

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2021, №2 Том 8 / 2021, No 2, Vol 8 <https://resources.today/issue-2-2021.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/04ECOR221.pdf>

DOI: 10.15862/04ECOR221 (<https://doi.org/10.15862/04ECOR221>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Гладун И.В., Черенцова А.А., Жунсу Ли Образование муниципальных отходов в провинции Хэйлунцзян (КНР) в 2010–2018 гг.: влияние урбанизации и уровня благосостояния населения // Интернет-журнал «Отходы и ресурсы», 2021 №2, <https://resources.today/PDF/04ECOR221.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/04ECOR221

For citation:

Gladun I.V., Cherentcova A.A., Zhunsu Li (2021). Municipal waste generation in Heilongjiang Province (People's Republic of China) in 2010–2018: the impact of urbanization and the level of well-being of the population. *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*, [online] 2(8). Available at: <https://resources.today/PDF/04ECOR221.pdf> (in Russian) DOI: 10.15862/04ECOR221

Гладун Игорь Владимирович

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, Россия
Доцент кафедры «Экология, ресурсопользование и безопасность жизнедеятельности»
Кандидат биологических наук
E-mail: 006209@pnu.edu.ru

Черенцова Анна Александровна

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, Россия
Доцент кафедры «Экология, ресурсопользование и безопасность жизнедеятельности»
Кандидат биологических наук
E-mail: anna_cherencova@mail.ru

Жунсу Ли

ФГБОУ ВО «Тихоокеанский государственный университет», Хабаровск, Россия
Магистрант 1-ого курса кафедры «Экология, ресурсопользование и безопасность жизнедеятельности»
E-mail: 2015104938@pnu.edu.ru

Образование муниципальных отходов в провинции Хэйлунцзян (КНР) в 2010–2018 гг.: влияние урбанизации и уровня благосостояния населения

Аннотация. В работе авторами рассмотрены концептуальные вопросы создания эффективной региональной модели управления твердыми коммунальными отходами в провинции Хэйлунцзян (КНР). В статье проведено обоснование принципов и определение условий реализации интегрированной системы управления твердыми коммунальными отходами в провинции Хэйлунцзян, основанной на формировании системы организованного рециклинга посредством развития территориальных производственных кластеров. Авторами выполнен анализ изменения скорости генерации твердых коммунальных отходов с 2010 по 2018 гг., влияния на величину генерации уровня благосостояния и численности населения. В работе показано, что величина генерации твердых коммунальных отходов на душу населения имела максимальное значение в 2010–2011 гг. — 204,1–207,8 кг/год, но к 2018 г. уменьшилась до 139,1 кг. Снижение интенсивности образования твердых коммунальных отходов наблюдалось на фоне роста ВРП: исследования не подтвердили связь между образованием отходов и повышением благосостояния жителей. Корреляционный анализ зависимости между общей численностью населения и образованием твердых коммунальных отходов выявил

среднюю прямую связь. Авторами выполнен прогноз образования твердых коммунальных отходов в провинции и кластере «промышленный коридор Харбин». Отмечается целесообразность создания кластера по обращению с твердыми коммунальными отходами на территории «промышленного коридора Харбин». Основная проблема, решение которой необходимо обосновать в региональной концепции управления твердыми коммунальными отходами — сегрегированный сбор органической фракции муниципальных отходов, которая в обозримом будущем будет составлять более 50 % от общего потока отходов. Оптимизация пространственно-логистической схемы размещения объектов инфраструктуры в провинции Хэйлунцзян позволит достигнуть устойчивого функционирования системы и приведет к существенному повышению степени использования ресурсного потенциала твердых коммунальных отходов.

Ключевые слова: твердые коммунальные отходы; валовый региональный продукт; численность населения; региональная система управления отходами; провинция Хэйлунцзян; Китайская Народная Республика

В КНР, как и в многих развивающихся странах мира, остро стоит проблема создания интегрированной системы управления муниципальными отходами, поскольку по сравнению с развитыми странами, такими как Германия, Швеция, Япония и США, система управления все еще находится в зачаточном состоянии: соотношение образования твердых коммунальных отходов и количественных характеристик их обработки, утилизации, обезвреживания и захоронения не соответствует целям устойчивого развития страны¹. Для оценки перспективного объема образования твердых коммунальных отходов (ТКО), необходимого для расчета баланса количественных характеристик системы и планирования оптимальной территориальной схемы расположения объектов обращения с отходами, используют прогнозы роста численности населения и величины его благосостояния. Уровень образования ТКО на душу населения, как правило, увеличивается с ростом благосостояния [1], хотя в наиболее богатых странах мира наблюдается обратная тенденция, обусловленная успешным функционированием интегрированной системы управления отходами [2].

Согласно информации Национального бюро статистики КНР, в стране ежегодно образуется около 200 млн т ТКО². По оценкам Всемирного банка, к 2030 году общий объем годового образования ТКО в Китае превысит 480 млн т [1; 3]. Тремя ключевыми факторами, приводящими к значительному увеличению генерации ТКО, являются — урбанизация, взрывной рост населения и повышение уровня его благосостояния [3; 4]. Урбанизация стимулирует рост образования ТКО вследствие того, что городские жители, независимо от уровня дохода на домохозяйство, производят больше отходов, чем сельские [1; 4]. По прогнозным оценкам в городах большинства развивающихся стран генерация ТКО вырастет на 50 % в период с 2011 по 2025 гг., благодаря повышению уровня жизни населения [5; 6]. Городское население КНР составляло в 1981 г. 144 млн человек, в 2014 году достигло 749,16 млн человек (рост с 20,16 до 54,77 % от общей численности населения), а в 2015 году уже 56,1 % граждан КНР были жителями городов [3; 5].

¹ China's National Plan on Implementation of the 2030. Agenda for Sustainable Development. — September 2016. — URL: https://www.fmprc.gov.cn/mfa_eng/zxxx_662805/W020161014332600482185.pdf (дата обращения: 17.05.2021).

² National Bureau of Statistics of People's Republic of China. China Statistical Yearbook. — 2018. — URL <http://www.stats.gov.cn> (дата обращения: 17.05.2021).

