

DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-7-25

УДК 656



Научная статья | Транспортные и транспортно-технологические системы

ОЦЕНКА ИННОВАЦИОННЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ РАЗДЕЛЬНОМ СБОРЕ ТВЁРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ

Е.А. Кухарев, С.М. Мочалин, Д.И. Заруднев

В статье рассматривается оценка инновационных транспортных технологий при раздельном сборе твёрдых коммунальных отходов (ТКО).

Выявлено, что процессы, связанные с раздельным сбором и вывозом твёрдых коммунальных отходов, нуждаются во внедрении инновационных решений, что позволит оптимизировать данные процессы и значительно сократить затраты. Поэтому были предложена схема с внедрением мусоровозной установки с возможностью раздельного сбора отходов и устройство датчиков, отслеживающих наполнения ёмкости контейнеров для сбора твёрдых коммунальных отходов.

Цель – разработка эффективной схемы организации движения мусоровозных транспортных средств и оптимизация транспортных процессов при раздельном сборе ТКО за счёт внедрения инновационных транспортных технологий.

Метод или методология проведения работы. В статье использовались экономико-математические методы, а также статистические методы.

Результаты. Получены наиболее информативные параметры, показывающие некоторые аспекты для внедрения инновационных решений, что позволит оптимизировать процесс раздельного сбора твёрдых коммунальных отходов.

Область применения результатов. *Полученные результаты целесообразно применять экономическими субъектами, осуществляющими внешнеэкономическую деятельность.*

Ключевые слова: *твёрдые коммунальные отходы; логистика; инновационные транспортные технологии; автомобильный транспорт; автомобильный транспорт для перевозки отходов; отходы; логистические методы*

Для цитирования. *Кухарев Е.А., Мочалин С.М., Заруднев Д.И. Оценка инновационных транспортных технологий при раздельном сборе твёрдых коммунальных отходов // International Journal of Advanced Studies. 2023. Т. 13, № 3. С. 7-25. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-7-25*

Original article | Transport and Transport-Technological Systems

EVALUATION OF INNOVATIVE TRANSPORT TECHNOLOGIES FOR SEPARATE COLLECTION OF SOLID MUNICIPAL WASTE

E.A. Kukharev, S.M. Mochalin, D.I. Zarudnev

The article discusses the assessment of innovative transport technologies for the separate collection of municipal solid waste (MSW). It was revealed that the processes associated with the separate collection and removal of municipal solid waste need to be implemented innovative solutions that will optimize these processes and significantly reduce costs. Therefore, a scheme was proposed with the introduction of a garbage truck with the possibility of separate collection of waste and the installation of sensors that monitor the filling of containers for collecting municipal solid waste.

Purpose. *Development of an effective scheme for organizing the movement of garbage vehicles and optimization of transport processes for the separate collection of MSW through the introduction of innovative transport technologies.*

Methodology in article economic-mathematical methods, and also statistical methods were used.

Results. The most informative parameters have been obtained, showing some features for identifying solutions that allow increasing the volume of the solid food waste collection process.

Practical implications it is expedient to apply the received results the economic subjects which are carrying out foreign economic activity, one of which elements are export operations.

Keywords: solid municipal waste; logistics; innovative transport technologies; automobile transport; road transport for waste transportation; waste; logistic methods

For citation. Kukharev E.A., Mochalin S.M., Zarudnev D.I. Evaluation of Innovative Transport Technologies for Separate Collection of Solid Municipal Waste. *International Journal of Advanced Studies*, 2023, vol. 13, no. 3, pp. 7-25. DOI: 10.12731/2227-930X-2023-13-3-7-25

Определим возможную загрузку ТС исходя из среднего наполнения резервуаров для сбора ТКО, что позволит высчитать необходимое кол-во ездов для той и другой схемы.

Объем ТКО, накопленных в среднем на всех площадках для сбора ТКО в сутки рассчитывается по формуле:

Средняя наполняемость резервуара для смешанных отходов 462,5 л, средняя наполняемость резервуара с раздельным сбором – 645 л.

$$V_o = nV_{cp}, \quad (1)$$

где V_o – объем ТКО, накопленных в среднем на всех площадках для сбора ТКО в сутки;

n – количество площадок для сбора ТКО;

V_{cp} – средняя наполняемость одного контейнера для сбора ТКО в.

