



УДК 658.567.1

doi:10.23968/2305-3488.2017.20.2.60–78

Дрозд Г. Я.

СТРАТЕГИЯ И ПОТЕНЦИАЛ РАЗВИТИЯ СЕКТОРА ОБРАЩЕНИЯ С ОТХОДАМИ НА ПРИМЕРЕ ЛУГАНЩИНЫ

UDC 658.567.1

doi:10.23968/2305-3488.2017.20.2.60–78

Drozd G. Ya.

STRATEGY AND POTENTIAL OF DEVELOPMENT OF THE WASTE MANAGEMENT SECTOR ON THE EXAMPLE OF THE LUGANSK REGION

Аннотация

Рассмотрена проблема утилизации твердых бытовых и промышленных отходов в промышленном регионе Донбасса. В результате обобщения зарубежного опыта в сфере обращения с отходами и сопоставления с существующими региональными условиями обоснована необходимость и возможность создания специальной отрасли – сектора с обращениями с отходами. Показана потенциальная его эффективность как в экологическом, так и в экономическом аспектах: в сфере бытовых отходов только 30% их объема подлежит захоронению, а оставшаяся часть перерабатывается или в виде вторичных ресурсов стоимостью до 1 млрд рублей возвращается в хозяйственный оборот. В сфере промышленных отходов показана возможность создания шлакощелочной строительной индустрии, основанной исключительно на местных промышленных отходах для производства строительной продукции стоимостью десятки миллиардов рублей.

Abstract

The problem of utilization of hard domestic and industrial wastes is considered in the industrial region of Donbassa. As a result of generalization of foreign experience in the field of handling wastes and comparison with existent regional terms a necessity and possibility of creation of the special industry is grounded are sectors with handlings wastes. His potential efficiency is shown both in ecological and in economic aspects: in the field of domestic wastes only 30% their volume subject a burial place, and remaining part is processed or as the second resources a to 1 milliard of roubles goes a cost back into an economic turn. In the field of industrial wastes possibility of creation of slag is lye of a build industry, based exceptionally on local industrial wastes for the production of build goods the cost of ten of milliards of roubles is shown.

Ключевые слова: твердые бытовые и промышленные отходы, утилизация, экологическая безопасность, вторичное сырье.

Keywords: hard domestic and industrial wastes, utilization, ecological safety, second raw material

Дрозд Геннадий Яковлевич

д.т.н., профессор кафедры «Городское и промышленное строительство» Института строительства, архитектуры и жилищно-коммунального хозяйства Луганского национального университета имени Владимира Даля
91055 г. Луганск, ул. Октябрьская, 4
Тел.: +38 (050) 925–94–18.
Эл. адрес: drozd.g@mail.ru

Drozd Gennadiy Jacob

d.t.s., professor of department «City and industrial building» Institute of building, architecture and housing of communal economy of the Lugansk national university of the name of Vladimir Dalya
91055 Lugansk, Oktyabr'skaya st., 4
Tel.: +38 (050) 925–94–18.
E-mail: drozd.g@mail.ru

Введение

Одной из острейших проблем современности является проблема отходов. Сегодня она как никогда актуальна для возрождающихся в условиях войны самопровозглашенных республик Донбасса – ЛНР и ДНР. На данный момент на территории ЛНР площадью 8350 км² находится более 1,5 млрд тонн промышленных отходов, миллионы тонн привнесенных войной разрушений с ежегодным пополнением сотен тысяч тонн твердых бытовых отходов от 1,5-миллионного населения. Нагрузка по отходам достигает 110 тыс. т/км² (рис.1).

Твердые бытовые отходы (ТБО) размещены в республике на 10 свалках, относящихся к районным центрам и городам, а также на более чем 60 свалках в селах, и занимают общую площадь более 150 га. Самая большая свалка Луганщины – Луганский полигон ТБО занимает особое место в теме экологии региона, т. к. эксплуатируется более 40 лет, что вдвое превышает нормативные сроки. Перед самой войной полигон был рекультивирован, оборудован системой сбора и утилизации свалочного газа, но в результате боевых действий 2014–2015 гг. был разрушен и сейчас по необходимости вынужден принимать на захоронение образующиеся ТБО в виду отсутствия иных мест захоронения. Сложившаяся в регионе экологическая ситуация обусловила незамедлительный поиск цивилизованного и эффективного решения проблемы отходов.

Цель работы – на основе анализа накопленного международного опыта в сфере обращения с отходами обосновать необходимость и эффективность создания специальной отрасли – сектора управления и обращения с отходами, призванной повысить экологические, экономические и социальные аспекты региона.



Рис.1 Карта-схема ЛНР

Обзор и обсуждение зарубежного опыта обращения с отходами

Европейская система обращения с отходами прошла долгий путь. Ее развитие можно представить в виде пяти этапов вертикального движения по лестнице Лансинка (рис.1.а) от самого примитивного – захоронения отходов до наиболее приоритетного – предотвращения их образования [16]. Промежуточные этапы характеризуются совершенствованием экологически безопасной системы обращения с отходами наряду с усложнением технологий и совершенствованием нормативно-правовой базы, а так же с увязкой их эффективности и экономичности. К 2010 году уровень переработки отходов в странах ЕС заметно различался от незначительного, до почти 100% переработки (рис.1,б), что связано как с различными стартовыми условиями и уровнем развития этих стран, так и с национальными требованиями к организации системы обращения с отходами. Для достижения высокого, в сравнении с Украиной, уровня развития системы обращения с отходами, Европе понадобилось около 40 лет. Эволюционный путь развития системы управления отходами на примере передовых стран Европы обобщен в табл. 1.