Между ростом благосостояния населения КНР, измеряемым величиной валового внутреннего продукта на душу населения, и генерацией ТКО прослеживается прямая связь [1; 7]. Но вследствие неоднородности регионов Китая (в состав КНР входят 23 провинции, 5 автономных национальных районов и 4 муниципалитета — г. Пекин, г. Тяньцзинь, г. Шанхай, г. Чунцин, подчиняющиеся центральному правительству) по уровню социально-экономического развития, природно-климатическим факторам (влияющим на влажность ТКО), плотности населения, культурным особенностям (пищевым предпочтениям и привычкам) — объемы генерации ТКО и их морфологический состав имеют значительные региональные различия [5; 8–10]. Региональные различия определяют территориальную схему расположения объектов обращения с отходами в провинции. При проектировании интегрированной системы управления ТКО на уровне провинции КНР исходят из концепция комплексности решения: организация раздельной системы сбора вторичных материальных ресурсов (ВМР) и развития сети пунктов сбора вторичного сырья; внедрение наилучших доступных технологий ресурсосбережения и минимизации образования отходов в сфере услуг и общественного питания; расширение региональной сети предприятий по выпуску продукции из ВМР. Комплексный подход обеспечит баланс количественных характеристик образования, обработки, утилизации, обезвреживания, размещения ТКО. Исходными данными для проектирования региональной системы управления отходами являются: информация о фактическом и прогнозируемом объеме образования ТКО, данные об их компонентном составе [11]. Поэтому, для оптимизации процесса управления обращением с ТКО в Китае необходимо проводить больше исследований, целью которых является концептуальное обоснование организации интегрированной системы обращения с ТКО на провинциальном уровне. Создание интегрированной региональной системы управления отходами позволит обеспечить гибкость в использовании административных и экономических методов стимулирования сегрегированного сбора и переработки отдельных фракций ТКО, различающихся по процентному содержанию между провинциями Китая. Этому также способствуют институциональные преобразования и нормативные изменения, реализуемые правительством КНР в рамках «Закона о циркулярной экономике» и новой редакции «Закона о предотвращении и контроле загрязнения окружающей среды твердыми отходами»: стратегия создания экономики замкнутого цикла, совершенствование административно-правовых методов управления муниципальными отходами, предотвращения их вредного воздействия на здоровье человека и окружающую среду, а также вовлечения отходов в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья [12; 13].

В рамках проведенного исследования концептуальные вопросы создания эффективной региональной модели управления ТКО рассмотрены на примере провинции Хэйлуцзян — одного из крупных административно-территориальных образований КНР, характеризующегося специфическими природно-климатическими условиями, значительной площадью территории, неравномерностью расселения жителей, кластерным подходом экономического развития, что чрезвычайно осложняет проблему управления отходами на уровне провинции.

Целью проведенного исследования являлся анализ изменения скорости генерации ТКО в провинции Хэйлуцзян с 2010 по 2018 гг., и влияния на величину генерации уровня благосостояния и численности населения. В рамках исследования был выполнен прогноз изменения объемов образования ТКО; разработаны предложения реформирования территориальной схемы расположения объектов обращения с ТКО на основе кластерного подхода, что позволит минимизировать негативные экологические последствия за счет вовлечения отходов в хозяйственный оборот в качестве вторичных ресурсов для развивающегося территориально-производственного комплекса «промышленный коридор Харбин».

Научная новизна полученных результатов заключается в обосновании принципов и определении условий реализации интегрированной системы управления ТКО в провинции Хэйлуцзян, основанной на формировании системы организованного рециклинга посредством развития территориальных производственных кластеров.

Методика исследования

Теоретической и методической основой работы послужили результаты исследований китайских и зарубежных авторов по вопросам создания систем управления отходами на межмуниципальном уровне, а также методологические принципы формирования схем обращения с ТКО в регионах, характеризующихся наличием кластерной модели социально-экономического развития и слабо развитой инфраструктуры обращения с ТКО.

В качестве метода исследования использован эконометрический и корреляционный анализы. Информационную базу исследования составили данные государственной статистики КНР (<http://www.stats.gov.cn/english/statisticaldata/annualdata/>), статистический ежегодник городского и сельского строительства Китая³. Интенсивность антропогенного давления на окружающую среду оценивали по показателям генерации ТКО на 1 человека и на единицу валового регионального продукта (ВРП, в текущих ценах, юань)⁴: эти показатели позволяют проводить сопоставления между провинциями КНР по уровню безопасности среды обитания и оценивать степень влияния государственной экологической политики на показатели экологической устойчивости⁵.

Провинция Хэйлуцзян — это самая северо-восточная по расположению провинция в Китае, входит в географический район Китая «Дунбэй». Север и восток провинции граничат с Россией, длина границы составляет 3045 км. Площадь территории 454 тыс. км² — 4,7 % территории КНР. В провинции 13 городов — 12 провинциального подчинения и 1 административного управления, 66 уездов (городов), 1211 волостей (городков), 14488 деревень (сел) (рис. 1). Общая численность населения провинции в 2018 г. составляла около 37,731 млн человек. Округа провинции существенно различаются по уровню экономического и социального развития, отраслевой структуре народного хозяйства — основными отраслями в провинции является сельское хозяйство и переработка сельскохозяйственной продукции, добыча и переработка полезных ископаемых, транспорт, логистика и туризм [14; 15].

Территориальная политика провинции предусматривает приоритетное развитие крупного территориально-производственного комплекса — промышленного кластера, включающего города Харбин, Дацин и Цицикар («промышленный коридор Харбин»). В 2018 году общая численность населения кластера составила 8,03 млн человек (21,04 % от общей численности провинции), вклад кластера в ВРП провинции составил 49 % [15].

³ Статистический ежегодник КНР. — URL: <http://www.mohurd.gov.cn/xytj/tjzljxsxytjgb/jstjnj/> (дата обращения: 30.11.2020).

