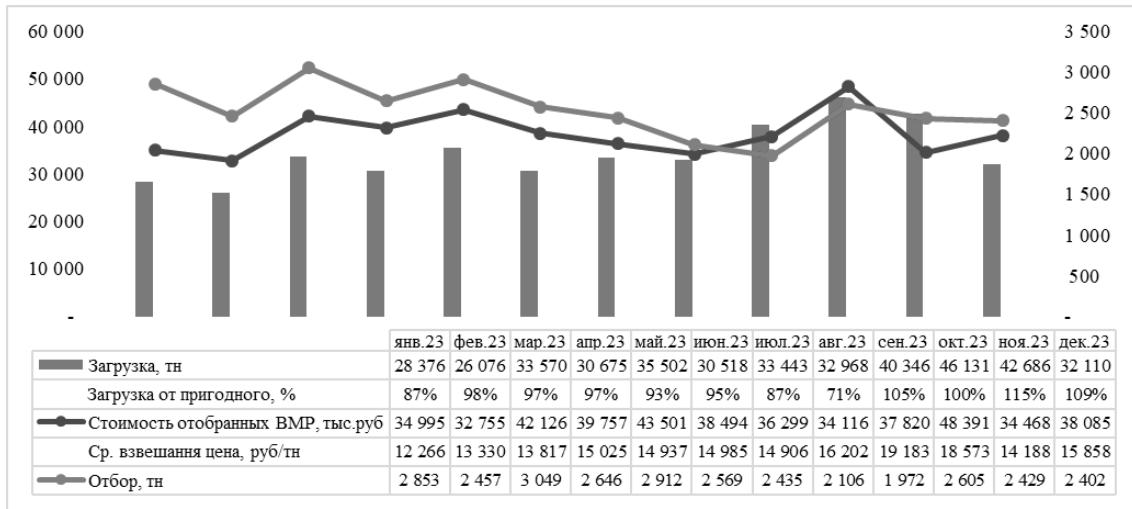


Рис. 4. Экономические показатели эффективности сортировки на КПО «А» в 2023 г.

Fig. 4. Economic indicators of sorting efficiency at WTC “A” in 2023

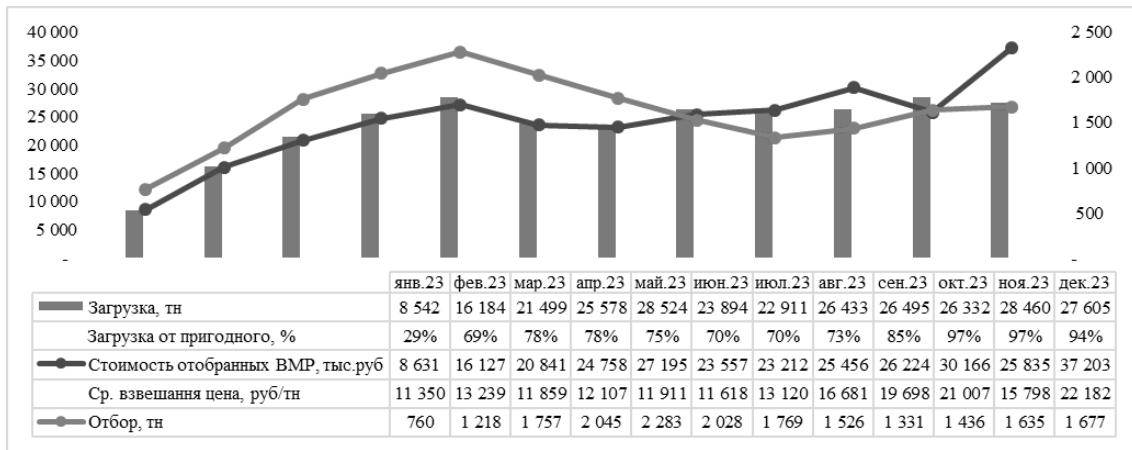


Рис. 5. Экономические показатели эффективности сортировки на КПО «Б» в 2023 г.