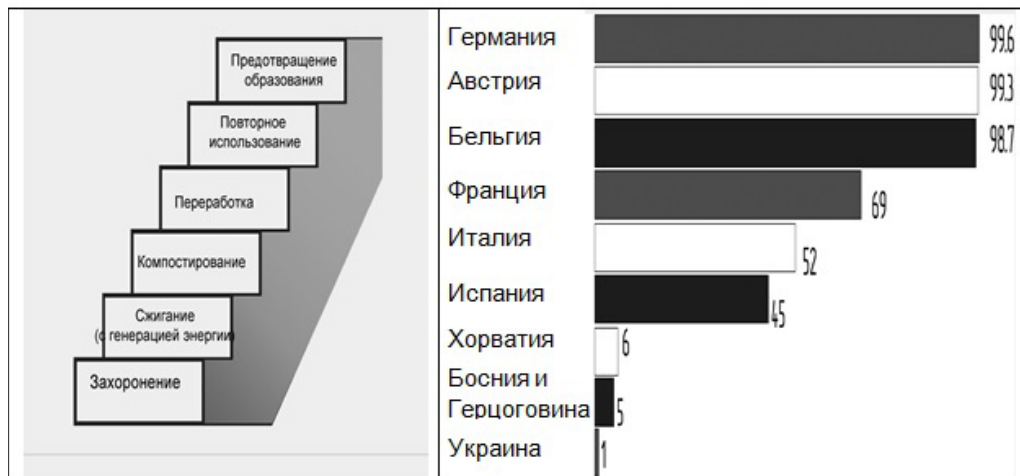


Рис. 2. Основные этапы по обращению с ТБО (а) и уровень переработки отходов, %, в странах Европы (б)

Таблица 1. Эволюция системы управления и обращения с ТБО в Европе

Настоящее время	
Отказ от захоронения неинертных фракций	
Развитие программ предотвращения и минимизации отходов	
– 2003 г.	
Системы сбора свалочного газа	
Мусоросжигание с утилизацией энергии	
Раздельный сбор и глубокая переработка упаковки, электробытовых приборов, ламп, бытовых опасных отходов	
– 1997 г.	
Переработка отходов в энергию	
Раздельный сбор и масштабная глубокая переработка отходов упаковки	
– 1990 г.	
Региональные системы санитарных полигонов	
Мусоросжигание	
Пилотные проекты по сбору и переработке упаковки	
– 1985 г.	
Неконтролируемое захоронение на свалках	



Как следует из таблицы, каждый этап обращения с отходами занимает примерно 5–7 лет. При этом в общем потоке отходов доля их захоронения сокращается, а доля переработки во вторичное сырье или полезный продукт возрастает.

Примеряя на себя опыт стран с различным стажем в ЕС, можно утверждать, что на эволюционном пути можно за довольно короткий срок совершить скачок в уровне развития системы обращения с отходами. Для этого необходимо в первую очередь создать сектор обращения с отходами, координирующий организации, осуществляющие сбор и вывоз мусора с организациями по его переработке и рынок отходов с присущим ему финансово-экономическим, организационно-административным и информационно-культурным обеспечением эффективного управления обращения ТБО [9].

Образование в регионе сектора обращения с отходами позволит решить ряд важнейших задач: улучшить экологическую ситуацию (что следует из снижения объемов отходов), создать целую отрасль с предприятиями и новыми рабочими местами и дать толчок развитию экономики региона. Подтверждением таких ожиданий служит опыт других стран.

Так, в г. Каире (Египет, население 8,1 млн человек, площадь 520 км²), люди, входящие в неформальный сектор, собирают третью часть отходов города (около 1 млн т/год). Только в одном районе города, Москаталия, расположено около 700 предприятий по сбору отходов. В этом процессе участвуют 80 посредников и 228 перерабатывающих производств [8].

В г. Мумбаи (бывший Бомбей, Индия, население 12, 2 млн чел., площадь 620 км²), горожане основали соседские ассоциации, которые отдельно собирают отходы – биоразлагающиеся и неразлагающиеся для компостирования и переработки. В ассоциации используется практика вермикомпостирования органических отходов и сотрудничество со старьевщиками для переработки других отходов. В настоящее время таких ассоциаций насчитывается около 650, они объединяют 300000 человек.

Данная информация интересна тем, что 2,5% населения города без господдержки поддерживает экономику и экологическую безопасность крупнейшего города.

Именно экономические стимулы позволяют гражданам отдельных стран поддерживать экологическую ситуацию крупнейших городов в надлежащем состоянии и иметь доход, позволяющий создать свой бизнес, содержать семью и налогами поддерживать государство.

Сравнивая подход к обращению с отходами передовых европейских и менее развитых стран, можно отметить их основное отличие: у первых присутствует системный инновационный подход с постоянным совершенствованием системы управления и технологий переработки, у вторых – чисто инерционный экстенсивный подход, но в обоих случаях определяющая роль принадлежит рынку отходов. Эффективность этого рынка тесно связана с отраслью (сектором экономики) обращения с отходами.

Экономическая эффективность утилизации ТБО является основой для разработки стратегии создания сектора обращения с отходами.

Представляют интерес данные по эффективности различных способов утилизации ТБО, приведенные харьковскими специалистами (рис. 3) [2].

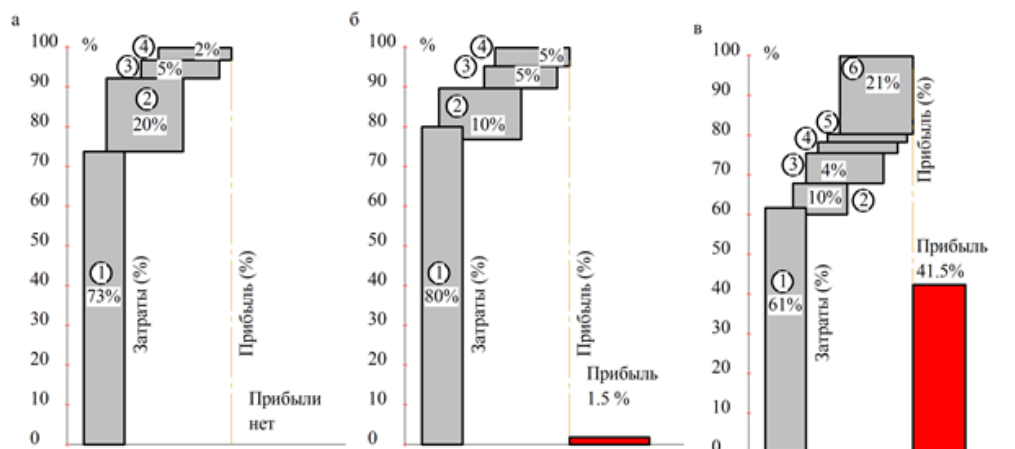


Рис.3 Экономическая эффективность различных способов утилизации ТБО:

а) захоронение на полигоне: 1 – сбор отходов; 2 – транспортировка к месту захоронения; 3 – неучтенные расходы; 4 – захоронение на полигоне.