⁴ Eco-efficiency indicators: measuring resource-use efficiency and the impact of economic activities on the environment. — United Nations. — 2009. — URL: <https://sustainabledevelopment.un.org/index.php?page=view&type=400&nr=785&menu=1515> (дата обращения: 30.10.2020); Indicators to measure decoupling of environmental pressure from economic growth. — URL: [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&ote=sg/sd\(2002\)1/final](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?doclanguage=en&ote=sg/sd(2002)1/final) (дата обращения: 30.10.2020).

⁵ Цели устойчивого развития ООН — ЦУР 11 и ЦУР 12. — URL: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals> (дата обращения: 30.11.2020).



1 — Харбин; 2 — Цицикар; 3 — Муданьцзян; 4 — Цзямусы; 5 — Дацин; 6 — Цзиси; 7 — Шуняньшань; 8 — Ичунь; 9 — Цитайхе; 10 — Хэган; 11 — Хэйхэ; 12 — Суйхуа; 13 — Дасиньаньлин

Рисунок 1. Административно-территориальное деление провинции Хэйлуцзян (<https://www.zhongguolu.com/heilongjiang/>)

С точки зрения устойчивости развития регион находится на переходном этапе — идет процесс формирования структуры хозяйства, адекватной рыночной экономики, на основе формирующейся новой региональной политики, целью которой является развитие территорий опережающего развития, укрепление экономической самостоятельности и развитие наукоемких отраслей.

В 2018 г. ВРП провинции Хэйлуцзян достиг 1636,1 млрд юаней (табл. 1), что в текущих ценах на 2,8 % больше предыдущего года. Рост ВРП провинции с 2010 по 2018 гг. составил 57 %. Показатель ВРП провинции на душу населения достиг в 2018 г. 43,274 тыс. юаней (годовой прирост — 3,1 %), что равняется 6491,1 долларам США и сопоставимо с уровнем жизни в Республике Албания. Согласно данным Евростата в 2014 г. в Албании образовалось 1,228884 млн т ТКО при численности населения 2,896307 млн чел. (424,3 кг ТКО на 1 чел.)⁶, в провинции Хэйлуцзян образование отходов составило 5,5338 млн т отходов при численности 38,33 млн чел. (144,4 кг ТКО на 1 чел.).

Показатель «годовая величина генерации ТКО на 1 чел.» является базовым для формирования территориальной схемы обращения с отходами: он позволяет прогнозировать максимально возможное (экономически обоснованное) извлечение вторичных материальных ресурсов и определять основные направления их использования. В России при обосновании комплексной системы обращения с ТКО исходили из показателя — 400 кг ТКО на 1 человека в год⁷, а в Республике Беларусь — из диапазона 320–380 кг/год⁸. Согласно оценкам Всемирного

⁶ Eurostat Waste database municipal waste. — URL: <https://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do> (дата обращения: 30.10.2020).

⁷ Комплексная стратегия обращения с твердыми коммунальными (бытовыми) отходами в Российской Федерации (утв. приказом Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 14 августа 2013 г. № 298). — URL: <https://standartgost.ru/g/pkey-14293778659> (дата обращения: 30.10.2020).

⁸ Национальная стратегия Республики Беларусь по обращению с твердыми коммунальными отходами и вторичными материальными ресурсами на период до 2035 года: постановление Совета министров Республики Беларусь от 28 июля 2017 г. № 567. — URL: <http://www.mjcx.gov.by/vtorichnye-mat-resursy/item/481-natsionalnaya-strategiya> (дата обращения: 30.10.2020).

банка в развитых странах Европейского Союза генерация ТКО составляет в среднем 538 кг на чел. (в Германии — 633 кг, в Румынии — 272 кг) [1; 16]. В провинции Хэйлуцзян величина генерации ТКО на душу населения имела максимальное значение в 2010–2011 гг. — 204,1–207,8 кг/год (табл. 1). Впоследствии она уменьшилась до 139,1 кг в 2018 г., среднее значение за изученный период составило 162 кг/год (или 0,444 кг/сут. год). Возможное объяснение уменьшения объемов генерации ТКО в провинции Хэйлуцзян заключается в высоком уровне неформальной сортировки отходов: согласно оценкам в официальной системе сбора и сортировки муниципальных отходов КНР задействовано 1,3 млн чел., а в неформальном секторе — 2,5 млн чел. [3]. Работники неформального сектора извлекают компоненты ТКО, являющиеся вторичными материальными ресурсами (металл, стеклотару, ПЭТ-бутылки, макулатуру), с целью их продажи, тем самым уменьшая объемы отходов, регистрируемые официальной системой сбора и транспортирования ТКО (специализированными компаниями, занимающимися санитарной очисткой населенных пунктов) [7; 10; 17–18].

Таблица 1

Численность населения, валовый региональный продукт, генерация твердых коммунальных отходов в провинции Хэйлуцзян

Год	Общая численность населения, млн чел.	ВРП, млрд CNY	Сбор и транспортировка (образование) ТКО, т	ВРП на душу населения (CNY)	Образование ТКО, кг/год на 1 чел.	Образование ТКО, кг/сут. на 1 чел.
2010	38,334	1044,2	7823500	27266	204,0878	0,559145
2011	38,340	1266,0	7966400	33024	207,783	0,569268
2012	38,340	1377,8	7100100	35938	185,1878	0,507364
2013	38,350	1454,6	5811500	37935	151,5385	0,415174
2014	38,330	1513,2	5533800	39468	144,3726	0,395541
2015	38,120	1517,4	5230100	39699	137,2009	0,375893
2016	37,992	1538,6	5419400	40432	142,6458	0,39081
2017	37,887	1590,2	5532300	41916	146,0211	0,400058
2018	37,731	1636,1	5249300	43274	139,1243	0,381163

Составлено/разработано автором

В таблице 2 представлены литературные данные о величинах образования ТКО в различных странах Азии и мира. Как видно, средняя величина удельного образования ТКО в провинции Хэйлуцзян значительно ниже, чем в других регионах и крупных городах Китая. В исследованиях образования ТКО на уровне КНР, проведенных в 2012–2014 гг., было показано [5; 19], что удельное образование муниципальных отходов составляет 0,65–0,653 кг/сут. чел. Согласно данным, полученными нами (табл. 1), образование ТКО в провинции Хэйлуцзян в 2010–2011 гг. было на уровне 0,56–0,57 кг/сут. чел., что было сопоставимо с общекитайским уровнем удельной генерации. В исследованиях [8], проведенных на ближайшем (соседнем по географическому расположению и уровню социально-экономического развития) регионе — автономном районе Внутренняя Монголия, была показана величина образования ТКО 0,79–0,83 кг/сут. чел. Авторы исследования отмечали следующую закономерность генерации ТКО — в крупных городах она была ближе к верхней границе интервала, в средних и малых населенных пунктах — ближе к нижней границе. В экономически более богатых городах КНР показатель образования ТКО был существенно выше: в г. Пекин на душу населения — 0,85 кг/сутки [20; 21], в г. Ханчжоу — 0,92 кг/сутки [22; 23], в г. Шанхае — 1,11 кг/сутки [24; 25].