Fig. 5. Economic indicators of sorting efficiency at WTC “B” in 2023

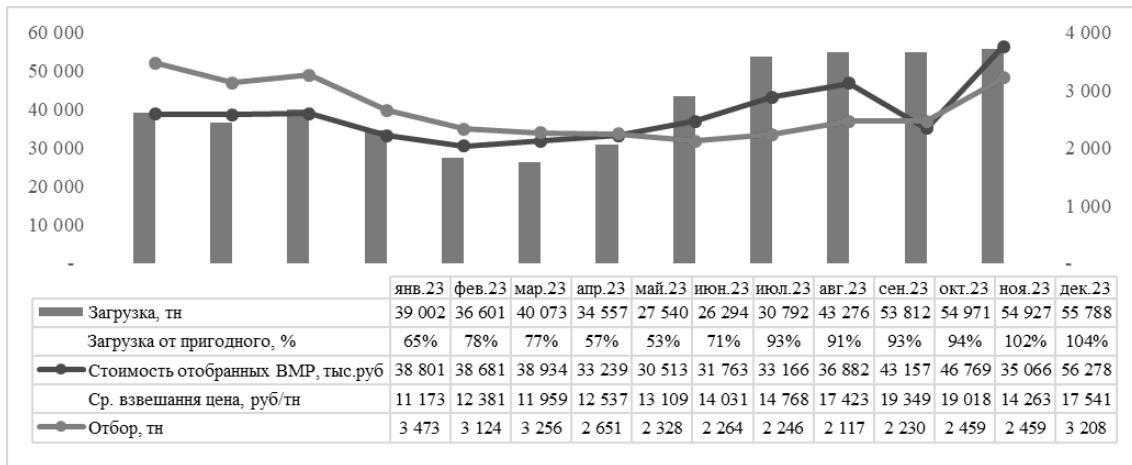


Рис. 6. Экономические показатели эффективности сортировки на КПО «В» в 2023 г.

Fig. 6. Economic indicators of sorting efficiency at WTC “B” in 2023

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Как видно из графиков и таблиц, на всех комплексах показатель «Стоимость отобранных ВМР», то есть полученная предприятием прибыль, несомненно, зависит от загрузки отходов на линии сортировки и отбора ВМР. Однако проведенный анализ не выявил однозначной прямой пропорциональной зависимости между этими показателями. Так, на КПО «А» максимальная стоимость отобранных ВМР выпадает на весну (март-май) и октябрь при том, что максимальная загрузка приходится на май и осенние месяцы (сентябрь-ноябрь). Но при этом максимальный отбор фиксируется также весной (март-май) и в октябре. При этом общая масса доставленных на КПО отходов влияет на стоимость отобранных ВМР, но не всегда прямо пропорциональна их количеству (табл. 2–4). Например, самым эффективным для КПО «А» является октябрь, когда при максимальной загрузке отходов было доставлено меньше, чем, например, в августе, а стоимость отобранных ВМР оказалась существенно больше (в 1,4 раза). На КПО «А» загрузка от проектной мощности составляет всего 46 %, а доля загрузки пригодных фракций ВМР – 67 % (табл. 5).

На КПО «Б» максимальная прибыль была получена от продажи отобранных ВМР в мае, октябре и декабре при оптимальной загрузке в мае и с августа по декабрь, максимально эффективный отбор ВМР при этом произведен с марта по июль. В мае был зафиксирован максимальный показатель отбора при практически идентичной загрузке в ноябре. Такое несоответствие объясняется тем, что качество загруженных отходов в мае выше, чем в ноябре. Это подтверждается также данными, представленными в табл. 3 и на рис. 2, где видно, что в мае на КПО поступило максимальное количество отходов, пригодных к сортировке «ТКО+РСО», в то время как в ноябре данный показатель снизился на 22,7 %. Следует также отметить, что данный комплекс обеспечивает максимальную загрузку от проектной мощности – 67 % – и имеет максимальную долю загрузки пригодных фракций в потоке – 83 % (табл. 5).

На КПО «В» максимальная прибыль от реализации обработанных ВМР была получена в сентябре, октябре и декабре, наибольшая загрузка была произведена с августа по декабрь, а наиболее эффективный отбор – с января по апрель и в декабре. Как и в случае с КПО «А» и «Б», загрузка отходов на линию сортировки напрямую зависит от количества отходов, пригодных к сортировке (ТКО+РСО). Причем важно отметить, что соотношение между пригодными и непригодными отходами не оказывает влияния на загрузку, так как непригодные для сортировки отходы поступают в цех компостирования (участок производства технического грунта). В целом же загрузка от проектной мощности на комплексе низкая и составляет 47 % при достаточно высокой доле пригодных фракций в потоке – 66 % (табл. 5).

Отсутствие прямой зависимости в показателях можно объяснить наличием еще одного важного фактора – изменения средневзвешенной цены фракций ВМР. Так, снижение общего отбора ВМР на КПО «А» с августа по декабрь 2023 г. при относительном увеличении объема загрузки связано с определением приоритетности отбираемых фракций, что означает выбор более экономически выгодных фракций из общего потока отходов. На КПО «Б» и КПО «В» также с августа фиксируется рост отбора тех фракций, для которых средневзвешенная годовая цена выше (находится в зеленых значениях), и снижение отбора ВМР (вплоть до отказа сортировки) тех фракций, для которых средневзвешенная годовая цена ниже.

Для детального рассмотрения данного факта были составлены таблицы, отражающие номенклатуру и отбор по отдельным сортируемым фракциям ВМР в сравнении со средневзвешенной ценой фракции для трех комплексов (табл. 6–10).

Следует отметить, что рыночная цена на фракции ВМР зависит от текущей ситуации, то есть: от сезона, спроса (дефицит/профицит данного товара на рынке), курса валют (если сырье экспортируется/импортируется), запуска/остановки профильных производств и некоторых других объективных причин.

