

КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНСТИТУТ ЭКОЛОГИИ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОЙ ЭКОЛОГИИ

П.А. КУРЫНЦЕВА, С.Ю. СЕЛИВАНОВСКАЯ, Л.Г. АХМЕТЗЯНОВА

ОСНОВЫ ДЕСТРУКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭКОСИСТЕМАХ И  
БИОТЕХНОЛОГИИ

ПРАКТИКУМ

КАЗАНЬ

2021

УДК 504.06  
ББК 20.18

*Принято на заседании Ученого совета  
Института экологии и природопользования  
Протокол № 7 от 19 октября 2021 года*

**Рецензент:**

доктор биологических наук,  
профессор кафедры прикладной экологии ФГАОУ ВО «КФУ»  
П.Ю. Галицкая

**Курынцева П.А., Селивановская С.Ю., Ахметзянова Л.Г.**  
**Основы деструктивных процессов в экосистемах и биотехнологии:**  
**практикум / П.А. Курынцева, С.Ю. Селивановская, Л.Г. Ахметзянова.**  
– Казань, 2021. – 64 с.

Практикум посвящен основным принципам выбора технологии переработки отходов, рекультивации загрязнений с целью снижения воздействия на окружающую среду, а также основам создания технологического регламента на данную технологию. Учебное издание предназначено для обучающихся по программам магистратуры «Экология и природопользование», «Почвоведение», «Землеустройство и кадастры» и «Гидрометеорология», а также может представлять интерес для обучающихся на смежных специальностях.

© Курынцева П.А., 2021  
© Селивановская С.Ю., 2021  
© Ахметзянова Л.Г., 2021  
© Казанский (Приволжский)  
федеральный университет, 2021

## Содержание

Введение .....	4
Задание 1. ....	6
Задание 2. ....	7
Задание 3. ....	9
Задание 4. ....	10
Задание 5. ....	11
Задание 6. ....	13
Приложение 1. Пример проекта технологического регламента.....	14
Приложение 2. Деструкция твердых бытовых отходов различного состава..	58

## Введение

Биодеградация является наиболее естественным процессом, который непрерывно перерабатывает биологически важные элементы в рамках биогеохимических циклов Земли. Процессы биодеградации обычно реализуются путем преобразования химических веществ через ряд промежуточных продуктов в конечные продукты. Превращение химического вещества в полностью окисленные продукты называется минерализацией. Биотрансформацией называется превращение одного химического вещества в другое без полной минерализации и часто наблюдается для неестественных синтетических химических веществ (ксенобиотиков).

Научные исследования, посвященные процессам биодеградации, продолжаются уже более столетия. Большая часть этих исследований была связана с выяснением путей биодеградации сложных соединений, чтобы различить отдельные этапы, происходящие во время биодеградации интересующего химического вещества.

Наиболее типичными примерами применения биотехнологических процессов, используемых человеком, является синтез продовольствия и лекарственных препаратов (биосинтез), селекция садово-огородных культур, но биотехнологические методы используются также в металлургии, нефтедобыче и утилизации отходов.

Множество процессов биодеструкции легло в основу технологии переработки отходов производства и потребления, рекультивации почв и вод, загрязненных ксенобиотиками. Преимущественно деструктивные биотехнологические процессы применяются для решения задач защиты окружающей среды. Применение современных методов биодеградации позволяют достичь целей рационального природопользования. Кроме того, оптимизация процессов деградации отходов производства и потребления направлена на решение энергетической проблемы человечества.

В глобальном масштабе существует острая необходимость разработки новых и эффективных способов производства энергетических носителей и восполнения сырьевых ресурсов из-за дефицита сырья и энергии и повышения требований к экологической безопасности технологий.

В этой связи стали интенсивно развиваться новые разделы биотехнологии – «Биоэнергетика» и «Экологическая биотехнология». Которые базируются на положении о способности микроорганизмов осуществлять деструкцию органического вещества отходов. Биологическая переработка отходов относится к так называемым безотходным технологиям, т.е. технологиям, использующим сырье и энергию в замкнутом цикле, когда отходы производства и потребления становятся сырьем для производства новой энергии. Замкнутый цикл подразумевает следующую цепочку: первичное сырьё -> производство -> потребление -> вторичное сырьё. Например, из целлюлозных отходы сельского хозяйства под воздействием ферментов получают глюкозу и далее – биотопливо. Из отходов скотоводства и птицеводства методом анаэробного сбраживания получают биогаз и дигестат, который после определенной обработки может использоваться как удобрение.