Связь между годовым удельным образованием ТКО и уровнем благосостояния населения провинции Хэйлуцзян (ВРП на душу населения пересчитана из CNY в \$ по текущему курсу) представлена на рисунке 2: с увеличением доходов жителей генерация

отходов уменьшалась. Отметим, что согласно данным Всемирного Банка [1, рис. 2.3], по состоянию на 2016 г. в странах с низким доходом населения образование ТКО составляло 0,43 кг/сут. на 1 чел., с средним доходом — 0,61–0,69 кг/сут. на 1 чел.

Таблица 2
Генерация ТКО на 1 жителя в различных странах (городах) Азии и США

Страна, регион, город	Образование ТКО, кг/сут. на 1 чел.	Литературный источник
Провинция Хэйлуцзян, среднее значение за 2010–2018 гг.	0,44	Собственные исследования
Китай (2012 г.)	0,653	[5; 19]
Китай (2014 г.)	0,65	[5]
Китай (2016 г.)	0,43	
г. Пекин (город центрального подчинения)	0,85	[20; 21]
г. Ханчжоу (провинция Чжэцзян)	0,92	[22; 23]
г. Шанхай (город центрального подчинения)	1,11	[24; 25]
Внутренняя Монголия (автономный район) (2008)	0,79–0,83	[8]
г. Далянь (провинция Ляонин)	0,5–0,8	[10]
Гонконг (Специальный административный район КНР)	1,33–2,14	[1; 26]
Вьетнам	0,33–0,6	[1; 27]
Тайвань	0,8–0,91	[1; 28]
г. Астана (Республика Казахстан)	1,39–1,47	[6; 29]
Куала-Лумпуре (Малайзия)	1,62	[30; 31]
США	2,03–2,21	[1; 32]

Составлено/разработано автором

На рисунке 3 показана интенсивность образования ТКО — отношение годового прироста образования отходов (в % от 2010 г.) к приросту ВРП провинции Хэйлуцзян (в % от 2010 г.). Как видно, в 2013 и 2015 годах в провинции наблюдалось снижение интенсивности образования ТКО на фоне роста ВРП. Линия тренда показывает тенденцию к увеличению показателя, но линейная аппроксимация дала низкую достоверность — прогноз на повышение образования ТКО на фоне роста ВРП неточный. Корреляционный анализ зависимости между ВРП на душу населения и образованием ТКО (кг/сут. на 1 чел.) выявил сильную обратную связь (коэффициент корреляции равен минус 0,898). Следовательно, панельные исследования в провинции Хэйлуцзян не подтвердили тенденцию роста ТКО с повышением благосостояния жителей.

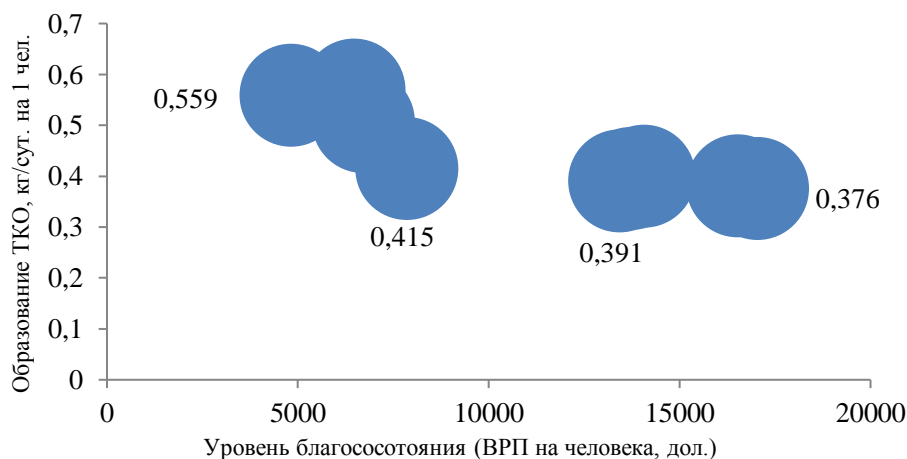


Рисунок 2. Образование отходов и валовый внутренний продукт провинции Хэйлуцзян (круг на рисунке обозначает удельное годовое образование ТКО на 1 чел./сут. в изучаемый период с 2010 по 2018 гг.) (составлено/разработано автором)

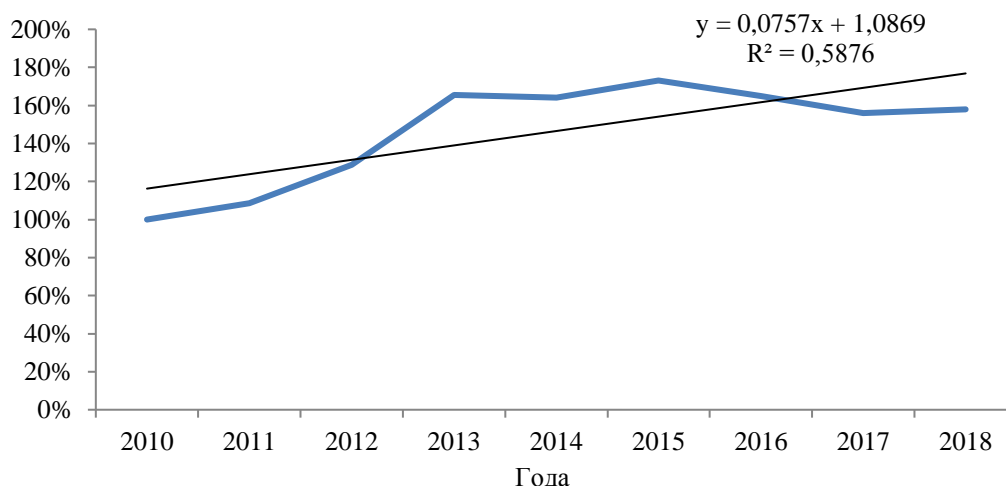


Рисунок 3. Изменение интенсивности образования ТКО провинции Хэйлуцзян в 2010–2018 гг. (отношение годового прироста образования отходов в % от 2010 г. к приросту ВРП провинции в % от 2010 г.) (составлено/разработано автором)

