

**Демчишин А.А.**

**ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ**  
(получение биотоплива)

**Горловка – 2009**

## АННОТАЦИЯ

В статье изложены основы практически безотходной экономически эффективной технологии переработки бытового мусора, ила канализационных стоков, сельскохозяйственных отходов, отходов пищеперерабатывающей и лесоперерабатывающей промышленности.

Предлагается организовать предприятие по переработке отходов в ценные продукты и дальнейшей реализации этих продуктов, причем основной доход планируется получать от реализации продуктов гидролизной переработки целлюлозосодержащей части отходов – гидролизного этилового спирта (биотоплива), твердых жиров, моющих средств и т.д.

Статья ориентирована на привлечение потенциальных инвесторов для внедрения предлагаемой автором технологии переработки отходов.

Статья содержит страниц – 12,  
в том числе: таблиц – 7,  
рисунков – 1.

## ВВЕДЕНИЕ.

Отходы жизнедеятельности человека в виде бытового мусора, ила канализационных стоков, сельскохозяйственных отходов, отходов перерабатывающей и лесоперерабатывающей промышленности накапливаются локально на свалках, отвалах и т.д. Под влиянием природных и временных факторов отходы разлагаются, окисляясь кислородом воздуха и выделяя в окружающую среду токсичные вещества, что ведет к ухудшению экологической обстановки.

В настоящее время существует несколько способов ликвидации отходов:

- захоронение отходов в почве и море;
- сжигание отходов;
- использование ила в качестве удобрений;
- биодegradация отходов с получением биогаза.

Вышеперечисленные способы частично решают проблему ликвидации отходов. При захоронении отходов в почве и море последние разлагаются, загрязняя почву, грунтовые воды и море. Сжигание отходов также ведет к загрязнению воздушной среды вредными дымовыми газами. Использование ила в качестве удобрений затруднено из-за присутствия в нем патогенных организмов и токсичных веществ. Биодegradация отходов малопродуктивна и находится пока в стадии разработки и экспериментов.

***Наиболее актуальной в настоящее время является проблема переработки бытового мусора или так называемых твердых бытовых отходов, вывозимых в больших количествах и накопленных на свалках городов и населенных пунктов.***

В качестве альтернативного автор предлагает индустриальный способ переработки отходов, который позволит почти полностью устранить вышеперечисленные недостатки путем создания практически замкнутого производства по переработке отходов в ценные продукты. Предлагаемый способ позволит перерабатывать не только “свежие”, но и многолетние полуразложившиеся отходы, накопленные на свалках.

## I. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Состав и объем твердых бытовых отходов чрезвычайно разнообразен и зависит не только от страны и местности, но и от времени года и от многих других факторов. Количество муниципальных отходов в Украине увеличивается, а их состав, особенно в крупных городах приближается к составу ТБО в западных странах с относительно большой долей бумажных отходов и пластика.

Усредненный состав твердых бытовых отходов в США и Украине приведен в Таблице 1.

*Таблица 1. Состав ТБО в США и Украине.*

	США	Украина*
<b>Количество по категориям (%):</b>		
Бумага и картон	40,0	20-36
Стекло	7,0	5-7
Металлы	8,5	2-3
Пластик	8,0	3-5
Текстиль	2,1	3-6
Резина и кожа	2,5	1,5-2,5
Древесина	3,6	1-4
Пищевые отходы	7,4	20-38
Другое	20,9	10-35,5

\* – состав приведен для стран СНГ.

Как видно из таблицы бумага и картон составляют наиболее значительную часть ТБО – до 40%. Вторая по величине категория – это так называемые органические, в т.ч. пищевые, отходы – до 38 %. Металл, стекло и пластик составляют по 2-9% от общего количества отходов. Примерно 4% приходится на дерево, текстиль, резину и т.д. основное количество.

Целлюлозосодержащие компоненты (бумага, картон, древесина и пищевые отходы), составляющие основную часть ТБО – это весьма ценное химическое сырьё, из которого можно путём химических и биохимических реакций получить полезные продукты. Перспективной областью использования данного сырья является производство биотоплив. Во многих странах уже сейчас осуществляется опытно-промышленная реализация некоторых процессов термохимической и микробиологической переработки биомассы в спирты, жидкие и газообразные топлива.

*Сущность предлагаемого способа заключается в использовании метода кислотного гидролиза целлюлозосодержащих компонентов твёрдых бытовых отходов.*

Производство этилового спирта для технических целей было налажено в начале XX века. В 60 – 70х годах прошлого века гидролизная промышленность была свёрнута из-за появления более дешёвого сырья для производства технического этилового спирта – этилена.