Таким образом, прибыль, которую может получать КПО, зависит не только от сезонной загрузки и величины отбора ВМР, но и от спроса на ВМР. Как видно из представленных таблиц, на всех КПО наиболее устойчивым спросом, который характеризуется максимальным отбором, пользуются все фракции ПЭТФ, других полимеров (кроме ПНД канистры) и металлов. На КПО «А» максимальный отбор фракций ПЭТФ приходится на весну, на КПО «Б» и КПО «В» – на осень и начало зимы (сентябрь-декабрь).

Максимальный отбор металлов на всех КПО приходится на октябрь-декабрь, а отбор других полимеров (кроме ПЭТФ) увеличивается дважды в год на КПО «А» и КПО «Б» весной и осенью, а на КПО «В» – только весной. Бумага и макулатура наиболее востребованы в летние месяцы на всех КПО, а осенью и зимой отбор этих фракций резко падает (красная зона).

Также можно отметить, что на всех КПО у фракций ПЭТФ, полимеров и металлов фиксируется максимальная средневзвешенная годовая цена (находится в зеленых значениях). Для остальных фракций средневзвешенная цена колеблется или находится в красной зоне, что приводит к снижению отбора ВМР (вплоть до отказа от сортировки).

Таким образом, можно сделать вывод, что именно средневзвешенная цена, главным образом, определяет приоритетность отбираемых фракций.

Снижение объемов отбора ВМР, связанное с приоритетным отбором, может зависеть от ограниченного числа сотрудников на линиях сортировки в определенные сезоны. Для подтверждения данного тезиса были составлены данные о среднем количестве сотрудников на линиях сортировки с данными отбора ВМР. Результаты представлены в виде графиков на рис. 7–9.

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Таблица 6
Table 6

Номенклатура и отбор сортируемых фракций ВМР (т) на КПО «А» и их средневзвешенная цена, руб./т
Nomenclature and selection of sorted fractions of SMR (tons) at WTC “A” and their weighted average price, RUB/tons

Фракция	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	Ср. взвеш. цена
ПЭТф прозрачный, голубой	255	244	305	279	312	274	253	225	267	333	329	272	55 000
ПЭТф коричневый	42	41	48	50	67	67	61	56	43	49	42	33	45 000
ПЭТф зеленый	45	41	50	47	53	47	43	40	38	46	41	33	45 000
ПЭТф молочный матовый	33	37	41	37	37	31	25	20	11	29	39	34	7 871
ПЭТф масло	16	22	27	20	17	14	13	11	4	6	-	-	10 000
ПЭТф бытовая химия	34	23	28	28	27	21	19	15	6	12	21	17	8 211
ПЭТф прочее	10	7	8	4	4	3	2	11	71	49	-	-	10 000
ПЭТф микс										7	25	28	11 089
ПНД канистра	23	23	32	33	33	29	26	22	35	49	43	32	46 851
ПНД бытовая химия	58	57	68	64	65	56	52	43	47	66	62	50	33 911
Пленка ПВД прозрачная	88	82	129	122	130	102	102	91	93	142	140	132	20 798
Пленка ПВД микс	140	134	196	185	207	162	158	167	168	249	219	204	8 580
Полипропилен микс	33	45	63	89	94	87	65	46	40	20	37	28	3 491
Полипропиленовый ящик	4	3	5	5	6	13	11	9	3	3	4	2	4 409
Бумага газетно-журнальная	92	88	108	103	117	113	95	70	47	47	48	47	5 903
Макулатура (картон) 2 сорт	437	415	532	420	458	415	428	257	42	221	211	438	1 317
Тетрапак	92	90	108	88	87	69	61	56	52	72	85	89	4 635
Стеклобой микс	761	494	565	410	493	457	439	414	558	805	491	416	1 800
Стеклобой светлый	384	315	374	317	341	314	304	298	166	-	209	228	1 800
А30 Банка алюминиевая	53	56	74	65	64	56	54	59	61	72	66	62	94 009
Алюминиевая туба	3	3	5	4	4	3	3	4	5	6	6	6	51 857
Цветной металл	4	2	5	4	3	4	5	6	6	8	9	7	75 007
Электронный лом	29	26	31	33	36	31	28	25	28	44	46	39	20 602
Черный металл	69	86	102	126	137	104	99	91	87	131	120	90	11 976
Черный металл (луженая жесть)	133	106	127	97	102	81	70	53	77	121	118	103	3 698
Черный металл (жестянная туба)	14	16	19	18	20	18	19	18	17	17	19	15	2 103

Таблица 7
Table 7

Номенклатура и отбор сортируемых фракций ВМР (т) на КПО «Б» и их средневзвешенная цена, руб./т
Nomenclature and selection of sorted fractions of SMR (tons) at WTC “B” and their weighted average price, RUB/tons