Общепринятая точка зрения на связь между уровнем социально-экономического развития региона (страны) и генерацией ТКО изложена в [1]: экономическое развитие территории приводит к взрывному росту генерации ТКО. Но в КНР и ряде других развивающихся стран исследователи не всегда обнаруживают зависимость между ростом благосостояния населения и образованием ТКО, что, по-видимому, обусловлено наличием неформальной системы сбора и сортировки отдельных компонентов ТКО, являющихся вторичными ресурсами. Вследствие этого, формальная система обращения с ТКО фиксирует в учетных документах и показывает в годовой статистической отчетности меньшие объемы вывоза и обработки муниципальных отходов. Так, например, исследование, выполненное в автономном районе Внутренняя Монголия, показало, что с 2004 по 2008 год ВРП не существенно коррелировало с образованием ТКО [8]. М. Мian с соавт. [5], анализируя изменение удельной генерации ТКО в КНР, отмечали, что в 2001–2002 гг. величина душевого образования муниципальных отходов достигла максимального значения с 1981 года – 1,03–1,06 кг чел./сут., но в дальнейшем показатель уменьшался, достигнув в 2013–2014 гг. значения 0,65 кг чел./сут., при этом величина ВВП возросла в 6 раз (с 110,27 до 636,14 млрд юаней). Авторы объяснили этот феномен успехами в реализации государственной экологической политики, направленной на создание интегрированной системы управления ТКО в стране.

Согласно статистическим данным в период с 2010 по 2018 гг. население провинции Хэйлуцзяна сократилось с 38,334 млн чел. до 37,731 млн чел. (уменьшение на 1,6 % — итог реализации государственной политики «одна семья — один ребенок»): численность росла до 2013 года, после наблюдалось снижение количества населения, со среднегодовыми отрицательными темпами роста 0,3 %. Данные рисунка 4 свидетельствуют, что после 2014 г. наблюдалось снижение интенсивности образования ТКО в провинции Хэйлуцзян на фоне уменьшения численности населения. Линия тренда показывает тенденцию к снижению показателя, но линейная аппроксимация дала низкую достоверность — прогноз на снижение интенсивности образования ТКО в провинции на фоне уменьшения численности населения неточный. Корреляционный анализ зависимости между общей численностью населения и образованием ТКО (кг/сут. на 1 чел.) выявил среднюю прямую связь (коэффициент корреляции равен 0,628).

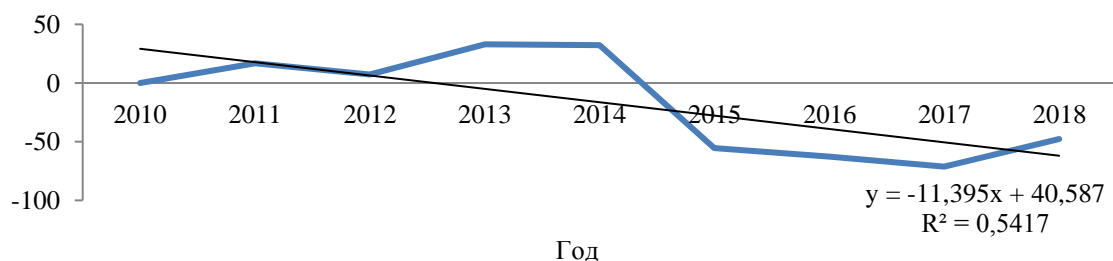


Рисунок 4. Изменение интенсивности образования ТКО провинции Хэйлуцзян в 2010–2018 гг. на 1 жителя (отношение годового прироста образования отходов в % от 2010 г. к приросту численности населения провинции в % от 2010 г.) (составлено/разработано автором)

Выполнен прогноз образования ТКО в провинции Хэйлуцзян по формуле Всемирного банка [1, рис. В 2.1.1]: (образование отходов на душу населения = $1647,41 - 419,73 \ln(\text{ВРП на душу населения}) + 29,43 \ln(\text{ВРП на душу населения})$). Полученный результат свидетельствует, что в 2018 году расчетное образование ТКО должно составлять 490,96 кг чел./год или 1,34 кг чел./сут. Прогнозное значение удельной генерации ТКО превышает фактическое (фиксируемое в формах государственной статистики КНР) в 2,5 раза. Известно, что прогнозные значения образования муниципальных отходов в КНР, и в других странах Восточной Азии, дает несколько завышенные значения, поскольку в компонентном составе ТКО на долю органических отходов приходится в среднем от 55,86 до 60,2 % [4; 5], а сельские жители эту фракцию используют на корм домашней птице или скотине, что приводит к снижению статистических показателей вывоза ТКО из населенного пункта. Но за последние 55 лет общемировая доля сельского населения демонстрирует тенденцию к постоянному снижению (в среднем на 42,2 %) [33]. Протекающий в Китае процесс увеличения доли городского населения и популяризации городского образа жизни приведет к снижению количества птицы и скота в личных подсобных хозяйствах, и, с одной стороны увеличит показатели генерации ТКО, а с другой — выдвинет на первый план задачу создания отдельной подсистемы сбора и утилизации органических (пищевых) отходов. Если принять среднее содержание органической фракции ТКО за 58 % [4; 5], то в провинции Хэйлуцзян образование этих отходов согласно государственной статистике в 2018 г. составило 3,04 млн т.