На данный момент производство технического спирта, производимого ранее в больших количествах гидратацией этилена стало экономически невыгодным, т.к. резко возросла коммерческая стоимость этилена. В настоящее время себестоимость гидролизного этилового спирта значительно ниже себестоимости пищевого спирта или спирта, полученного гидратацией этилена.

*Предлагается организовать предприятие по переработке отходов в ценные продукты и дальнейшей реализации этих продуктов, причем основной доход планируется получать от реализации продукта гидролизной переработки целлюлозосодержащей части отходов – гидролизного этилового спирта.*

Наиболее эффективно размещение производства по переработке отходов на территории или вблизи химпредприятий, производящих кислоты или тепловых электростанций, имеющих избытки низкопотенциального тепла.

Блок-схема производства по переработке отходов на примере твердых бытовых отходов (ТБО) изображена на рис.1. Процесс переработки включает в себя несколько стадий, описываемых далее.

### **Стадия 1. Разборка и сортировка ТБО.**

Доставленные автомобильным или железнодорожным транспортом ТБО разбираются и сортируются в цехе разборки и сортировки (ЦРС).

*Таблица 2. Примерное количество продуктов разборки и сортировки 1 тонны ТБО по сухому веществу (СВ).*

<b>№ п/п</b>	<b>НАИМЕНОВАНИЕ</b>	<b>КОЛИЧЕСТВО</b>
1.	<i>Целлюлоза в виде бумаги, древесных и пищевых отходов</i>	<i>600 кг</i>
2.	<i>Вторичные пластмассы в виде пластиковой упаковки и других изделий</i>	<i>50 кг</i>
3.	<i>Металлолом в виде консервных банок, крышек, пробок и т.д.</i>	<i>30 кг</i>
4.	<i>Стеклобой</i>	<i>50 кг</i>
5.	<i>Прочие отходы в виде строительного мусора и т.д.</i>	<i>270 кг</i>
<b>ВСЕГО</b>		<b>1000 кг</b>

Вторпластмассы, стеклобой и металлолом направляются на переработку (гранулирование, переплавка и т.д.) или реализуются в “сыром” виде.

Целлюлозная составляющая ТБО поступает на гидролизную переработку.

### **Стадия 2. Гидролизная переработка целлюлозы.**

Целлюлоза из ЦРС поступает в гидролизный цех (ГЦ), где под действием кислоты ( $H_2SO_4$  или  $HCl$ ) в кипящем растворе из нее получают гидролизный сахар. После охлаждения раствора и нейтрализации кислоты сахарный сироп подается в бродильный цех (БЦ), где сбраживается под действием дрожжей, подаваемых из дрожжевого цеха (ДЦ). Спиртосодержащее сусло из БЦ поступает в спиртоцех (СЦ), где происходит отделение гидролизного этилового спирта от

сусла методом ректификации. Барда из СЦ направляется в ДЦ на утилизацию (выращивание дрожжей).

Из 600 кг целлюлозы путем гидролизной переработки можно получить 350 кг этилового спирта.

### **Стадия 3. Утилизация или переработка отходов производства.**

Прочие отходы из ЦРС, отходы нейтрализации кислоты из ГЦ, отходы ДЦ далее утилизируются или перерабатываются (сжигание дрожжевых остатков в котлах с получением пара для производства; производство строительных блоков из строительного мусора и  $\text{CaSO}_4$ ; извлечение стеклобоя).

### **Стадия 4. Реализация или переработка продуктов производства.**

Основные продукты производства – гидролизный этиловый спирт, вторпластмассы и металлолом могут быть реализованы в “сыром” виде или переработаны.

Таблица 3. Примерное количество основных продуктов производства при переработке 1 тонны ТБО по сухому веществу.

<b>№ п/п</b>	<b>НАИМЕНОВАНИЕ</b>	<b>КОЛИЧЕСТВО</b>
1.	<i>Спирт этиловый гидролизный</i>	<i>350 кг</i>
2.	<i>Пластмассы вторичные</i>	<i>50 кг</i>
3.	<i>Стеклобой</i>	<i>50 кг</i>
3.	<i>Металлолом</i>	<i>30 кг</i>

Теоретическая мощность производства по переработке ТБО может быть любой. Оптимальная мощность экспериментальной установки по переработке ТБО, по мнению автора должна быть около 10 тонн ТБО в сутки. Модульная установка производительностью 10 тонн ТБО в сутки обеспечит переработку отходов посёлка городского типа. В городах количество и размещение модулей определяется индивидуально и зависит от возможностей размещения и локальных количеств суточных отходов.