Рассчитаем среднее накопления ТКО по заданному маршруту в сутки (общие отходы):

84 контейнера для общих отходов вместимостью до 750 л

$$V_o = 84 \times 0,4625 = 38,85 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем среднее накопления ТКО по заданному маршруту в сутки (PCM):

30 сеток для раздельного сбора вместимостью до 1100 л.

$$V_o = 30 \times 0,645 = 19,35 \text{ м}^3.$$

Объем ТКО в резервуаре мусоросборной установки рассчитывается по формуле:

$$V = V_o/k, \quad (2)$$

где V – объем ТКО в резервуаре мусоросборной установки;

V_o – объем ТКО, накопленных в среднем на всех площадках для сбора ТКО в сутки;

k – коэффициент уплотнения ТКО, согласно типу механизма мусоросборной установки.

Рассчитаем объем резервуара мусоросборной установки, необходимый для вывоза ТКО (общего) согласно первой схеме вывоза:

1) вывоз ТКО двумя мусоровозами с мусоровозной установкой задней загрузки и единым резервуаром, один из которых будет вывозить отходы общего назначения, а другой – сортированные отходы (металл, стекло, пластик);

Объем кузова (полезный) – 18 м³;

$$V_1 = 38,85/6 = 6,475 \text{ м}^3.$$

Объем резервуара мусоросборной установки, необходимый для вывоза ТКО (PCM) согласно первой схеме вывоза:

$$V_{1PCM} = 19,35/6 = 3,225 \text{ м}^3.$$

Объем резервуара мусоросборной установки, необходимый для вывоза ТКО (общего) согласно второй схеме вывоза:

2) вывоз ТКО одним мусоровозом с задней загрузкой и двумя резервуарами с возможностью раздельного сбора мусора.

Отсек №1 объем полезный – 12 м³;

$$V_2 = 38,85/6 = 6,475 \text{ м}^3.$$

Рассчитаем объем резервуара мусоросборной установки, необходимый для вывоза ТКО (PCM) согласно второй схеме вывоза:

Отсек №2 объем (полезный) – 6 м³;

$$V_{2PCM} = 19,35/4 = 4,8375 \text{ м}^3.$$

Исходя из расчетов, можно сделать вывод, что с учетом средней наполняемости резервуаров при первой и второй схемах мусоровозам будет достаточно одной ездки, чтобы пройти весь маршрут.

Теперь определим возможную загрузку ТС исходя из максимального наполнения резервуаров для сбора ТКО, что позволит высчитать необходимое кол-во ездки для той и другой схемы в данном случае. Объем резервуара мусоросборной установки, необходимый для вывоза ТКО (PCM) согласно второй схеме вывоза рассчитывается по следующей формуле:

$$V_o = nV_{max}, \quad (3)$$

где V_o – объем ТКО, накопленных в максимальном значении на всех площадках для сбора ТКО в сутки;

n – количество площадок для сбора ТКО;

V_{max} – средняя наполняемость одного контейнера для сбора ТКО в сутки на протяжении заданного периода.

Рассчитаем среднее накопления ТКО по заданному маршруту в сутки (общие отходы):

$$V_o = 84 \times 0,75 = 63 \text{ м}^3.$$

Среднее накопления ТКО по заданному маршруту в сутки (PCM):

$$V_o = 30 \times 1,1 = 33 \text{ м}^3.$$

Объем ТКО в резервуаре мусоросборной установки рассчитывается по формуле:

$$V = V_o/k, \quad (4)$$

где V – объем ТКО в резервуаре мусоросборной установки;

V_o – объем ТКО, накопленных в максимальном значении на всех площадках для сбора ТКО в сутки;

k – коэффициент уплотнения ТКО, согласно типу механизма мусоросборной установки.