б) сжигание на мусоросжигательном заводе: 1 – сбор отходов; 2 –транспортировка к месту сжигания; 3 – сжигание ТБО; 4 – неучтенные расходы.

в) переработка на мусороперерабатывающих центрах: 1 – сбор отходов; 2 –транспортировка к месту переработки и захоронения; 3 – неучтенные расходы; 4 – захоронение на полигоне; 5 – сжигание; 6 – переработка.

Приведенные данные свидетельствуют, что применяемый ныне метод полигонного захоронения ТБО, является неприбыльным. Сжигание ТБО на заводах характеризуется незначительной прибыльностью (ввиду малой эффективностью использования тепловой энергии и высокой стоимостью необходимых очистных установок). Третий вариант обращения с ТБО, основанный на сортировке и отборе полезной части отходов и вводе их в хозяйственный оборот в качестве вторичного сырья является наиболее оптимальным в экономическом плане.

Таким образом, аналогично зарубежному опыту, в регионе возможно и необходимо создание в сравнительно короткие сроки специализированной отрасли – сектора по управлению и обращению с отходами: координационного центра, системы сбора, транспортировки, заготовки, переработки и утилизации отходов, с соответствующим законодательным сопровождением и финансовыми обязательствами, подчиненным принципам экологической безопасности и экономической эффективности. Первейшей задачей для этого является информация о физическом объеме отходов.

Инвентаризация отходов ТБО и потенциальные выгоды от их утилизации

Согласно СНиП 2.07.01.89 норма накопления ТБО на 1 жителя составляет 190–225 кг/год или 0,9-1.0 м³/год [12]. В соответствии с приведенными нормами прове-



дена оценка образования ТБО в республике в целом (рис.1).
Ежегодный прирост ТБО по городам и территориям ЛНР приведен в табл. 2.

Таблица 2. Образование ТБО объектами ЛНР

Объект	Наличное население, чел.	Масса отходов, т	Объем отходов, м ³
1 Луганск	440 982	88 200	440 982
2 Красный Луч	120 135	24 020	120 135
3 Алчевск	107 984	21 600	107 984
4 Свердловск	96 074	19 200	96 074
5 Краснодон	101 076	20 200	101 076
6 Стаханов	89 117	17 820	89 117
7 Ровеньки	81 792	16 360	81 792
8 Антрацит	75 895	15 180	75 900
9 Брянка	51 813	10 360	51 813
10 Первомайск	37 706	7 540	37 706
11 Кировск	32 725	6 550	32 725
12 Перевальский р-н	69 116	13 830	69 116
13 Лутугинский р-н	65 470	13 100	65 470
14 Славяносербский р-н	53 465	10 700	53 465
15 Антрацитовский р-н	29 825	5 960	29 825
16 Краснодонский р-н	28 797	5 760	28 797
17 Свердловский р-н	11 610	2 300	11 610
18 Попаснянский р-н	5 927	1 190	5 930
19 Станично-Луганский р-н	2 734	500	2 730
20 Всего по ЛНР	1502143	300270	1503000

Таким образом, годовой прирост ТБО в ЛНР составляет более 1.5 млн м³ по объему или более 300 тыс. т по массе. Что же делать с этим «богатством»? На рис. 4 приведен морфологический состав отходов (ТБО) десятилетней давности в Донбассе.

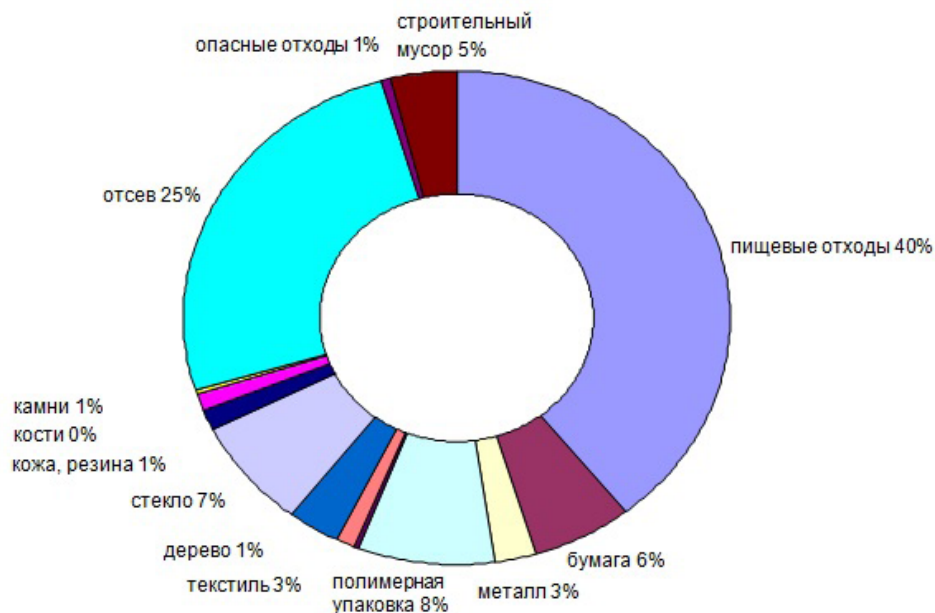


Рис. 4. Усредненный морфологический состав ТБО в крупных городах Донецкой области (2007 г.)

Ориентируясь на усредненный морфологический состав ТБО в крупных городах Донбасса, приведем количественно-видовой состав твердых бытовых отходов (табл.3)

Таблица 3. Усредненный годовой количественно-видовой состав твердых бытовых отходов в ЛНР

Фракция	Содержание, %	Масса, т
Пищевые отходы	40	120000
Бумага	6	18000
Металл	3	9000
Полимерная упаковка, тара	8	24000
Текстиль	3	9000
Дерево	1	3000
Резина, кожа	1	3000
Строительный мусор	5	15000
Опасные отходы	1	3000
Стекло	7	21000
Сор (смет)	25	75000

Необходимо отметить, что приведенные данные приблизительны, т. к. не учтена сезонность и местные особенности образования отходов и их влажность. Тем не менее, порядок величин дает возможность осуществлять оценочные действия.



Весь объем отходов условно разделим на 3 потока, ориентируясь на способ их утилизации:

- 1) относительно инертный мусор – сор + строительный мусор (суммарно 30%);
- 2) органические биоразлагаемые отходы – пищевые (40%);
- 3) вторичные отходы - металл, бумага и т. п. (30%).