Официальные статистические данные свидетельствуют, что большинство целей экономического развития провинции Хэйлуцзян на протяжении выполнения последних пятилетних планов было достигнуто: среднедушевой ВРП вырос (табл. 1), осуществляются широкомасштабные капиталовложения в создание промышленных полюсов опережающего развития [14; 15]. Устойчивость социально-экономического развития повышается при формировании в регионе точек роста (кластерных образований), которые способствуют повышению конкурентоспособности хозяйствующих субъектов, увеличению емкости рынка, ускорению внедрения инноваций. Но интенсификация хозяйственной деятельности, сопровождается увеличением техногенной нагрузки на окружающую среду, ослабляет способность экосистем к восстановлению, являющуюся одним из значимых факторов устойчивого развития. Целью государственной политики КНР в сфере обеспечения экологической безопасности является предотвращение вредного воздействия ТКО на здоровье человека и окружающую среду, а также вовлечение компонентов, содержащихся в отходах (органика, металлолом, бумага, стеклянная и пластиковая тара, текстиль, изношенные автомобильные шины и другие), в хозяйственный оборот в качестве дополнительных источников сырья для производства товаров (продукции), выполнения работ, оказания услуг

или для получения энергии⁹. Достижение этой цели обеспечивается созданием эффективной системы управления обращением ТКО, увеличением объема переработки муниципальных отходов. Территориальная схема расположения объектов обращения с ТКО на региональном уровне, как документ стратегического планирования, базируется на государственной экологической программе, разработанной с учетом прогнозов социально-экономического развития региона и состояния окружающей среды. Проектные решения, заложенные в интегрированную систему управления отходами, в свою очередь, служат основой для корректировки генеральных схем санитарной очистки муниципальных образований провинции.

Для создания эффективно работающей территориальной системы управления ТКО на территории провинции Хэйлуцзян необходима предварительная разработка региональной концепции управления отходами, отражающей современные организационные, экологические, экономические и социальные подходы, учитывающей специфические особенности территории и существующее состояние отрасли обращения с отходами. Концепция модели управления ТКО — целостная система представлений о целях, основных направлениях и механизмах решения проблемы обращения с ТКО в рамках социально-экономического развития региона.

Общее количество ТКО в провинции КНР зависит от уровня социально-экономического развития, потребительского поведения, культуры, осведомленности общественности и климата [3–5]. Чем быстрее происходит экономическое развитие провинции, тем выше доля городского населения, что указывает на то, что будет образовываться больше муниципальных отходов, в компонентном составе которых преобладают упаковочные материалы. С конца 1990-х годов из-за увеличения численности городского населения рост образования ТКО превышал темпы роста ВВП. В КНР, несмотря на наличие неформальной системы сбора отходов [3; 17; 18], можно предположить, что по мере достижения правительством республики цели повышения жизненного уровня населения до общества «малого благоденствия» (сяокан) [34], душевое образование ТКО достигнет величины 1,2–1,4 кг/сут. чел., как в соседней Республике Казахстан [6; 29]. Следовательно, при экономическом обосновании концепции интегрированной системы управления отходами в провинции Хэйлуцзян, необходимо в прогнозный расчет генерации ТКО закладывать максимальный показатель образования ТКО на человека — 500 кг в год (Казахстан, Гонког [26; 29]), а минимальный показатель — 320 кг в год (г. Шанхай [24; 25]). При таком подходе прогнозное образование ТКО в провинции Хэйлуцзян, исходя из средней численности населения 38,158222 млн чел., составит от 12,210631 до 19,079111 млн т, что, по крайней мере, на 6,185156 млн т больше величины среднегодового образования, отражаемого в официальной статистической отчетности на настоящий момент (табл. 1). В кластере «промышленный коридор Харбин» при численности населения 8,03 млн человек и удельной генерации 320 кг на 1 человека в год образование ТКО составит 2,57 млн т. Принимая процентное содержание наиболее ценных вторичных материальных ресурсов в ТКО по исследованию Gu В. с соавт. [19], можно прогнозировать годовое образование в кластере 1,57 млн т пищевых отходов, 0,25 млн т отходов пластика и пластмасс, 0,24 млн т отходов бумаги и картона, 0,08 млн т текстильных отходов, 0,05 млн т отходов стекла, 0,03 млн т отходов металлов.

Повышение эффективности процесса управления ТКО в провинции Хэйлуцзян должно проводиться, в первую очередь, с учетом фактора ресурсной ценности материалов, превратившихся в отходы (ресурсосбережения). Анализ современных тенденций в сфере обращения с ТКО убедительно показывает, что только комплексный научный подход позволяет

⁹ China's National Plan on Implementation of the 2030. Agenda for Sustainable Development. — September 2016. — URL: https://www.fmprc.gov.cn/mfa_eng/zxxx_662805/W020161014332600482185.pdf (дата обращения: 17.05.2021).