Объем резервуара мусоросборной установки, необходимый для вывоза ТКО (общего) согласно первой схеме вывоза, в случае с максимальным наполнением точек сбора ТКО:

$$V_1 = 63/6 = 10,5 \text{ м}^3.$$

Объем резервуара мусоросборной установки, необходимый для вывоза ТКО (PCM) согласно первой схеме вывоза, в случае с максимальным наполнением точек сбора ТКО:

$$V_{1PCM} = 33/6 = 5,5 \text{ м}^3.$$

Объем резервуара мусоросборной установки, необходимый для вывоза ТКО (общего) согласно второй схеме вывоза, в случае с максимальным наполнением точек сбора ТКО:

$$V_2 = 63/6 = 10,5 \text{ м}^3.$$

Объем резервуара мусоросборной установки, необходимый для вывоза ТКО (PCM) согласно второй схеме вывоза, в случае с максимальным наполнением точек сбора ТКО:

$$V_{2PCM} = 33/4 = 8,25 \text{ м}^3.$$

Исходя из расчетов, в случае с максимальным наполнением точек сбора ТКО, для первой схемы вывоза отходов потребуются одна ездка, для второй схемы потребуются две ездки, так как резервуар для PCM не сможет вместить в себя полный объем сортированного мусора. В связи с этим маршрутная карта будет скорректирована, как представлено на рисунке 1.

Таким образом, маршрут вывоза ТКО (раздельный сбор) «Бульвар архитекторов – Лукашевича» для первой схемы с участием двух мусоровозов останется таким, как представлено на рисунке 1 в случае со средней и максимальной наполняемостью резервуаров. Общая протяженность пути составит 82,8 км (два мусоровоза). Для второй схемы с мусоровозом, обладающим функцией раздельного сбора маршрут останется неизменным только в случае со средней наполняемостью резервуаров и с общей протяженностью в 41,4 км. При максимальном наполнении маршрут изменится, как представлено на рисунке 1, соответственно протяженность пути увеличится до 72 км (2 ездки). Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что на конкретном участке при раздельном сборе ТКО эффективнее использовать мусоровозы с возможностью раздельного сбора ТКО.

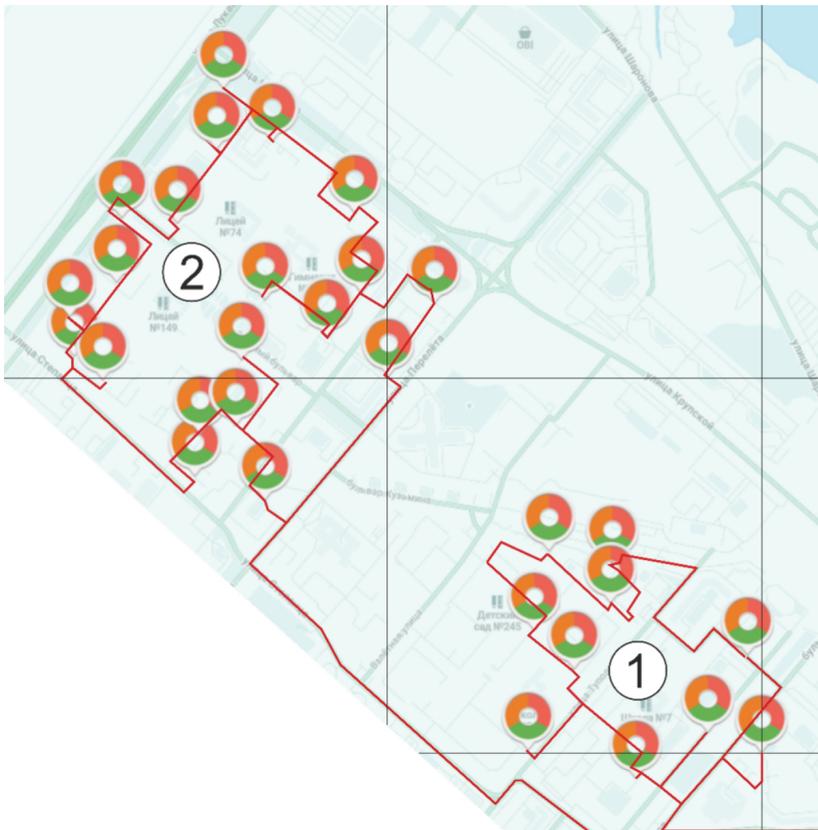


Рис. 1. Скорректированный маршрут вывоза ТКО согласно первой схеме (раздельный сбор) «Бульвар архитекторов – Лукашевича»

Также, любой из предложенных маршрутов можно было бы оптимизировать за счет внедрения технологии сбора данных о заполняемости контейнеров.