Инертный мусор на данном этапе можно отправлять на захоронение.

Для пищевых отходов существует классический опыт утилизации – компостирование с последующим использованием компоста в аграрном секторе. В приведенной выше таблице отсутствуют данные о коммунальных отходах, осадках сточных вод (ОСВ), образующихся на очистных сооружениях канализации при очистке канализационных стоков. Только в Луганске ежегодно на иловых площадках образуется более 10 тыс.т таких осадков, а суммарно по республике – более 30 тыс. т. Повышенное содержание в осадках солей тяжелых металлов ограничивает применение их в качестве удобрений при использовании в сельском хозяйстве. Однако совместное их вермикомпостирование с пищевыми отходами позволяет получать почвогрунты, пригодные для использования в садовом хозяйстве и полеводстве со свойствами, аналогичными компостным смесям (рис.5) [5, 6].



Рис. 5. Компостирование отходов, вермиккультура, вермикомпостирование, биогумус

Эффект снижения опасности от действия тяжелых металлов достигается за счет эффекта разбавления (30 тыс.т ОСВ смешивается с 120 тыс. т пищевых отходов и вермикомпостируется). Вермикультура на 55% снижает негативное действие токсикантов. При этом получают почвогрунт с насыпной плотностью 0,6–0,8 т/м³ общей массой 150 тыс. т, объемом примерно 200 тыс. м³. Предприятие или ряд предприятий по производству компоста или почвогрунта желательнее располагать на предприятиях Водоканала (по опыту КП «Лугансквода»). Для вычленения пищевых отходов из общей массы ТБО необходимо проводить их ручную или механизированную сортировку.

Таблица 2. Стоимость компоста, почвогрунта (опт) (<http://vtorresurs.com.ua>)

п/п	Наименование	Цена за 1м ³ , руб. самовывоз	Цена за 1м ³ , руб. доставка от 100м ³	Цена с доставкой за машину 20 м ³ , руб
1	Почвогрунт (чернозем+компост)	400	990	20000–22000
2	Почвогрунт «садовый» (чернозем+компост+песок)	400	1100	20000–22000
3	Чернозем (100%)	500	1400	25000–28000
4	Компост (перегной)	400	980	20000–22000

Таблица 3. Фасованная продукция (<http://vtorresurs.com.ua>)

п/п	Наименование	Цена за 5 кг самовывоз с площадки, руб.	Цена за 1 мешок (30 кг) самовывоз, руб.
1	Биогумус (вермикомпост)	70	250
2	Почвогрунт «садовый» (чернозем + компост + песок)	80	250

Таким образом, реализация на рынке продукта переработки пищевых отходов в виде компоста, биогумуса или почвогрунта по самым скромным подсчетам составит более 100 млн рублей.

Большинство представленных в табл. 1 фракций: бумага, металл, стекло, резина, кожа, пластиковые материалы, некоторые опасные отходы являются классическим вторичным сырьем. Оно может использоваться на специализированных предприятиях по прямому назначению как сырье, а при отсутствии таких предприятий реализовываться через посредников (такими являются приемные пункты вторсырья). Потребность во вторсырье сформировала и цены на сырье и определенные требования к его качеству, строго регламентируемые рынком вторичного сырья.

Бумага. Макулатура — очень популярный вид вторсырья. Цены на макулатуру в Украине очень разные и отличаются для каждого города. В основном, за 1 кг макулатуры приемные пункты предлагают от 40 коп. Цена зависит и от сорта бумаги,



которых существует довольно много. В мелких розничных пунктах приема обычно не особо уделяют вниманию качеству материала и принимают обычно либо бумагу, либо картон. А вот если сдать макулатуру в Украине оптом, то тут цена зависит как от ее сорта, так и от пункта приема непосредственно.

Таблица 4. Стоимость макулатуры в Украине (<http://vtorresurs.com.ua>)

Сорт макулатуры	За 1 кг, коп.–гривны	За 1 т, гривны
МС-1А	От 40 коп. до 1,4 грив.	От 1100 до 2600
МС-2А	От 40 коп. до 1,4 грив.	От 1000 до 2400
МС-3А	От 40 коп. до 1,4 грив.	От 900 до 1400
МС-4Б	От 40 коп. до 1,4 грив.	От 900 до 1500
МС-5Б	От 40 коп. до 1,4 грив.	От 1100 до 1600
МС-6В	От 40 коп. до 1,4 грив.	От 400 до 800

Реализация на рынке вторичного сырья макулатуры по средней цене 1120 грив.×2=2240 руб. за тонну позволит получить 2240×18000=40,4 млн руб.

Металл. Цена на металлолом в Украине зависит от качества материала, содержания в нем других веществ, а также от его объема. Цены на лом различаются и зависят как от самого материала, так и от конкретного города и ценовой политики конкретного пункта. Прием металлолома оптом в Украине обходится дороже и является выгодной сделкой для обеих сторон.

Таблица 5. Цена черного лома в Украине, гривны/тонна

Марка лома	Розница	Опт
3А	от 2000 до 2700	от 2200 до 2900
5А	от 2000 до 2700	от 2200 до 2900
12А1	от 2000 до 2700	от 2200 до 2900
17А	от 2000 до 2700	от 2200 до 2900
Оцинкованная сталь	от 750 до 950	от 800 до 1000

Таблица 6. Цена цветного лома в Украине, гривны/кг

Марка лома	Розница	Опт
Медь	от 60 до 64	от 64 до 66
Бронза	от 36 до 40	от 40 до 43
Алюминий (микс)	от 10 до 14	от 14 до 16
Свинец	от 10 до 14	от 14 до 16
Магний	от 5 до 8	от 8 до 10
Титан	от 23 до 26	от 26 до 28
Латунь	от 36 до 40	от 40 до 43
Нерж. сталь от 8%	от 10 до 14	от 14 до 16

Реализация на рынке вторичного сырья черных металлов по средней цене 2500 грив.×2=5000 руб×4500=22,5 млн. руб. и цветного лома металлов по средней цене 25000 грив.×2=50000 руб.×4500 т=225 млн руб. позволит получить: 22,5+225=247,5 млн руб.