Фракции	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	Ср. взвеш. цена
ПЭТф прозрачный, голубой	55	124	155	168	183	151	151	171	163	202	256	310	55 000
ПЭТф коричневый	9	22	27	32	42	41	42	44	33	32	32	34	45 000
ПЭТф зеленый	10	21	25	29	30	26	26	29	29	32	37	41	45 000
ПЭТф молочный матовый	6	17	19	17	19	15	16	17	17	21	27	34	7 783
ПЭТф масло	2	11	14	10	9	7	6	8	9	7	-	-	10 000
ПЭТф бытовая химия	3	6	10	9	9	8	7	8	9	10	14	14	8 742
ПЭТф прочее	5	13	16	15	14	12	12	14	14	11	-	-	10 000
ПЭТф микс										5	25	27	10 565
ПНД канистра	7	19	23	36	39	31	28	27	30	34	36	34	46 636
ПНД бытовая химия	9	22	24	27	26	24	21	22	24	27	33	34	
Пленка ПВД прозрачная	7	5	12	24	28	25	36	71	99	109	106	88	20 808
Пленка ПВД микс	43	60	161	232	218	199	162	121	89	106	151	114	8 680
Полипропилен микс	12	14	47	55	38	20	22	23	16	5	18	10	3 486
Полипропиленовый ящик	1	4	5	7	12	19	16	12	9	4	4	3	4 291
Бумага газетно-журнальная	29	64	68	91	114	108	89	74	33	-	-	-	5 827
Макулатура (картон) 2 сорт	137	163	371	394	455	418	364	140	34	49	23	-	1 517
Тетрапак	20	44	38	36	35	29	25	25	18	18	22	17	4 576
Стеклобой микс	192	258	280	300	391	335	298	299	270	303	373	438	1 990
Стеклобой светлый	82	134	167	169	208	157	145	148	155	133	132	145	1 218
Стеклобой коричневый	16	9	38	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
А30 Банка алюминиевая	11	25	35	39	40	35	38	42	44	51	53	59	96 886
Алюминиевая туба	1	2	3	3	4	3	3	3	3	4	4	5	51 878
Цветной металл	3	4	5	8	11	9	8	7	8	9	10	10	74 918
Электронный лом	5	9	12	21	26	23	21	21	25	29	30	29	20 765
Черный металл	-	-	-	-	-	-	18	26	69	85	89	68	13 578
Черный металл микс	94	166	199	301	333	333	216	174	51	47	49	51	2 168
Черный металл (луженая жесть)	-	-	-	-	-	-	-	-	80	103	110	114	3 920

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Таблица 8
Table 8

Номенклатура и отбор сортируемых фракций ВМР (т) на КПО «В» и их средневзвешенная цена, руб./т
Nomenclature and selection of sorted fractions of SMR (tons) at WTC "B" and their weighted average price, RUB/tons

Фракции	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек	Ср. взвеш. цена
ПЭТФ прозрачный, голубой	278	311	300	253	227	234	236	276	352	392	450	550	55 000
ПЭТФ коричневый	35	40	39	36	39	45	51	55	50	47	45	50	45 000
ПЭТФ зеленый	48	51	49	42	38	37	40	44	54	58	60	67	45 000
ПЭТФ молочный матовый	22	30	27	21	19	18	20	23	26	36	40	46	7 797
ПЭТФ масло	20	26	24	14	10	10	12	15	17	15			10 000
ПЭТФ бытовая химия	23	31	25	16	15	15	16	20	26	36	34	38	8 753
ПЭТФ прочее			5	11	9	8	7	8	9	8			10 000
ПЭТФ микс	2	1	2	2	2	2	1	2	2	6	12	14	16 613
ПНД канистра	29	29	33	29	25	25	22	26	33	34	37	38	46 393
ПНД бытовая химия	49	54	56	48	44	43	47	56	63	76	75	82	34 638
Пленка ПВД прозрачная	117	106	119	95	74	65	72	87	100	86	61	51	21 021
Пленка ПВД микс	159	165	213	237	235	231	290	192	85	119	121	194	8 433
Полипропилен микс	63	75	57	65	72	65	54	14	1	0	2	39	3 470
Полипропиленовый ящик	2	3	4	4	5	9	5	4	2	1	1	0	4 724
Бумага газетно-журнальная	39	23	29	40	55	48	20	1	0	1	1	0	5 912
Макулатура (картон) 2 сорт	491	443	472	381	361	384	360	267	292	422	365	630	1 222
Тетрапак	51	40	39	32	27	22	12	10	15	16	23	25	4 793
Стеклобой микс	872	677	731	474	427	430	503	559	651	668	728	946	1 800
Стеклобой светлый	693	598	575	471	328	291	217	166	131	101	36	56	1 800
А30 Банка алюминиевая	64	54	55	46	42	41	45	51	58	59	61	61	94 095
Алюминиевая туба	5	5	4	4	4	3	4	5	6	6	6	5	51 810
Цветной металл	13	12	10	9	11	9	10	12	13	13	14	11	74 207
Электронный лом	12	11	12	12	12	11	15	13	12	15	16	19	20 638
Черный металл						94	66	84	92	93	90	91	13 186
Черный металл микс	385	333	363	310	250	42	0						3 770
Черный металл (луженая жесть)						83	120	127	141	152	182	194	3 523

Таблица 9
Table 9

Динамика изменения цен на отбираемые фракции ВМР в 2023 г., руб./т
Dynamics of price changes for selected fractions of secondary material resources (SMR) in 2023, RUB/ton