создать совокупность взаимодополняемых современных технологий для извлечения потенциала вторичного сырья, включая энергетический и биологический. Современная технологическая схема обращения с ТКО в провинции Хэйлунцзян должна строиться на основе применения кластерного подхода к построению системы управления с отходами — формирование системы организованного рециклинга посредством развития территориальных производственных кластеров. Целесообразность создания кластера по обращению с ТКО на территории «промышленного коридора Харбин» обусловлена наличием ресурсной базы и необходимостью развития субъектов малого и среднего предпринимательства, специализирующихся на переработке отдельных компонентов отходов. При формировании кластера «промышленный коридор Харбин» появляется возможность практически полностью замкнуть все стадии цикла обращения с ТКО (начиная от этапа образования и заканчивая конечным захоронением) — что окажет стимулирующий эффект на максимальное извлечение из ТКО ценных вторичных ресурсов и создаст предпосылки к объединению всех звеньев, задействованных в организации обращения с ТКО, в мусороперерабатывающий кластер. Оптимизация пространственно-логистической схемы размещения объектов инфраструктуры в провинции Хэйлунцзян позволит достигнуть устойчивого функционирования системы и приведет к существенному повышению степени использования ресурсного потенциала ТКО. Основная проблема, решение которой необходимо обосновать в региональной концепции управления ТКО — сегрегированный сбор органической фракции муниципальных отходов, которая в обозримом будущем будет составлять более 50 % от общего потока отходов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kaza, S. What a waste 2.0: a global snapshot of solid waste management to 2050 / S. Kaza, L. Yao, P. Bhada-Tata, F. Van Woerden // Washington: International Bank for Reconstruction and Development the World Bank. — 2018. — URL: <http://hdl.handle.net/10986/30317> (дата обращения: 17.05.2021).
2. Hoornweg, D. Peak Waste: When Is It Likely to Occur? / D. Hoornweg, P. Bhada Tata, C. Kennedy // Journal Industrial Ecology. — 2018. — V. 19. — № 1. — P. 117–128.
3. Waste Management in China: Issues and Recommendations World Bank. — 2005. — URL: <http://go.worldbank.org/2H0VMO7ZG0> (дата обращения: 17.05.2021).
4. Zhang, D.Q. Municipal solid waste management in China: Status, problems and challenges / D.Q. Zhang, S.K. Tan, R.M. Gersberg // Journal of Environmental Management. — 2010. — V. 91. — P. 1623–1633.
5. Mian, M.M. Municipal solid waste management in China: a comparative analysis / M.M. Mian, X. Zeng, N.B. Nasry et al. // J. Mater. Cycles Waste Management. — 2017. — V. 19. — P. 1127–1135. — URL: <https://doi.org/10.1007/s10163-016-0509-9> (дата обращения: 17.05.2021).
6. Inglezakis, V. Analysis of current situation in municipal waste management and implementation of decision support software in Astana, Kazakhstan / V. Inglezakis, L. Rojas-Solorzano, J. Kim, K. Moustakas, A.A. Aitbekova, A. Ismailova, G. Shorakyzy, A. Kystauova, A.A. Abirov, N.S. Serikbayev. — 2014. — URL: <http://nur.nu.edu.kz/handle/123456789/878> (дата обращения: 17.05.2021).
7. Chen, X.D. An overview of municipal solid waste management in China / X.D. Chen, Y. Geng, T. Fujita // Waste Management. — 2010. — V. 30(4). — P. 716–724. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2009.10.011> (дата обращения: 17.05.2021).
8. Xue, B. An overview of municipal solid waste management in Inner Mongolia Autonomous Region, China / B. Xue, Y. Geng, W.-X. Ren, Z.-L. Zhang, W.-W. Zhang, C.-Y. Lu, X.-P. Chen // J. Mater. Cycles Waste Management. — 2011. — P. 283–292.

9. Nguyen, K.L.P. Impacts of socioeconomic changes on municipal solid waste characteristics in Taiwan / K.L.P. Nguyen, Y.H. Chuang, H.W. Chen, C.C. Chang // *Resources, Conservation and Recycling*. — 2020. — V. 161(104931). — URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104931> (дата обращения: 17.05.2021).
10. Wang, X. Municipal solid waste management in Dalian: practices and challenges / X. Wang, Y. Geng // *Front. Environ. Sci. Eng.* — 2012. — V. 6(4). — P. 540–548.
11. Kolekar, K.A. A review on prediction of municipal solid waste generation models / K.A. Kolekar, T. Hazra, S.N. Chakrabarty // *Procedia Environmental Sciences*. — 2016. — V. 35. — P. 238–244. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.087> (дата обращения: 17.05.2021).
12. Xue, B. Survey of officials' awareness on circular economy development in China: based on municipal and county level / B. Xue, X.P. Chen, Y. Geng et al. // *Resour. Conserv. Recycl.* — 2010. — V. 54 (12). — P. 1296–1302.
13. McDowall, W. Circular economy policies in China and Europe / W. McDowall, Y. Geng, B. Huang, E. Barteková, R. Bleischwitz, S. Türkeli, R. Kemp and T. Doménech // *Journal of Industrial Ecology*. — 2017. — V. 21. — P. 651–661. — URL: <https://doi.org/10.1111/jiec.12597> (дата обращения: 17.05.2021).
14. Lv, D. Rural economic development based on shift-share analysis in a developing country: A case study in Heilongjiang Province, China / D. Lv, H. Gao, Y. Zhang // *Sustainability*. 2021. — V. 13(4). — P. 1969. — URL: <https://doi.org/10.3390/su13041969> (дата обращения: 30.10.2020).
15. Zhang, Z. Relationship between regional economic development and ecological environment based on spatial data mining / Z. Zhang // *Ekoloji*. — 2019. — V. 28(107). — P. 1617–1625.
16. Pires, A. Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques / A. Pires, G. Martinho, N.B. Chang // *J. Environ. Manag.* — 2011. — 92(4). — P. 1033–1050.
17. Linzner, R. Municipal solid waste recycling and the significance of informal sector in urban China / R. Linzner, S. Salhofer // *Waste Management and Research*. — 2014. — V. 32(9). — P. 896–907.
18. Steuer B., Ramusch R., Part F., Salhofer S. Analysis of the value chain and network structure of informal waste recycling in Beijing, China. *Resources, Conservation and Recycling*. 2017. V. 117. P. 137–150. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.007> (дата обращения: 30.10.2020).
19. Gu, B. Characterization, quantification and management of China's municipal solid waste in spatiotemporal distributions: A review / B. Gu, S. Jiang, H. Wang, Z. Wang, R. Jia, J. Yang, S. He, R. Cheng // *Waste Management*. — 2017. — V. 61. — P. 67–77.
20. Zhen-shan, L. Municipal solid waste management in Beijing City / L. Zhen-shan, Y. Lei, Q. Xiao-Yan, S. Yu-mei // *Waste Management*. — 2009. — V. 29(9). — P. 2596–2599.
21. Lianghu, S. Municipal solid waste management in China. *Municipal Solid Waste Management in Asia and the Pacific Islands: Challenges and Strategic Solutions* / S. Lianghu, H. Sheng, N. Dongjie, C. Xiaoli, N. Yongfeng, Z. Youcai. — 2014. — Springer Singapore. — P. 95–112. — URL: https://www.readcube.com/articles/10.1007%2F978-981-4451-73-4_6 (дата обращения: 30.10.2020).