Стеклотара. Цены на стеклотару в Украине различаются. Каждый приемный пункт устанавливает свою ценовую политику. Обычно приемные пункты стеклотары принимают пивные бутылки, бутылки из-под водки и шампанского. Также идут в ход и жестяные банки, однако цена на них обычно меньше. Некоторые пункты принимают и банки объемом 0,5 л, 1 л и 3 л. Стеклобой принимают по цене 500 грив/т.

Таблица 7. Приемочная стоимость стеклянной тары

Вид тары	Цены за 1 ед.
бутылки из-под пива	от 15 до 30 коп.
бутылки из-под шампанского	от 10 до 15 коп.
бутылки из-под водки	от 10 до 25 коп. (от объема)
банка 0,5 л	от 12 до 15 коп.
банка 1 л	от 25 до 35 коп.
банка 3 л	от 1,25 до 1,70 грн.
жестяная банка	от 5 до 10 коп.

Реализация на рынке стеклотары и стеклобоя отходов стекла по цене 500 грив. $\times 2 = 1000$ руб. $\times 21000 = 21$ млн руб. позволит получить порядка 21 млн руб.

Изделия из пластмасс. Полимерная упаковка. Пластиковые изделия (канистры, флаконы, садовая мебель, ПЭТ бутылки различного цвета, пленка высокого давления, пленка прозрачная термоусадочная, стрейч пленка, полимерные пакеты, упаковочная тара) по своему составу весьма разнообразны: полистирол, поливинилхлорид, пропилен, полиэтилен высокого, среднего и низкого давлений и прочее. В зависимости от многих параметров: вида материала, цвета, степени загрязнения и прочего стоимость вторсырья колеблется в пределах 6–8 тыс. грив. за тонну.

Реализация на рынке вторичных ресурсов полимерных отходов по цене 7000 грив. $\times 2 = 14000$ руб. $24000 = 336$ млн руб. позволит получить 336 млн руб.

Аккумуляторы, батарейки. Из всего объема мирового производства батареек и аккумуляторов перерабатывается только 3%. На мировом рынке переработка батареек и аккумуляторов довольно ограниченный, сложный и трудоемкий, но одновременно довольно выгодный процесс (табл. 8), поэтому и стоимость аккумуляторных отходов составляет от 250\$ за тонну.

Таблица 8. Стоимость материала на тонну аккумуляторов и батареек

Состав аккумулятора	Стоимость материала (за тонну)
Литий-кобальт-оксидный	25000\$
Литий-железо-фосфатный	400\$
Свинцово-кислотный	1500\$



Реализация на рынке вторичных ресурсов аккумуляторных отходов по цене $250\$ \times 60 = 15000$ руб. $\times 3000 = 45$ млн руб. позволит получить 45 млн руб.

Завершая экономическую оценку бытового мусорного богатства Луганщины, можно констатировать, что при соответствующей организации, компостирование био-разлагаемой части отходов может принести более 100 млн руб., а реализация некоторой части отходов как вторичных ресурсов дополнительно принесет еще 690 млн руб. Глубокая переработка отходов и их тщательная сортировка могут дополнительно повысить качество и цену сырья, что делает реальным достижение суммарной цифры до 1 млрд рублей в сфере обращения ТБО.

Промышленные отходы, как основа для развития шлакощелочной строительной индустрии

Из 1,5 млрд т промышленных отходов Луганщины особый интерес представляют шлаковые отходы металлургической промышленности (рис.6).

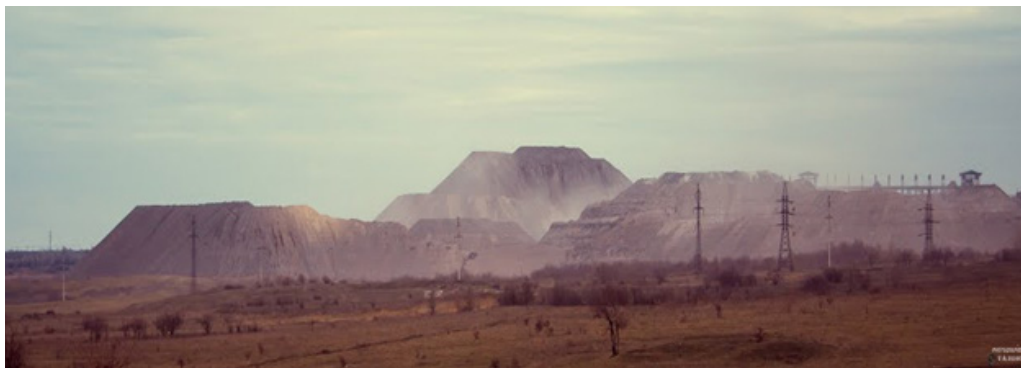


Рис.6 Восточная шлаковая гора Алчевского металлургического комбината

Крупнейшим производителем шлаков на Луганщине является ООО Алчевский меткомбинат. Химический состав образующихся на комбинате отходов в сравнении со строительными цементами приведен в табл. 9.

Таблица 9. Химический состав отходов АМК

Материал	Химический состав, %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	GaO	MgO	S	FeO	Fe ₂ O ₃
Доменный шлак	38	6,7	48,3	3,7	1,55	0,4	
Мартеновский шлак	23,4	4,1	38,5	10,2	0,47	14,3	3,2
Конверторный шлак	14,5	2,1	24,1	2	0,25	31,6	14,4
Портландцемент	22,5	6,5	62	1	Н.свед.		
Глиноземистый цемент	7,5	45	40	0,5	Н.свед.		
Известь гашеная	1,3	0,3	70,7	1,1	0,02		

Химический состав шлаков не используется при их вовлечении в хозяйственный оборот, поэтому их утилизация сводится только для применения при отсыпке дорог, либо при производстве шлаковых блоков и плит в строительной сфере с использованием цемента. Производство портландцемента, который является основным гидравлическим вяжущим в строительстве, в ЛНР отсутствует (крупнейшее предприятие по производству цемента мощностью 2 млн т/год расположено в ДНР). Имеющиеся в республике колоссальные запасы шлакового сырья и щелочных отходов химических производств позволяют создать собственную, альтернативную цементной промышленности, бесцементную шлакощелочную строительную индустрию, основанную исключительно на местных промышленных отходах. Соответствующее эколого-химическое и технологическое обоснование утилизации доменных шлаков в производстве вяжущих строительных материалов приведено в работах [4, 5, 11, 14, 15].

Применение промышленных отходов позволяет на 10...30% снизить затраты на изготовление строительных материалов по сравнению с производством их из природного сырья, экономия капитальных вложений достигает 35...50% [5].