Основной блок производства (ГЦ-БЦ-СЦ-ДЦ) представляет собой типовой гидролизный спиртозавод ГСЗ (рис.1) производительностью 20 тонн древесных отходов в сутки, используемый в лесохимии для переработки древесины в гидролизный спирт.

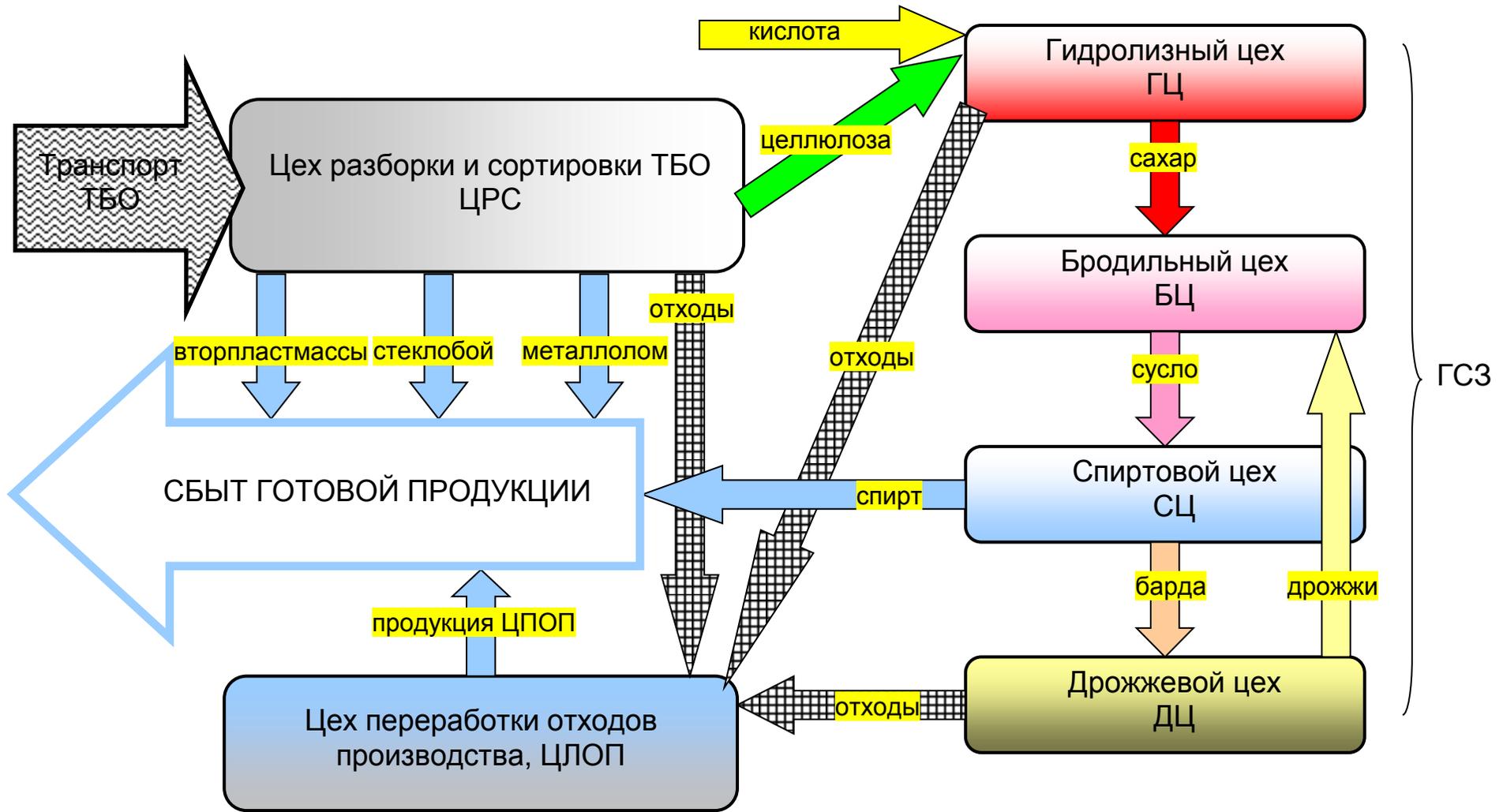


Рисунок 1.