22. Zhuang, Y. Source separation of household waste: a case study in China / Y. Zhuang, S-W. Wu et al // *Waste Management*. — 2008. — V. 28(10). — P. 2022–2030.
23. Zhao, Y. Life-cycle assessment of the municipal solid waste management system in Hangzhou, China / Y. Zhao, H.T. Wang, W.J. Lu et al. // *Waste Management*. — 2009. — V. 27(4). — P. 399–406.
24. Zhu, M. Municipal solid waste management in Pudong New Area, China. / M. Zhu, H. Fan, M. Xi, A. Rovetta, Q. He, F. Vicentini, B.K. Liu, A. Giusti, Y. Liu // *Waste Management*. — 2009. — V. 29(3). — P. 1227–1233.
25. Lu, H. Sorting out a problem: A co-production approach to household waste management in Shanghai, China. / H. Lu, R. Sidortsov // *Waste Management*. — 2019. — V. 95. — P. 271–277.
26. Zhang, D.Q. Municipal solid waste management in China: Status, problems and challenges / D.Q. Zhang, S.K. Tan, R.M. Gersberg // *Journal of Environmental Management*. — 2010. — V. 91. — P. 1623–1633.
27. Ngoc, U.N. Sustainable solutions for solid waste management in Southeast Asian Countries / U.N. Ngoc, H. Schnitzer // *Waste Management*. — 2009. — V. 29 (6). — P. 1982–1995.
28. Phuong Nguyen, K.L. Impacts of socioeconomic changes on municipal solid waste characteristics in Taiwan / K.L. Phuong Nguyen, Y.H. Chuang, H.W. Chen, C.C. Chang // *Resources, Conservation and Recycling*. — 2020. — V. 161. — 104931. — URL: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104931> (дата обращения: 30.10.2020).
29. Inglezakis, V.J. Municipal solid waste management in Kazakhstan: Astana and Almaty case studies / V.J. Inglezakis, K. Moustakas, G. Khamitovac, D. Tokmurzin, R. Rakhmatulina, B. Serik, Y. Abikak, S.G. Pouloupoulos // *Chemical Engineering Transactions*. — 2017. — 56. — P. 565–570.
30. Saeed, M.O. Assessment of municipal solid waste generation and recyclable materials potential in Kuala Lumpur, Malaysia / M.O. Saeed, M.N. Hassan, M.A. Mujeebu // *Waste Management*. — 2009. — V. 29. — P. 2209–2213.
31. Talip, A.R.A. Malaysian household perception towards recycling and waste generation: A case study at northern region Housing Area. In: Mohamad Noor M., Ahmad B., Ismail M., Hashim H., Abdullah Baharum M. (eds) / A.R.A. Talip, N.Z. Draman, J. Martin, H.B. Ismail, A.C. Hasan, M.H. Jamal // *Proceedings of the Regional Conference on Science, Technology and Social Sciences*. — 2019. — Springer, Singapore. — P. 577–585. — URL: https://doi.org/10.1007/978-981-13-0203-9_53 (дата обращения: 30.10.2020).
32. Pires, A. Solid waste management in European countries: A review of systems analysis techniques / A. Pires, G. Martinho, N.B. Chang // *J. Environ. Manag.* — 2011. — 92(4). — P. 1033–1050.
33. Li, Y. The process of rural transformation in the world and prospects of sustainable development / Y. Li, J. Yan, W.H. Wu, Y. Liu // *Prog. Geo.* — 2018. — V. 37. — P. 627–635.
34. Lietzow, R. Building a «Xiaokang Society» — China’s poverty, peasantry, post-socialism / R. Lietzow. — V. 28. — June 25. — 2019. — URL: <http://www.sirjournal.org/blogs/2019/6/25/building-a-xiaokang-societychinas-poverty-peasantry-post-socialism> (дата обращения: 30.10.2020).

Gladun Igor Vladimirovich

Pacific National University, Khabarovsk, Russia
E-mail: 006209@pnu.edu.ru

Cherentcova Anna Alexandrovna

Pacific National University, Khabarovsk, Russia
E-mail: anna_cherentcova@mail.ru

Zhunsu Li

Pacific National University, Khabarovsk, Russia
E-mail: 2015104938@pnu.edu.ru

Municipal waste generation in Heilongjiang Province (People's Republic of China) in 2010–2018: the impact of urbanization and the level of well-being of the population

Abstract. In this paper, the authors consider the conceptual issues of creating an effective regional model of solid municipal waste management in Heilongjiang Province (China). The article substantiates the principles and defines the conditions for the implementation of an integrated solid municipal waste management system in Heilongjiang Province, based on the formation of an organized recycling system through the development of territorial production clusters. The authors analyzed the changes in the rate of generation of solid municipal waste from 2010 to 2018, the impact on the amount of generation of the level of well-being and population size. The paper shows that the amount of municipal solid waste generation per capita had a maximum value in 2010–2011 — 204.1–207.8 kg/year, but by 2018 it had decreased to 139.1 kg. A decrease in the intensity of solid municipal waste generation was observed against the background of an increase in GRP: studies have not confirmed the link between waste generation and increased well-being of residents. The correlation analysis of the relationship between the total population and the formation of municipal solid waste revealed an average direct relationship. The authors made a forecast of solid municipal waste generation in the province and the Harbin Industrial Corridor cluster. The expediency of creating a cluster for the management of solid municipal waste on the territory of the "Harbin industrial corridor" is noted. The main problem that needs to be justified in the regional concept of solid municipal waste management is the segregated collection of the organic fraction of municipal waste, which in the foreseeable future will account for more than 50 % of the total waste flow. The optimization of the spatial and logistics scheme for the placement of infrastructure facilities in Heilongjiang province will allow achieving the sustainable functioning of the system and will lead to a significant increase in the use of the resource potential of solid municipal waste.

Keywords: municipal solid waste; gross regional product; population; regional waste management system; Heilongjiang Province; People's Republic of China