Согласно представленному на рисунке 2 в среднем суточный объем накопления ТКО равен 61,7% от общего объема резервуара и в случае с резервуарами для раздельного сбора ТКО – 58,6%. При этом в 504 случаях было зарегистрировано превышение объема ТКО относительно вместимости резервуаров. И в 246 слу-

чаях зарегистрировано предельная заполняемость резервуаров (в промежутке от 700 до 750 л и от 900 до 1100 в резервуарах для РСМ). В 1425 случаях на момент сбора ТКО резервуары были наполнены менее, чем на 50%, что говорит о неэффективности использования мусороборочных машин.

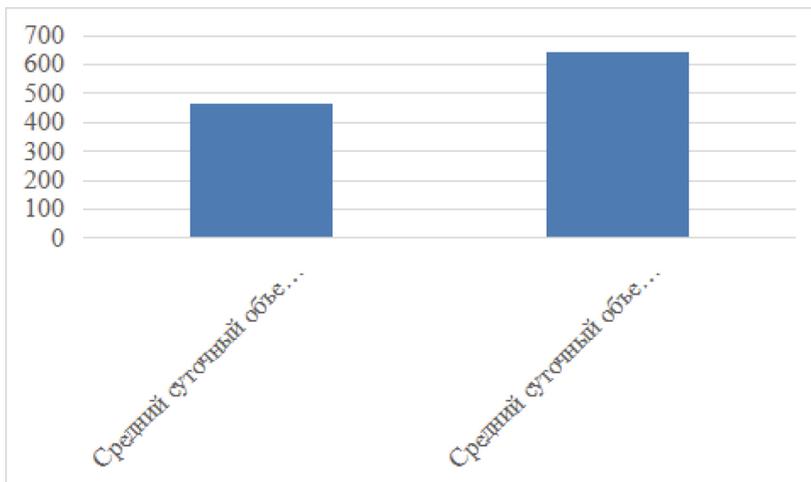


Рис. 2. Средний суточный объем накопления ТКО на маршруте улиц Бульвар Архитекторов – Лукашевича

Одним из решений этой проблемы может стать внедрение устройства, считывающего накопление ТКО. Благодаря данному оборудованию появляется возможность контролировать наполнение контейнеров в режиме реального времени, что позволяет корректировать маршруты мусоровозов, не тратя временные и материальные ресурсы. Так же программа позволит изменять схему забора ТКО исходя из скорости заполнения контейнеров на тех или иных участках.

Механизм работы данного устройства представлен на рисунке 3.

На контейнер монтируется датчик, оснащенный беспроводным модулем для передачи данных. По ходу заполнения контейнера, датчик передает информацию на сервер программы, который находится под наблюдением диспетчера.

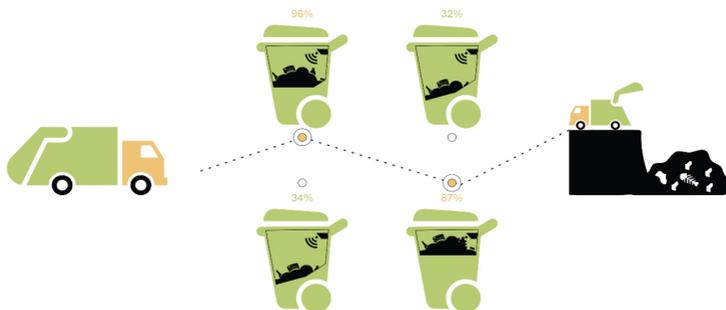


Рис. 3. Схема работы устройства, считывающего наполнение емкости контейнера

Владея полной информацией о наполнении контейнеров, диспетчер ведет управление транспортными потоками. Для подобных датчиков используются долговечные батарейки или, в качестве альтернативного источника питания, рассматриваются солнечные батареи с накопительным элементом, позволяющие бесперебойно работать всей системе. Все это говорит об эффективности внедрения технологии оповещения заполнения контейнеров. Таким образом, благодаря устройству, сбор ТКО значительно упрощается, практически исключаются холостые выезды и решение не влечет за собой существенных расходов, в том числе и эксплуатационных [19].