Шлакощелочные вяжущие на основе отходов — это гидравлические вяжущие вещества, получаемые измельчением гранулированных шлаков совместно со щелочными компонентами или затворением молотых шлаков растворами соединений щелочных металлов (натрия или калия), дающих щелочную реакцию.

Шлакощелочные вяжущие предложены и исследованы под руководством В. Д. Глуховского в Киевском национальном университете строительства и архитектуры.

Для получения шлакощелочных вяжущих применяют гранулированные шлаки — доменные, электротермофосфорные, цветной металлургии. Необходимое условие активности шлаков — это наличие стекловидной фазы, способной взаимодействовать со щелочами. Тонкость помола должна соответствовать удельной поверхности не менее 3000 см²/г.

В качестве щелочного компонента применяют каустическую и кальцинированную соду, поташ, растворимый силикат натрия и др. Обычно используют также попутные продукты промышленности: плав щелочей (содовое производство); содощелочной плав (производство капролактама); содопоташную смесь (производство глинозема) и т. п. Использование щелочесодержащих отходов позволяет получать значительные объемы шлакощелочных вяжущих. Оптимальное содержание щелочных соединений в вяжущем в пересчете на Na₂O составляет 2—5% массы шлака.

Для шлаков с модулем основности (M₀) больше единицы могут применяться все щелочные соединения или их смеси, дающие в воде щелочную реакцию, для шлаков с M₀<1 только едкие щелочи и щелочные силикаты с модулем 0,5—2, несиликатные соли слабых кислот и их смеси могут быть использованы только в условиях тепловлажностной обработки.

По пределу прочности при сжатии через 28 сут шлакощелочные вяжущие подразделяют на марки от М300 до М1200. Для ускорения набора прочности и уменьшения деформативности в вяжущее вводят добавку цементного клинкера (2—6%,



масс). Предел прочности при сжатии быстротвердеющего шлакощелочного вяжущего в возрасте 3 сут для марок М400 и М500 составляет не менее 50% марочной прочности, а для марок М600—М1200 — не менее 30 МПа.

Шлакощелочные вяжущие восприимчивы к действию тепловлажностной обработки. При температуре пропаривания 80—90 °С цикл обработки может быть сокращен до 6—7 ч, активная часть режима составляет 3—4 ч. Можно значительно снизить и максимальную температуру пропаривания, а также использовать ступенчатые и пиковые режимы обработки.

Шлакощелочные вяжущие обладают высокой коррозионной стойкостью и биостойкостью. Щелочные компоненты выполняют роль противоморозных добавок, поэтому вяжущие интенсивно твердеют при отрицательных температурах [5].

Исследованиями В. Д. Глуховского, П. В. Кривенко, Е. К. Пушкаревой, Р. Ф. Руновой и др. разработан ряд специальных шлакощелочных вяжущих: высокопрочных, быстротвердеющих, безусадочных, коррозионностойких, жаростойких, тампонажных.

Экономическая эффективность их высока. Удельные капиталовложения на производство этих вяжущих в 2—3 раза меньше, чем при производстве портландцемента, так как отсутствуют фондо-, капитало- и материалоемкие технологические операции: не нужны разработка месторождений, подготовка сырья, дробление, обжиг и др. Сравнение затрат на производство шлакощелочных вяжущих марок М600—М1200 и портландцемента марки М600, показывает, что их себестоимость ниже в 1,7—2,9 раза, удельный расход условного топлива — в 3—5, электроэнергии — в 2, приведенные затраты — в 2—2,5 раза меньше, чем при производстве портландцемента.

Процесс изготовления вяжущего включает операцию сушки шлака до остаточной влажности 0–1% и совместный помол компонентов (рис. 7).

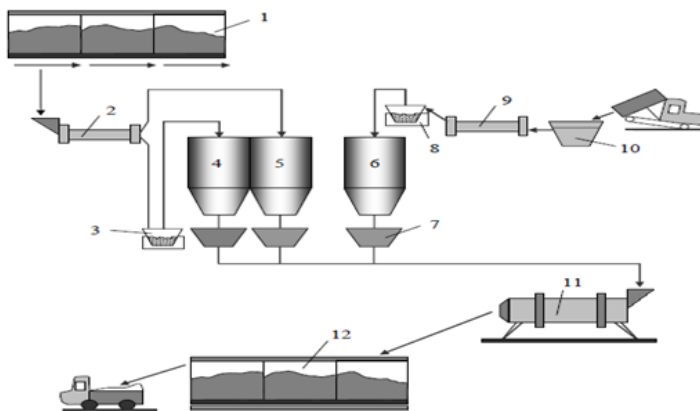


Рис. 7. Технологическая схема получения шлакощелочного вяжущего

Для изготовления шлакощелочного вяжущего шлак и активная минеральная добавка со склада 1 поступают в сушильный барабан 2. Добавка после сушки измельчается на вальцах 3. Подсушенные силикатные компоненты загружают в расходные бункера 4, 5. Щелочь является гигроскопичным материалом, поэтому ее вводят в бетонную смесь с водой затворения. Если в качестве активатора используется кальцинированная сода или содосодержащие отходы производства, то целесообразно их измельчить совместно со шлаком. В этом случае активатор со склада 10 поступает в сушильный барабан 9 и измельчается на вальцах 8, после чего загружается в бункер 6. Из расходных бункеров отдозированные компоненты через дозаторы 7 загружают в мельницу 11, где их измельчают до удельной поверхности 3000...3500 см²/г. Изготовленное вяжущее поступает на склад 12. При использовании гигроскопичного щелочного компонента, растворимого стекла они вводятся с водой затворения непосредственно в бетономешалку при приготовлении бетонной смеси. Плотность раствора в зависимости от вида щелочного компонента находится в пределах 1,15...1,3 г/см³. В данном случае помолу подвергается только шлак или шлак с алюмосиликатными добавками.