Цена, руб/т	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
ПЭТФ прозрачный, голубой	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000	55 000
ПЭТФ коричневый	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000
ПЭТФ зеленый	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000	45 000
ПЭТФ молочный матовый	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	8 000	6 560
ПЭТФ масло	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	-	-
ПЭТФ бытовая химия	7 000	8 000	8 000	9 000	7 000	7 000	7 000	8 000	9 000	10 000	11 000	10 000
ПЭТФ прочее	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	10 000	-	-
ПНД канистра	45 000	39 000	40 000	43 000	44 000	45 000	47 000	48 000	52 000	53 000	53 000	45 000
ПНД бытовая химия	43 000	30 000	28 000	30 000	28 000	30 000	33 000	35 000	38 000	39 000	39 000	36 000
Пленка ПВД прозрачная	18 000	20 000	20 000	22 000	22 500	23 000	23 500	23 500	24 000	21 000	18 000	16 000
Пленка ПВД микс	5 500	6 000	6 000	8 000	9 000	9 500	9 500	9 500	10 000	9 500	9 500	9 500
Полипропилен микс	3 400	3 400	3 400	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 600	3 600	3 600
Полипропиленовый ящик	8 000	4 500	4 500	7 000	7 500	3 000	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500	3 500
Бумага газетно-журнальная	5 800	5 800	6 000	6 000	6 000	6 000	5 500	5 500	5 500	6 000	6 500	6 500
Макулатура (картон) 2 сорт	1 500	1 500	2 000	2 000	1 700	1 500	800	500	800	1 500	1 000	1
Тетрапак	6 000	5 500	5 000	4 500	3 500	3 500	4 000	4 000	5 000	5 000	5 000	4 000
Стеклобой микс	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
Стеклобой светлый	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800	1 800
А30 Банка алюминиевая	74 100	82 000	82 000	85 000	88 000	90 000	95 000	100 000	103 000	105 000	110 000	110 000
Алюминиевая туба	50 000	50 000	50 000	50 000	51 000	51 000	52 000	52 000	52 000	53 000	53 500	55 000
Цветной металл	70 000	70 000	70 000	70 000	75 000	75 000	75 000	75 500	75 500	77 000	77 500	79 000
Электронный лом	20 000	19 000	19 000	20 000	20 000	20 000	21 000	21 000	21 000	21 500	21 500	22 000
Черный металл	8 000	8 000	11 000	11 500	11 500	12 000	12 000	13 000	13 500	13 500	13 500	14 500
Черный металл (луженая жесть)	6 800	4 000	4 000	2 000	2 000	2 500	2 500	3 000	3 500	3 500	3 500	5 000
Черный металл (жестяная туба)	3 800	3 000	3 000	1 500	1 500	1 500	1 500	1 500	2 000	2 000	2 000	2 500

* Цена на все виды ПЭТФ (пр, кор., зел, масло) среднерыночная, установлена долгосрочным контрактом

* The price for all PET types (tr, brown., green, oil) is mid-market, established by long-term contract

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Таблица 10
Table 10

Стоимость отобранных BMP в 2023 г. с учетом отбора BMP и средневзвешенной цены за фракцию, млн руб.
Cost of selected secondary material resources (SMR) in 2023 taking into account SMR recovery and weighted average price per fraction, million RUB