Датчики наполняемости контейнеров уже широко используются в Европе. Впечатляет пример города Ноттингема – после внедрения системы фиксации наполняемости контейнеров количество рейсов мусоровозов удалось сократить в десять раз без ущерба для качества услуги. Если раньше машины совершали в среднем 600 рейсов в месяц, то после установки гаджета – всего 60. Однако следует отметить, что Европейские аналоги подобного устройства достаточно дорогие, но в последние несколько лет появилась возможность внедрять отечественные модели, которые на порядок дешевле европейских. Так компания «Wasteout» предлагает свои устройства, представленные на рисунке 4 по цене в 6,5 тыс. рублей.



Рис. 4. Аппаратная часть «Wasteout»

Основные характеристики подобного прибора:

- для передачи данных используется беспроводная сеть 2G/GPRS;
- для измерения в контейнере используется ультразвуковой датчик-дальномер;
- все оборудование работает в интервале температур от -40°C до $+75^{\circ}\text{C}$;
- корпус датчика водо- и пыленепроницаемый. Соответствует классу IP56;
- низкое энергопотребление позволяет эксплуатировать датчик в течении 5 лет.

Преимущества данной технологии. У регионального оператора появляется:

- реальный механизм контроля уборки коммунального мусора, региональный оператор получит доступ к системе и сможет в режиме online контролировать частоту уборки, переполнение контейнеров, фактические объемы транспортируемых отходов и т.д.;
- возможность оптимизации собственных затрат за счет справедливой оплаты транспортировки отходов;

- возможность сокращения собственных затрат за счет оптимизации численности персонала.

У перевозчиков появляется:

- возможность экономии расходов за счет «умной» логистики, система прогнозирует реальное наполнение контейнеров к моменту сбора отходов, поэтому может строить маршрут только по заполненным площадкам;
- специальный режим «завершающего рейса» позволяет собрать остатки на маршрутах уборки необходимым для этого количеством машин;
- возможность в момент выезда на маршрут точно запланировать меру заполнения мусоровозов, тем самым обеспечить их максимально возможную загрузку.

У органов государственной власти появляется:

- возможность получить, в рамках государственного надзора, неограниченный и оперативный (в режиме «онлайн») доступ к информации о накоплении и качестве уборке ТКО;
- возможность получать полную и точную статистическую информацию о фактическом накоплении ТКО на территории России в разнообразных аналитических разрезах;
- возможность получить репутационный эффект от внедрения в России уникального проекта из области Интернета Вещей (IoT).

Горожанам – чистые и опрятные контейнерные площадки для мусора. Отсутствие захламливания территории, неприятных запахов, крыс и инфекций.

Установив подобное, считывающие, устройство на каждый из резервуаров по сбору ТКО, обеспечив мусоровозы оборудованием, способным транслировать информацию, поступающую с устройств напрямую и бесперебойную работу программного обеспечения, у регионального оператора, пользователей услугами регионального оператора и административных управляющих структур появится возможность в режиме реального времени на-

блюдать за текущей ситуацией, связанной со сбором и вывозом ТКО в регионе.

Итак, транспортные затраты при первой схеме с использованием мусоровозной установки HidroMac, 18м³ с возможностью раздельного сбора мусора на шасси SCANIA (СКАНИЯ) P360 6X4 равна 13177,545 рублей. При второй схеме с использованием мусоровозной установки ZOELLER, 18м³ на шасси SCANIA (СКАНИЯ) P360 6X4 в количестве двух единиц равны 23944,52 рубля.

Таблица 1.

Фрагмент данных сбора информации о наполнении контейнеров для сбора ТКО по маршруту «Бульвар Архитекторов – Лукашевича»

Адрес	Месяц	День	Суточный объем накопления ТКО, л				Адрес	Месяц	День	Суточный объем накопления ТКО, л			
			Бак №1	Бак №2	Бак №3	Бак №4				Бак №1	Бак №2	Бак №3	Бак №4
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ул. Архитекторов бульвар, 3/4 (Баки № 1, 2 – по 750 л, сетка для раздельного сбора – 1100л)	Май	1	400	350	600	-	ул. Архитекторов бульвар, 4 к1 (Баки № 1, 2, 3 – по 750 л, сетка для раздельного сбора – 1100л)	Май	1	750	750	750	900
		2	750	750	950	-			2	400	600	700	950
		3	250	350	350	-			3	300	350	525	350
		4	600	600	700	-			4	350	450	450	700
		5	300	350	525	-			5	250	350	350	525
		6	350	450	450	-			6	400	350	600	450
		7	400	350	600	-			7	750	750	750	900
		8	750	750	950	-			8	250	350	350	950
		9	500	350	350	-			9	400	600	700	350
		10	750	750	900	-			10	300	350	525	600
		11	300	350	625	-			11	350	450	450	625
		12	350	450	650	-			12	400	350	600	650
		13	250	350	450	-			13	750	750	750	950
		14	400	400	800	-			14	500	350	350	800
		15	300	350	425	-			15	750	750	750	825