Технология изготовления конструкций из шлакощелочных бетонов состоит из таких операций, как приготовление бетонной смеси, подготовка формы (чистка, смазка, армирование), формование изделия и тепловлажностная обработка. При использовании готового шлакощелочного цемента возможны два варианта приготовления бетонной смеси:

1) одноступенчатый, при котором все компоненты смеси загружают и перемешивают в смесителе;

2) двухступенчатый, при котором для улучшения условий растворения щелочного компонента шлакощелочной цемент предварительно затворяют в специальном смесителе горячей водой, перемешивают в течение 5 мин, затем подают в бетономешалку принудительного действия, где он перемешивается с заполнителем. При помолу шлака без щелочного компонента приготовление бетонной смеси также осуществляется двухступенчатым способом: щелочной компонент в специальном смесителе затворяют водой и перемешивают до полного растворения, затем раствор подают в бетономешалку и перемешивают с заполнителями. Процессы подготовки опалубки и оснащение ее арматурой не отличаются от аналогичных операций при производстве армированных изделий на других вяжущих (рис. 8).

Бетонную смесь приготавливают в смесительных агрегатах 4, куда со склада 1 через расходные бункера 2, 3 подают сырьевые компоненты. Увлажненную и перемешанную смесь выгружают в бетоноукладчик 5, с помощью которого транспортируют к месту укладки.

При использовании дисперсных заполнителей для приготовления шлакощелочных бетонов перемешивание необходимо производить в бетоносмесителях, обеспечивающих высокую гомогенизацию бетонной смеси. В этих случаях целесообразно применять двухстадийное перемешивание и последовательное введение компонентов в смесь. На первой стадии готовится вяжущее тесто: в воду затво-

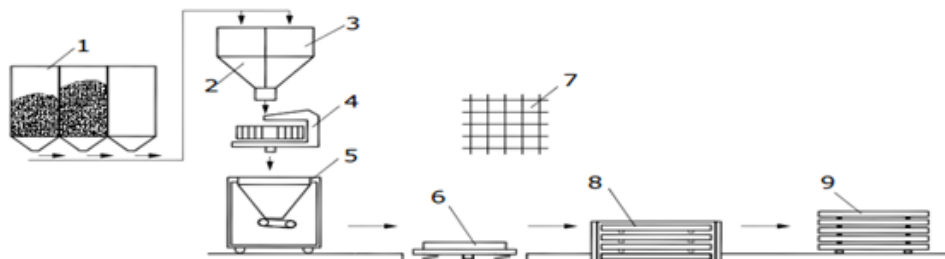


Рис. 8 . Технологическая схема производства изделий и конструкций из шлакощелочных бетонов
1 – склад заполнителя и шлакощелочного вяжущего, 2, 3 – расходные бункера, 4 – бетоносмеситель, 5 – бетоноукладчик, 6 – виброустановка, 7 – арматурный цех, 8 – термообработка, 9 – склад изделий и конструкций

рения с растворенным в ней активатором твердения вводится последовательно вяжущее, а затем дисперсный наполнитель. Для повышения производительности на этом этапе вяжущее и наполнитель могут вводиться совместно в виде заранее приготовленной смеси. Однако целесообразность такой процедуры перемешивания должна быть предварительно проверена с точки зрения возможного снижения прочностных характеристик бетона. На второй стадии полученное вяжущее тесто перемешивается с мелким и крупным заполнителем.

Бетонные смеси с высоким содержанием дисперсного наполнителя или минеральной добавки характеризуются низкой пластичностью. Такие смеси могут формироваться при интенсивном вибрационном уплотнении, а также виброуплотнении с пригрузом, а особо жесткие смеси – при вибропрессовании или прессовании.

В целом технология шлакощелочных бетонов сходна с традиционными технологиями цементного бетона. Это позволяет без значительных затрат на техническое перевооружение перевести производство железобетонных конструкций и бетонных изделий на основе портландцемента на аналогичные изделия из шлакощелочного бетона или бетона на основе других видов вяжущих щелочной активации, а именно минерально-щелочных, геослаковых, геосинтетических, геополимерных и др.

Расчеты Л. И. Дворкина затрат на производство шлакощелочных вяжущих марок 600...1200 и портландцемента марки 600 показывают, что у шлакощелочных вяжущих по сравнению с портландцементом ниже: себестоимость – в 1,7...1,9 раза, удельный расход топлива – в 3...5 раз, электроэнергии – в 2 раза, приведенные затраты – до 2...2,5 раза.

При производстве бетонов на основе шлакощелочных вяжущих используют и заполнители различных видов из шлакового сырья: шлаковый щебень отвалных металлургических шлаков или литой шлаковый щебень, пористые шлаки, шлаковый наполнитель, легкие шлаковые заполнители, гранулированный шлак, шлаковую пемзу.

В довоенное время годовая потребность в цементе на Луганщине превышала 100 тыс. т. Перевод строительной отрасли на шлакощелочные строительные ма-

териалы и бетоны позволит с одной стороны уменьшить количество промышленных отходов на эту величину, а с другой стороны произведенная из этих отходов продукция в денежном выражении превысит 20 млрд рублей.

Выводы

1. Годовое образование твердых бытовых отходов в ЛНР объемом 300000 т при создании специальной отрасли управления и обращения с отходами и соответствующей организации ее деятельности может быть вовлечено в хозяйственный оборот с экономическим эффектом до 1 млрд руб.
2. Для Луганщины с ее высокой техногенной нагрузкой представляется уникальная возможность создания строительной индустрии, основанной на использовании в качестве сырья шлаков металлургических предприятий и щелочных отходов химических производств, являющейся альтернативой цементной промышленности.
3. Осуществление этого проекта позволит улучшить экологическую ситуацию в регионе за счет вовлечения в хозяйственный оборот отходов промышленности, создать новые уникальные предприятия и новые рабочие места, насытить рынок востребованной продукцией и существенно укрепить экономику.