Отбор BMP, млн. руб	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	ноя	дек
ПЭТф прозрачный, голубой	32,37	37,37	41,81	38,48	39,63	36,20	35,21	36,95	42,99	50,94	56,92	62,22
ПЭТф коричневый	3,87	4,63	5,17	5,31	6,64	6,87	6,93	6,93	5,71	5,77	5,38	5,25
ПЭТф зеленый	4,63	5,09	5,63	5,28	5,42	4,98	4,93	5,09	5,41	6,10	6,18	6,36
ПЭТф молочный матовый	0,49	0,67	0,69	0,60	0,59	0,51	0,49	0,48	0,44	0,69	0,85	0,74
ПЭТф масло	0,38	0,59	0,65	0,44	0,36	0,30	0,31	0,34	0,29	0,28	-	-
ПЭТф бытовая химия	0,43	0,48	0,51	0,47	0,35	0,30	0,30	0,35	0,37	0,58	0,75	0,68
ПЭТф прочее	0,15	0,21	0,30	0,29	0,27	0,23	0,22	0,33	0,94	0,68	-	-
ПЭТф микс	0,04	0,03	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,04	0,06	0,47	0,62	0,56
ПНД канистра	2,66	2,81	3,54	4,20	4,23	3,81	3,54	3,57	5,10	6,23	6,18	4,70
ПНД бытовая химия	5,02	3,98	4,13	4,15	3,79	3,67	3,94	4,25	5,09	6,57	6,63	5,97
Пленка ПВД прозрачная	3,82	3,88	5,20	5,31	5,22	4,42	4,92	5,87	7,00	7,08	5,53	4,32
Пленка ПВД микс	1,88	2,15	3,43	5,24	5,94	5,62	5,80	4,55	3,42	4,51	4,67	4,87
Полипропилен микс	0,37	0,46	0,57	0,73	0,72	0,60	0,49	0,29	0,20	0,09	0,21	0,28
Полипропиленовый ящик	0,06	0,04	0,06	0,11	0,17	0,12	0,11	0,08	0,05	0,03	0,03	0,02
Бумага газетно-журнальная	0,93	1,02	1,23	1,41	1,71	1,62	1,12	0,80	0,44	0,29	0,31	0,31
Макулатура (картон) 2 сорт	1,60	1,53	2,75	2,39	2,17	1,83	0,92	0,33	0,29	1,04	0,60	0,00
Тетрапак	0,98	0,96	0,92	0,70	0,52	0,42	0,39	0,36	0,43	0,53	0,65	0,52
Стеклобой микс	3,67	2,57	2,84	2,13	2,36	2,20	2,23	2,29	2,66	3,20	2,87	3,24
Стеклобой светлый	2,42	1,88	2,01	1,72	1,58	1,37	1,20	1,10	0,81	0,42	0,68	0,77
А30 Банка алюминиевая	9,45	11,11	13,43	12,75	12,89	11,92	12,98	15,28	16,85	19,10	19,88	19,92
Алюминиевая туба	0,47	0,52	0,62	0,59	0,57	0,52	0,52	0,64	0,74	0,84	0,86	0,85
Цветной металл	1,38	1,30	1,42	1,45	1,85	1,60	1,71	1,84	2,02	2,39	2,47	2,24
Электронный лом	0,91	0,88	1,04	1,33	1,49	1,28	1,34	1,24	1,37	1,90	1,99	1,92
Черный металл	0,55	0,69	1,12	1,44	1,58	2,37	2,20	2,62	3,34	4,17	4,05	3,61
Черный металл микс	2,87	2,25	2,23	0,92	0,87	0,56	0,32	0,26	0,10	0,09	0,10	0,13
Черный металл (луженая жесть)	0,91	0,42	0,51	0,19	0,20	0,41	0,48	0,54	1,04	1,32	1,43	2,05
Черный металл (жестянная туба)	0,05	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04
Итого	82,43	87,56	101,90	97,76	101,21	93,81	92,68	96,45	107,20	125,33	95,37	131,57

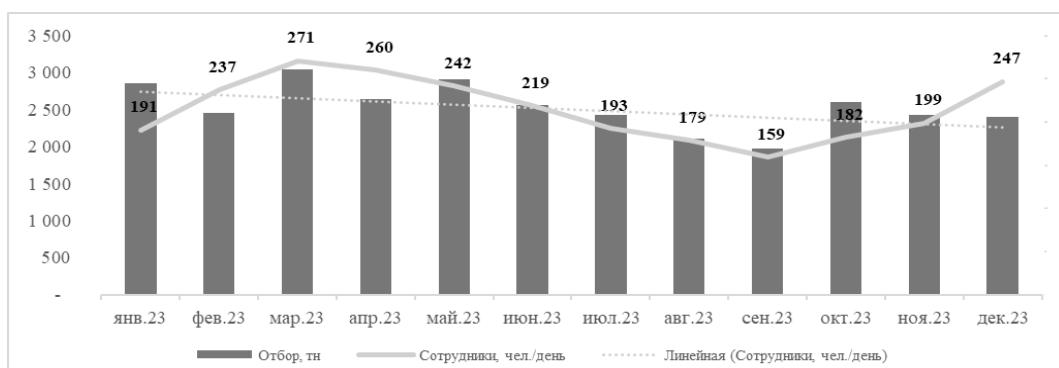


Рис. 7. Соотношение отбора BMP и количества сотрудников на линии сортировки на КПО «А»
Fig. 7. Ratio of SMR selection to the number of employees at the sorting line at WTC "A"

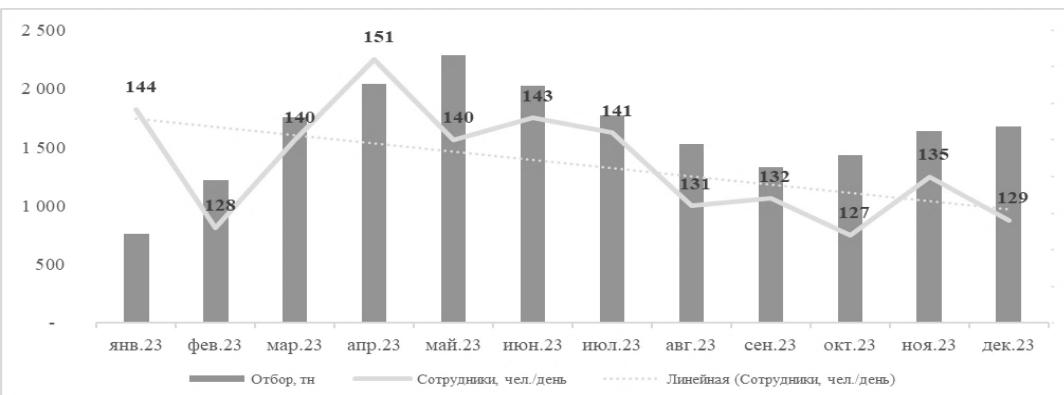


Рис. 8. Соотношение отбора BMP и количества сотрудников на линии сортировки КПО «Б»