## II. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ.

Задача экономической части – определение капиталовложений и эксплуатационных затрат, необходимых для внедрения предлагаемой технологии, определение годового экономического эффекта и срока окупаемости экспериментального производства. Эти показатели необходимы для принятия решения о целесообразности вложения средств в производство по переработке ТБО.

**Капиталовложения в экспериментальное производство** определяются, как сумма затрат на открытие предприятия и получение лицензии, выполнение НИОКР и проектирование производства, приобретение необходимого оборудования и проведение монтажно-наладочных и пусковых работ:

$$K_{п} = \sum Z_i = Z_{орг} + Z_{НИОКР} + Z_{пр} + Z_{об} + Z_{мнр}$$

Таблица 4. Капиталовложения в производство

<b>№ п/п</b>	<b>НАИМЕНОВАНИЕ</b>	<b>СУММА</b>
1.	Организационные затраты $Z_{орг}$	25 000 USD
2.	Затраты на НИОКР $Z_{НИОКР}$	50 000 USD
3.	Затраты на проектирование $Z_{пр}$	75 000 USD
4.	Затраты на оборудование $Z_{об}$	750 000 USD
5.	Затраты на МНР $Z_{мнр}$	300 000 USD
	<b><math>K_{п}</math></b>	<b>1 200 000 USD</b>

**Эксплуатационные затраты на переработку 1 тонны ТБО** складываются из затрат на транспорт, разборку, сортировку и переработку ТБО а также из затрат на хранение и сбыт готовой продукции и накладных расходов. Затраты на переработку включают в себя энергозатраты, стоимость использованной кислоты и прочих материалов.

Таблица 5. Эксплуатационные затраты на переработку 1 тонны ТБО.

<b>№ п/п</b>	<b>НАИМЕНОВАНИЕ</b>	<b>СУММА</b>
1.	Транспорт ТБО	5 USD
2.	Разборка и сортировка ТБО	30 USD
3.	Переработка ТБО	50 USD
4.	Хранение и сбыт готовой продукции	5 USD
	<b>ИТОГО</b>	<b>90 USD</b>
	Накладные расходы 14%	9 USD
	<b><math>Z_{эк}</math></b>	<b>99 USD</b>

### Доход от реализации основных продуктов переработки 1 тонны ТБО

складывается из суммы, полученной от реализации продуктов переработки отходов.

На существующий момент цена продуктов переработки ТБО:

1. Спирт этиловый технический – 900 USD/т. Принимаем 800 USD/т.
2. Пластмассы вторичные – 170 USD/т. Принимаем 150 USD/т.
3. Стеклобой – 40 USD/т. Принимаем 30 USD/т.
4. Металлолом чёрный – 170 USD/т. Принимаем 150 USD/т.

Таблица 6. Доход от реализации продуктов переработки 1 тонны ТБО.

№ п/п	НАИМЕНОВАНИЕ	Цена , USD/т	Кол-во, т	Сумма, USD
1.	Спирт этиловый гидролизный	800	0,35	280
2.	Пластмассы вторичные	150	0,05	7,5
3.	Стеклобой	30	0,05	1,5
4.	Металлолом	150	0,03	4,5
<b><math>D_p</math></b>				293,5

Как видно из таблицы основной доход (90%) может быть получен от реализации спирта. Остальные продукты вторичны, как по качеству, так и по цене.

### Прибыль от переработки 1 тонны ТБО:

$$P = D_p - Z_{эк} = 293,5 - 99 = 194,5 \text{ USD/т ТБО.}$$

### Годовая производительность:

$$N_{год} = N_{сут} \times L_{год} = 10 \times 330 = 3\,300 \text{ тТБО/год}$$

где  $N_{сут}$  – суточная мощность (производительность)

$L_{год}$  – число суток работы производства в год.

$N_{сут} = 10 \text{ тТБО/сутки}$

$L_{год} = 330 \text{ суток/год}$

### Годовая прибыль производства:

$$P_{год} = P \times N_{год} = 194,5 \times 3\,300 = 641\,850 \text{ USD/год.}$$

### Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{год} = P_{год} - E_n \times K_n = 641\,850 - 0,15 \times 1\,200\,000 = 461\,850 \text{ USD/год,}$$

где  $E_n = 0,15$  – коэффициент эффективности капиталовложений (амортизационные отчисления).