Литература

1. Артамонова, А.В., Воронин, К. М., (2011). «Шлакощелочные вяжущие на основе доменных гранулированных шлаков центробежно-ударного измельчения», *Цемент и его применение*, июль-август, сс. 108–113.
2. Гриценко, А. В., Коринько, И. В., Туренко, А. Н. (ред.). (2005). *Технологические основы промышленной переработки отходов мегалополиса*. Харьков: ХНАДУ, 340 с.
3. «Вторичные ресурсы». Доступно по ссылке: <http://vtorresurs.com.ua> (дата обращения 20.03 2017)
4. Дворкин, Л. И., Пашков, И. А. (1989). *Строительные материалы из отходов промышленности*. К.: Выща школа, 340 с.
5. Дворкин, Л. И., Дворкин, О. Л. (2007). *Строительные материалы из отходов промышленности*. К.: Выща школа, 189 с.
6. Дрозд, Г. Я. (2017). «Развитие сектора обращения с твердыми бытовыми отходами на Луганщине – настоятельная необходимость», *Сборник научных трудов Донбасского государственного технического университета*, вып.(48), сс.16–28.
7. Дрозд, Г. Я. , Пашутина, Е. Н., Давыдов, С. И. (2014). «Биотехнологические вопросы утилизации осадков сточных вод», *Вода и экология: проблемы и решения*, №2 (58), сс. 66–78
8. Задорский, В. М. (2007). «Поэма о мусоре», *Экология и здоровье человека. Охрана воздушного и водного бассейнов. Утилизация отходов*, Харьков, сс. 306–318.
9. (2014). *ТБО в Украине: потенциал развития. Сценарии развития сектора с твердыми бытовыми отходами*. Отчет IFG в Украине, 100 с.
10. *Eurowaste. Types of waste*. Доступно по ссылке: <http://www.eurowaste.be/tupes-of-waste.html>
11. Микульский, В. Г., Горчаков, Г. И., Козлов, В. В. (ред.) (2002). *Строительные материалы. Материаловедение и технология*. Москва, 150 с.
12. СНиП 2.07.01—89* является переизданием СНиП 2.07.01—89 с изменениями и дополнениями, утвержденными постановлением Госстроя СССР от 13 июля 1990 г. №61, приказом Министерства архитектуры, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 23 декабря 1992 г. № 269, постановлением Госстроя России от 25 августа 1993 г. №18–32.
13. *Свалки в Украине по площади достигли территории Черногории*, доступно по ссылке: <http://>



gigamir.net/news/economy/pub210690

14. Черепанов, К. А., Черныш, Г. И., Динельт, В. М., Сухарев, Ю. И. (1994). *Утилизация вторичных материальных ресурсов в металлургии*. М.: Металлургия, 219 с.
15. Хоботова, Э. Б., Калмыкова, Ю. С. (2012). «Эколого-химическое обоснование утилизации отвальных доменных шлаков в производстве вяжущих материалов», *Экологическая химия*, 21(1), сс. 27–37.

References

1. Artamonova, A. V., Voronin, K. M., (2011). «Shlakoschelochnye vyazhuschie na osnove domennyh granulirovannyh shlakov centrobezhno-udarnogo izmel'cheniya» [Slag-alkaline drawing based on blast-furnace granulated slag of centrifugal-impact grinding], *Cement i ego primenenie*, iyul'-avgust , pp.108–113. (In Russian).
2. Gricenko, A. V., Korin'ko, I. V., Turenko, A. N. (ed.) (2005). *Tehnologicheskie osnovy promyshlennoj pererabotki othodov megapolisa* [Technological bases of industrial processing of a waste of a megacity], Har'kov: HNADU, 340 p. (In Russian).
3. «Vtorichnye resursy», available at: <<http://vtorresurs.com.ua>> (data obrascheniya 20.03 2017)
4. Dvorkin, L. I., Pashkov, I. A. (1989). *Stroitel'nye materialy iz othodov promyshlennosti* [Building materials from industrial waste]. K.: Vyscha shkola. 340 p. (In Russian).
5. Dvorkin, L. I., Dvorkin, O. L. (2007). *Stroitel'nye materialy iz othodov promyshlennosti* [Building materials from industrial waste], K.: Vyscha shkola, 189 p. (In Russian).
6. Drozd, G. Ya. (2017). «Razvitie sektora obrascheniya s tverdymi bytovymi othodami na Luganschine – nastoyatel'naya neobhodimost'» [The development of the solid waste management sector in Lugansk region is an urgent necessity], *Sbornik nauchnyh trudov Donbasskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta*, Vol. (48), pp. 16–28. (In Russian).
7. Drozd, G. Ya. , Pashutina, E. N., Davydov, S. I. (2014). «Biotehnologicheskie voprosy utilizacii osadkov stochnyh vod» [Biotechnological issues of sewage sludge utilization], *Voda i `ekologiya: Problemy i resheniya*, №2 (58), pp. 66–78. (In Russian).
8. Zadorskij, V. M. (2007). Po`ema o musore [Poem about the garbage], *Ekologiya i zdorov'e cheloveka. Ohrana vozdušnogo i vodnogo bassejnov. Utilizaciya othodov*. Har'kov, pp. 306–318. (In Russian).
9. (2014). *TBO v Ukraine: potencial razvitiya. Scenarii razvitiya sektora s tverdymi bytovymi othodami*. Otchet IFG v Ukraine, 100 p. (2014). (In Russian).
10. «Eurowaste. Types of waste». available at: <http://www.eurowaste.be./tupes-of-waste.html>
11. Mikul'skij, V. G., Gorchakov, G. I., Kozlov, V. V. (ed.). (2002). *Stroitel'nye materialy. Materialovedenie i tehnologiya* [Construction Materials. Material Science and Technology]. Moskva, 150 p. (In Russian).
12. SNIIP 2.07.01-89* yavlyaetsya pereizdaniem SNIIP 2.07.01-89 s izmeneniyami i dopolneniyami, utverzhdennymi postanovleniem Gosstroya SSSR ot 13 iyulya 1990 g. №61, prikazom Ministerstva arhitektury, stroitel'stva i zhilischno-kommunal'nogo hozyajstva Rossijskoj Federacii ot 23 dekabrya 1992 g. № 269, postanovleniem Gosstroya Rossii ot 25 avgusta 1993 g. №18-32. (In Russian).
13. *Svalki v Ukraine po ploschadi dostigli territorii Chernogorii* [Landfills in Ukraine reached the territory of Montenegro], available at: <http://gigamir.net/news/economy/pub210690>
14. Cherepanov, K.A., Chernysh G.I., Dinelt V.M., Suharev Yu.I. (1994). *Utilizaciya vtorichnyh material'nyh resursov v metallurgii* [Utilization of secondary material resources in metallurgy]. M.: Metallurgiya, 219 p. (In Russian).
15. Hobotova, E.B., Kalmykova Yu.S. (2012). «Ekologo-himicheskoe obosnovanie utilizacii otval'nyh domennyh shlakov v proizvodstve vyazhuschih materialov» [Ecological and chemical rationale for the utilization of blast furnace slags in the production of binders], *Ekologicheskaya himiya*, 21(1), pp. 27–37. (In Russian).