Исходя из сравнения эксплуатационных транспортных затрат при использовании первой и второй схем сбора ТКО, представленном в таблице 2, можно сделать вывод, что на конкретном маршруте выгоднее использовать первую схему.

Таблица 2.

Сравнение эксплуатационных транспортных затрат при использовании первой и второй схем сбора ТКО

Статья эксл. затрат	Затраты (1 схема), руб./сут	Затраты (2 схема), руб./сут	Затраты (1 схема), руб./год	Затраты (1 схема), руб./год
1	2	3	4	5
ФОТ	2915,25	5830,5	1064066,25	2128132,5
Страховые отчисления	874,57	1749,15	319219,875	638439,75
Затраты на топливо	614,7	1229,4	224365,5	448731
Затраты на смазочные и эксплуатационные материалы	189,01	378,02	68988,65	137977,3
Затраты на запасные части и материалы	103,5	207	37777,5	75555
Затраты на восстановление износа и ремонт шин	51,75	103,5	18888,75	37777,5
Амортизация подвижного состава	6253,2	10497,6	2282418	3831624
Накладные расходы	2200,35	3999,03	803130,31	1459647,41
Итого	13202,35	23994,21	4818857,75	8757886,65

Разность эксплуатационных транспортных затрат в год при сравнении первой и второй схем равна:

$$8757886,65 - 4818857,75 = 3939028,9 \text{ руб.}$$

Срок окупаемости новой единицы техники для осуществления первой схемы вывоза ТКО равен:

$$19300000/3939028,9 = 4,91 \text{ года.}$$

Таким образом, срок полной окупаемости новой мусоровозной установки HidroMac, 18м³ с возможностью отдельного сбора мусора на шасси SCANIA (СКАНИЯ) P360 6X4 составит 4 года 11 месяцев.

Вывод

Исходя из данных собранных на протяжении одного календарного месяца на участке из 30 адресов было выявлено, что в конкретном случае использование двухсекционных мусоросборников экономически целесообразно, а срок окупаемости внедрения

данной техники будет равен порядка 4 лет и 11 месяцев. Ежегодная экономия составит 3939028,9 руб.

Рассчитать экономическую выгоду в случае внедрения датчиков наполнения емкости контейнера для сбора ТКО практически невозможно, без опытных исследований. Однако основываясь на тех данных, что были собраны на протяжении месяца, то в более, чем 45% случаев контейнеры не заполнены даже наполовину, также в 504 случаях было зарегистрировано превышение объема ТКО относительно вместимости резервуаров и в 246 случаях зарегистрировано предельная заполняемость резервуаров, что пагубно сказывается на окружающий среде.

Технология датчиков позволит избежать холостых ездов и наоборот, в случаях, когда резервуар близок к переполнению, датчик оповестит оператора о необходимости сбора ТКО на данном участке.

Список литературы

1. Агаев Т.Б, Гав Ф.Ф., Рахманов М.Л. Актуальные вопросы управления и экономики в сфере организации раздельного сбора и обработки твердых коммунальных отходов / Вестник РАЕН. 2019. Т.19, №1. С. 35-43.
2. Аникин Б.А. Аутсорсинг. Создание высокоэффективных и конкурентоспособных организаций / Б.А. Аникин, О.Б. Аникин, Т.А. Родкина. – М.: Инфра-М, 2016. 187 с.
3. Глеба О.В., Чудакова К.А. Раздельный сбор отходов в России: проблемы и пути решения / Аграрное и земельное право. 2020. №2 (182). С. 56-59.
4. Деяшкина О.Л. Твердые бытовые отходы» / Отраслевые ведомости, г. Москва, 2012. №8. С.34.
5. Дорогов Д.С. Перспективные направления транспортного обслуживания системы сбора, доставки и утилизации твердых коммунальных отходов / Фундаментальные и прикладные исследования молодых учёных: сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и мо-