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

Fig. 8. Ratio of SMR selection to the number of employees at the sorting line at WTC “B”

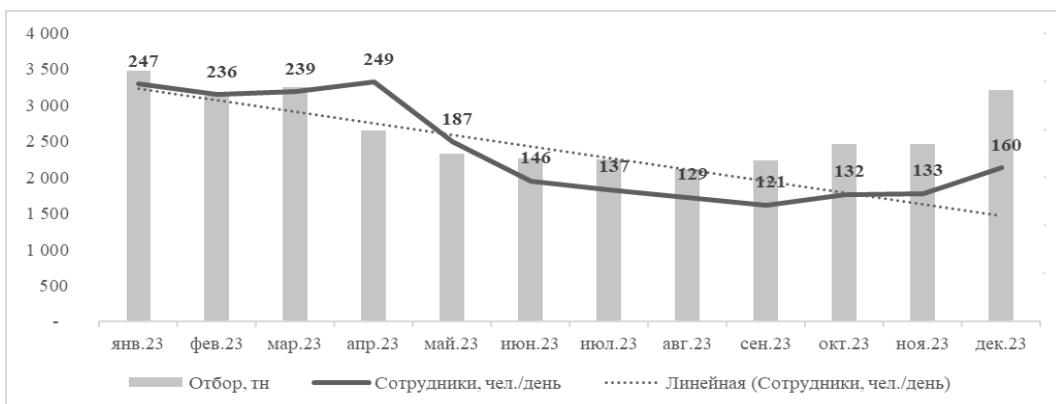


Рис. 9 Соотношение отбора БМР и количества сотрудников на линии сортировки на КПО «В»
Fig. 9. Ratio of SMR selection to the number of employees at the sorting line at WTC “B”

Как видно из представленных рисунков, зависимость между отбором БМР и обеспеченностью сотрудниками на линиях сортировки является прямой. На всех КПО фиксируется нисходящий тренд в количестве сотрудников, работающих на линии сортировки с апреля по сентябрь, и восходящий с января по март и с сентября по декабрь, что приводит к необходимости приоритетного отбора определенных фракций с целью увеличения экономической целесообразности сортировки. Именно на эти периоды приходится уменьшение отбора фракций БМР.

Новизна описанных выше подходов заключается в том, что они позволяют производить многофакторную оценку работы комплексов по переработке отходов (КПО), используя, сопоставляя и анализируя как абсолютные, так и относительные показатели. Использование данных подходов дает возможность выявить зависимости доставляемого объема отходов и их морфологии, объема загружаемых отходов на линии сортировки, объема отбираемых полезных фракций и их состава, стоимости и обеспеченностью сотрудниками на линиях сортировки, а также сделать выводы о влиянии данных факторов друг на друга. В перспективе использование описанных выше подходов позволит комплексам по переработке отходов (КПО), расположенным в различных регионах, выстраивать эффективную работу предприятий.

Заключение

На основании анализа приведенных выше фактических данных о количестве и морфологии поступающих на комплексы по переработке отходов (КПО) потоков отходов, о загрузке отходов на линии сортировки и проектных мощностях КПО можно сделать следующие выводы:

1. На всех рассмотренных КПО доставка отходов на КПО зависит от сезона.
 2. Объем загружаемых отходов на линии сортировки имеет прямую зависимость от массы отходов, пригодных к сортировке (ТКО+РСО), но практически не зависит от соотношения между отходами, пригодными и непригодными к сортировке.
 3. На всех рассматриваемых КПО отмечается недостаток отходов для полной загрузки линий сортировки в соответствии с проектными мощностями как для отходов ТКО и РСО, так и для совместной загрузки с отходами КГО.
- При анализе данных об объемах отбора вторичных материальных ресурсов (БМР) как в тоннах, так и в рублевом эквиваленте, а также при их сопоставлении с факторами, перечисленными выше, были выявлены следующие зависимости:
1. Увеличение объема загружаемых отходов приводит к росту отбираемых БМР как в тоннах, так и в рублевом эквиваленте.
 2. Загрузка на линию сортировки отходов типа «КГО» снижает рост отбираемых БМР, но не оказывает негативного воздействия на суммарный отбор БМР.
 3. Приоритетный отбор БМР в пользу «дорогих» фракций снижает общий объем отбираемых БМР в тоннах, но ведет к росту отбираемых БМР в рублевом эквиваленте.
 4. Снижение количества сотрудников, находящихся на линиях сортировки, прямо пропорционально объему отбираемых БМР.

Необходимо учитывать, что перечисленные выше факторы оказывают влияние на отбор совместно и могут рассматриваться при проектировании и планировании работы комплексов по переработке отходов (КПО) только в совокупности.

Библиографический список

1. Жилякова В.В. Проблематика введения мусорной реформы на территории Российской Федерации // Образование и право. 2019. № 4. С. 14–16. EDN: XNXKWR
2. Правительство Московской области. Постановление № 1240-ПП от 15.12.2023 «О внесении изменений в территориальную схему обращения с отходами Московской области». Красногорск, 2023.
3. Указ Президента Российской Федерации от 21.07.2020 № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года». Москва, Кремль, 2020.