### Срок окупаемости экспериментального производства по переработке ТБО:

$$T_{ок} = K_n / \mathcal{E}_{год} = 1\,200\,000 / 461\,850 = 2,6 \text{ года} = 32 \text{ месяца.}$$

При вложении средств в создание производства по переработке ТБО могут быть получены значительные налоговые льготы, предоставляемые инвесторам экологических программ.

### III. БИЗНЕС – ПЛАН

Вначале необходимо привлечь заинтересованных юридических или частных лиц к финансированию предложения на взаимовыгодных условиях (для чего собственно и пишется данное предложение). Идеальным был бы вариант получения беспроцентного банковского кредита на экологические программы на 2-3 года.

После решения вопросов финансирования планируется создать юридическое лицо, приобрести необходимые лицензии, провести НИОКР и выполнить проект экспериментального производства по переработке ТБО.

Далее необходимо закупить оборудование, выполнить монтажно-наладочные работы и пустить в эксплуатацию производство.

После пуска планируется эксплуатация экспериментального производства в течение 1,5 года для выявления и устранения его недостатков и внесения изменений в исходный проект. Далее планируется продать производство и репрофилировать предприятие на тиражирование таких производств и продажу лицензий.

Средства, затраченные на создание экспериментального производства, планируется вернуть в течение трех лет с момента пуска экспериментального производства или в течение четырех лет с начала финансирования.

*Таблица 7. Календарный план получения и возврата беспроцентного кредита.*

<i>Этапы</i>	<i>Статья</i>	<i>Сумма, USD</i>	<i>Срок, мес</i>
<i>I</i>	<i>Организация предприятия</i>	<i>+25 000 USD</i>	<i>2</i>
<i>II</i>	<i>Проведение НИОКР</i>	<i>+50 000 USD</i>	<i>3</i>
<i>III</i>	<i>Проектирование производства по переработке ТБО</i>	<i>+75 000 USD</i>	<i>3</i>
<i>IV</i>	<i>Приобретение оборудования, аренда земли</i>	<i>+750 000 USD</i>	<i>2</i>
<i>V</i>	<i>Выполнение монтажно-наладочных и пусковых работ</i>	<i>+300 000 USD</i>	<i>4</i>
	<i>Итого</i>	<i>+1 200 000 USD</i>	<i>14</i>
<i>VI</i>	<i>Эксплуатация экспериментального производства и возврат кредита</i>	<i>-1 200 000 USD</i>	<i>32</i>
	<i>Всего</i>	<i>0</i>	<i>46</i>

В расчётах не учтена плата за утилизацию ТБО. Муниципальная плата за утилизацию ТБО составляет 28 USD/т. Получение платы предприятием позволит увеличить годовой экономический эффект и снизить срок окупаемости капиталовложений.

## ВЫВОДЫ

Годовой экономический эффект от внедрения предложения может быть получен в основном за счет реализации продукта гидролизного производства – гидролизного этилового спирта.

После внедрения предложения, продажи опытного производства и перепрофилирования предприятия планируется создать опытную установку по гидролизной переработке ила канализационных стоков с получением ассортимента продуктов гидролиза – этилового спирта, глицерина, твердых жиров и моющих средств.

Наиболее эффективно размещение производства по переработке отходов на территории или вблизи хмпредприятий, производящих кислоты или тепловых электростанций, имеющих излишки низкопотенциального тепла.

*Размещение производства по переработке отходов на ТЭС* позволит использовать кислоту каталитической очистки дымовых газов. Установки каталитической очистки дымовых газов от  $SO_2$  капиталоемки и внедряются тяжело. Процесс внедрения можно активизировать, компенсируя часть капиталовложений за счет прибыли производств по переработке отходов. Кроме того возможно организовать утилизацию отходов дрожжевого производства путем их сжигания в топках котлов, использовать пар из теплофикационных отборов турбин на гидролиз целлюлозы и дистилляционно-ректификацию гидролизного спирта, а также использовать низкопотенциальное тепло конденсации пара с выхлопа турбин для нужд бродильного производства, что *позволит повысить коэффициент эффективности использования тепла на ТЭС.*

**АДРЕСНЫЙ ЛИСТ**

**Ф. И. О.** Демчишин Александр Анатольевич  
**Место работы** СЕ «Донбассэнергоналадка» г. Горловка Донецкой обл.,  
ведущий инженер ПСНИТОиООС  
**Телефон** мобильный 8-099-019-31-42  
**E:mail** adem@hotbox.ru