- лодых учёных. Министерство образования и науки Российской Федерации; Правительство Омской области; Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2018. С. 280-283.
6. Левкин, Г.Г. Основы логистики: учебник / Г. Г. Левкин, А. М. Попович. – М. Берлин: Директ-Медиа, 2015. 387 с.
 7. Мочалин С.М., К.Б. Белозерова Применение принципов логистики в организации доставки грузов / Мир транспорта и технологических машин. 2010. №1 (28) С. 55-58.
 8. Мочалин С.М., Заруднев Д.И. Исследование влияния грузоподъемности подвижного состава на экономические показатели автомобильных перевозок / Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2009. №1 (11) С.67-74.
 9. Мочалин С.М., Заруднев Д.И. Анализ проблемы выбора подвижного состава в транспортной логистике / Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. 2008. №1 (7). С. 66-69.
 10. Мубаракшина Ф.Д., Гусева А.А. Современные проблемы и технологии переработки мусора в России и за рубежом / Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета, 2011. №4 (8). С. 91-98.
 11. Плотников А.А., Николаев А.С. Автоматизация отслеживания уровня отходов в мусорных контейнерах / Издательство: Олимп. Московский институт электронной техники, г. Москва, 2019. №10. С.21-23.
 12. Плохих Ю.В. Промежуточные итоги перехода на новую систему обращения с твердокоммунальными отходами / Актуальные тренды в экономике и финансах: материалы Международной научно-практической конференции, 19 ноября 2019 г. Омск, 2019. С. 80-83.
 13. Соловьев А.Ю. О разработке программно-аппаратного комплекса контроля бытовых отходов в жилых районах / Современные наукоемкие технологии, г. Москва, 2018. №7. С. 108-113

14. Шубов Л.Я., Доронкина И.Г., Борисова О.Н. Проблема твердых бытовых отходов – глобальная проблема 21 века / Сервис в России и за рубежом, 2011. №1. С. 258-263.
15. Кофман А., Анри-Лабрадер А. Методы и модели исследования операций. Целочисленное программирование. М.: Мир, 1977. 432с.

References

1. Agaev T.B., Gav F.F., Rakhmanov M.L. *Aktual'nyye voprosy upravleniya i ekonomiki v sfere organizatsii razdel'nogo sbora i obrabotki kommunal'nykh otkhodov* [Bulletin of the Russian Academy of Natural Sciences]. М., 2019, no 1, pp. 35-43.
2. Anikin B.A. *Autsorsing. Sozdaniye vysokoeffektivnykh i produktivnykh organizatsiy* [Outsourcing. Building Highly Effective and Productive Organizations] / Anikin B.A., Anikin O.B., Rodkin T.A. (ed.). М., 2016. 187 p.
3. Gleba O.V., Chudakova K.A. *Razdel'nyy sbor otkhodov v Rossii: problemy i puti resheniya. Agrarnoye i zemel'noye pravo* [Separate waste collection in Russia: problems and solutions. Agrarian and land law] . М., 2020, no 2, pp. 56-59.
4. Deyashkina O.L. *Tverdye bytovyye otkhody. Otrasleyvyye vedomosti* [Solid domestic waste. Industry statements]. Moscow, 2012, no 8, 34 p.
5. Dorogov D.S. *Perspektivnyye napravleniya obsluzhivaniya transportnykh sistem sbora, dostavki i ispol'zovaniya studentami kommunal'nykh otkhodov Fundamental'nyye i prikladnyye issledovaniya molodykh uchonykh: sbornik nauchnykh trudov II mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, aspirantov i molodykh uchonykh* [Perspective directions of transport service of the system of collection, delivery and disposal of municipal solid waste / Fundamental and applied research of young scientists: a collection of scientific papers of the II International scientific and practical conference of students, graduate students and young scientists]. М., 2018, pp. 280-283.