Экономическая, социальная и политическая география
Спирин М.И., Харламова М.Д.

4. Управление Федеральной службы государственной статистики (Росстат) по г. Москве и Московской области.
URL: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634> (дата доступа: 05.07.2024)

5. Управление Федеральной службы государственной статистики (Росстат) по г. Москве и Московской области.
URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781> (дата доступа: 05.07.2024)

6. Derevyanyov M.Yu., Pleshivtseva Yu.E., Afinogentov A.A., Kirpichenkov S.A., Mandra A.G., Pimenov A.A. Application of data envelopment analysis for multi-criteria evaluation of system for technogenic waste recycling in oil refining industry // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1089. DOI: 10.1088/1757-899X/1089/1/012023 EDN: PFYHEX

7. Magnanelli E., Tranås O.L., Carlsson P., Mosby J., Becidan M. Dynamic Modeling of Municipal Solid Waste Incineration // Energy. 2020. DOI: 10.1016/j.energy.2020.118426 EDN: EIYMH

8. United States Environmental Protection Agency (EPA). Municipal solid waste generation, composition, and trends in the United States: Facts and figures for 2005. EPA530-R-07-002, 2007.

9. Vukovic N., Makogon E. Waste-to-Energy Generation: Complex Efficiency Analysis of Modern Technologies // Sustainability. 2022. Vol. 14. P. 13814. DOI: 10.3390/su142113814 EDN: TSOLIZ

References

1. Zhilyakova V.V. Issues of Implementing Waste Reform in the Russian Federation // Education and Law. 2019. No. 4. Pp. 14–16.

2. Government of the Moscow Region. Decree No. 1240-PP of December 15, 2023 “On Amendments to the Territorial Waste Management Scheme of the Moscow Region”. Krasnogorsk, 2023.

3. Decree of the President of the Russian Federation No. 474 of July 21, 2020 “On National Development Goals of the Russian Federation for the Period up to 2030”. Moscow, Kremlin, 2020.

4. Federal State Statistics Service (ROSSTAT) for Moscow and the Moscow Region. Electronic Resource: <https://77.rosstat.gov.ru/folder/64634>. Accessed: 05.07.2024.

5. Federal State Statistics Service (ROSSTAT) for Moscow and the Moscow Region. Electronic Resource: <https://rosstat.gov.ru/folder/12781>. Accessed: 05.07.2024.

6. Derevyanyov M.Yu., Pleshivtseva Yu.E., Afinogentov A.A., Kirpichenkov S.A., Mandra A.G., Pimenov A.A. Application of data envelopment analysis for multi-criteria evaluation of system for technogenic waste recycling in oil refining industry // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2021. Vol. 1089. doi:10.1088/1757-899X/1089/1/012023

7. Magnanelli, E., Tranås, O.L., Carlsson, P., Mosby, J., Becidan, M. Dynamic Modeling of Municipal Solid Waste Incineration // Energy. 2020.

8. United States Environmental Protection Agency (EPA). Municipal solid waste generation, composition, and trends in the United States: Facts and figures for 2005. EPA530-R-07-002, 2007.

9. Vukovic, N., Makogon, E. Waste-to-Energy Generation: Complex Efficiency Analysis of Modern Technologies // Sustainability. 2022. Vol. 14. P. 13814. <https://doi.org/10.3390/su142113814>

Статья поступила в редакцию: 08.08.24, одобрена после рецензирования: 10.12.24, принята к опубликованию: 13.06.25.

The article was submitted: 8 August 2024; approved after review: 10 December 2024; accepted for publication: 13 June 2025.

Информация об авторах

Михаил Игоревич Спирин

аспирант департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы;

115093, Россия, г. Москва, Подольское ш., 8 стр. 5

e-mail: 1142220082@pfur.ru

Марианна Дмитриевна Харламова

кандидат химических наук, доцент департамента экологической безопасности и менеджмента качества продукции, Институт экологии, Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы;

115093, Россия, г. Москва, Подольское ш., 8 стр.5

e-mail: kharlamova-md@rudn.ru

Information about the authors

Mikhail I. Spirin

Postgraduate Student, Department of Environmental Safety and Product Quality Management, Institute of Ecology, RUDN University; 8, bld. 5, Podolskoye shosse, Moscow, 115093, Russia

Marianna D. Kharlamova

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of Environmental Safety and Product Quality Management, Institute of Ecology, RUDN University;

8, bld. 5, Podolskoye shosse, Moscow, 115093, Russia

Вклад авторов

Спирин М.И. – идея, сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.
Харламова М.Д. – сбор материала, обработка материала, написание статьи, научное редактирование текста.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Contribution of the authors

Mikhail I. Spirin – the idea; data collection and processing; writing of the article; scientific editing of the text.

Marianna D. Kharlamova – data collection and processing; writing of the article; scientific editing of the text.

The authors declare no conflict of interest.