6. Levkin, G.G. *Osnovy logistiki: uchebnik* [Fundamentals of Logistics: Tutorial] / Levkin, G.G., Popovich A.M. (ed.). M., 2015. 387 p.
7. Mochalin S.M., K.B. Belozerova *Primeneniye printsipa logistiki v organizatsii dostavki gruzov / Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin* [Application of the principles of logistics in the organization of delivery of goods / World of transport and technological machines]. M., 2010, no 1, pp. 55-58.
8. Mochalin S.M., Zarudnev D.I. *Issledovaniye vliyaniya gruzopod'yemnosti podvizhnogo sostava na ekonomicheskiye pokazateli avtomobil'nykh perevozok* [Study of the influence of the carrying capacity of rolling stock on the economic indicators of road transport]. M., 2009, no 1, pp. 67-74.
9. Mochalin S.M., Zarudnev D.I. *Analiz problemy vybora podvizhnogo sostava v transportnoy logistike* [Analysis of the problem of choice of rolling stock in transport logistics]. M., 2008, no 1, pp. 66-69.
10. Mubarakshina F.D., Guseva A.A. *Sovremennyye problemy i tekhnologii pererabotki musora v Rossii i za rubezhom* [Modern problems and technologies of waste processing in Russia and abroad]. M., 2011, no 4, pp. 91-98.
11. Plotnikov A.A., Nikolaev A.S. *Avtomatizatsiya otslezhivaniya urovnya otkhodov v musornykh konteynerakh* [Automation of monitoring the level of waste in garbage containers]. M., 2019, no 10, pp. 21-23.
12. Plokhikh U.V. *Promezhtochnyye itogi perekhoda na novuyu sistemu obrashcheniya s tverdokommunal'nymi otkhodami / Aktual'nyye trendy v ekonomike i finansakh: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Intermediate results of the transition to a new system of solid municipal waste management / Actual trends in economics and finance: materials of the International Scientific and Practical Conference]. M., 2019, pp. 80-83.
13. Solovyov A.U. *O razrabotke programmno-apparatnogo kompleksa kontrolya bytovykh otkhodov v zhilykh rayonakh* [On the development of a software and hardware complex for the control of household waste in residential areas]. M., 2019, no 7, pp. 108-113.

14. Shubov L.Y., Doronkina I.G., Borisova O.N. *Problema tverdykh bytovykh otkhodov – global'naya problema 21 veka* [The problem of municipal solid waste is a global problem of the 21st century]. М., 2011, no 1, pp. 258-263.
15. Kofman A., Henri-Labradère A. *Methods and models of operations research. Integer programming*. М.: Mir, 1977. 432 p

ДАнные ОБ АВТОРАХ

Кухарев Егор Александрович, аспирант

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет

пр-кт. Мира, 5 г. Омск, Омская область, 644080, Российская Федерация

egortang95@mail.ru

Мочалин Сергей Михайлович, профессор кафедры «Экономика, логистика и управление качеством», профессор кафедры «Организация перевозок и безопасность движения», доктор технических наук

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет

пр-кт. Мира, 5 г. Омск, Омская область, 644080, Российская Федерация

mochalin_sm@mail.ru

Заруднев Дмитрий Иванович, доцент кафедры «Экономика, логистика и управление качеством», кандидат технических наук

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет

пр-кт. Мира, 5 г. Омск, Омская область, 644080, Российская Федерация

kowalski@mail.ru

DATA ABOUT THE AUTHORS**Egor A. Kuharev**, Graduate student

Siberian State Automobile and Road University
5, Mira Str., Omsk, Omsk region, 644080, Russian Federation
egortang95@mail.ru
SPIN-code: 1896-0793
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4897-0674>
ResearcherID: 2914640

Sergey M. Mochalin, Professor of the department «Economics, logistics and quality management», professor of the department «Organization of transportation and traffic safety», deputy director of the institute «Motor transport, oil and gas and construction equipment» for scientific activities, leading researcher, doctor of technical sciences

Siberian State Automobile and Road University
5, Mira Str., Omsk, Omsk region, 644080, Russian Federation
mochalin_sm@mail.ru

Dmitry I. Zarudnev, Associate Professor of the Department «Economics, Logistics and Quality Management», Candidate of Technical Sciences

Siberian State Automobile and Road University
5, Mira Str., Omsk, Omsk region, 644080, Russian Federation
kowalski@mail.ru

Поступила 22.06.2023

После рецензирования 30.06.2023

Принята 17.07.2023

Received 22.06.2023

Revised 30.06.2023

Accepted 17.07.2023