В качестве основных направлений «Экологической биотехнологии» выделяют:

1. Технологии очистки выбросов и сбросов сточных вод;
2. Технологии ремедиации и рекультивации нарушенных земель и водных объектов;
3. Технологии переработки отходов;
4. Разработка «чистых» источников энергии.

Здесь мы обсуждаем основные методы, как старые, так и новые, которые доказали свою эффективность для осуществления процессов биodeградации и реакций биотрансформации, приводя при этом несколько классических примеров для каждого из них.

## Задание 1.

Предложите и обоснуйте выбор технологии утилизации отходов птицефабрики куриного помета, образующегося на предприятии (варианты предприятий и характеристики отходов представлены в таблице 1). Для выбранной технологии составьте проект технологического регламента, включающий блок-схему этапов переработки, характеристику образующихся продуктов и отходов переработки, баланс масс, а также необходимое техническое оснащение производства. Составьте цепь реакции деструкции 2-х органических соединений входящих в состав куриного помета.

Таблица 1. Варианты предприятий

Характеристик и	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Количество образующегося помета, т/сутки	10	20	30	40	50	60
Тип подстилочного материала	- (клеточное содержание)	Опилки лиственных пород	Сосновые опилки	Солома	- (клеточное содержание)	Сосновые опилки
Технология сбора помета	сбор механический	сбор механический	сбор механический	сбор механический	сбор гидросмывом	сбор гидросмывом
Химические характеристики помета:						
С, %	72	56	61	60	70	62
N. %	10	4,5	3	5	8	4
Влажность, %	42	32	28	35	80	82

## Задание 2.

Предложите и обоснуйте выбор технологии очистки бытовых стоков, включая технологию утилизации отходов водоочистки, образующихся в населенном пункте (варианты населенных пунктов и их характеристики представлены в таблице 2). Для выбранной технологии составьте проект технологического регламента, включающий блок-схему этапов переработки, характеристику образующихся продуктов и отходов переработки, баланс масс, а также необходимое техническое оснащение производства. Опишите процессы происходящие на этапе биологической деструкции компонентов сточных вод: какие группы организмов осуществляют процесс деструкции, субстраты для данных организмов и продукты образования.

Таблица 2. Варианты населенных пунктов

Характеристики	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Тип населенного пункта	город	село	п.г.т.	город	село	п.г.т.
Численность, чел.	1 000 000	3000	500 000	700 000	450	250 000
Наличие разделения промышленного и бытового стоков	-	+	-	+	-	-
Количество стоков, куб.м./сут	150 000	200	4 000	6 000	25	1 500
Химические характеристики сточной воды:						
Взвешенные частицы, мг/л	250	500	100	360	500	500
БПК полный, мгО <sub>2</sub> /л	300	400	25	500	120	500
ХПК	17000	1500	5000	20000	5000	7500
Жиры, мг/л	50	20	15	52	12	50
Азот аммонийный, мг/л	560	260	150	300	23	290
Нитраты, мг/л	100	20	15	23	28	45
Нитриты, мг/л	10	10	20	28	29	6
Хлориды, мг/л	98	56	56	74	45	8
Сульфаты, мг/л	35	23	85	19	52	15
Сухой остаток	319	341	569	360	29	520
Нефтепродукты, мг/л	5	1	55	15	150	5
СПАВ, мг/л	20	10	57	5	200	11
рН	6	6,5	7	6	8	7
Биологические характеристики сточной воды:						
Возбудители кишечных	360	15	-	-	-	500

Характеристики	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
инфекций, КОЕ/100мл						
Жизнеспособные яйца гельминтов (аскарид, власоглав, токсокар, фасциол), онкосферы тениид и жизнеспособные цисты патогенных кишечных простейших, КОЕ/100мл	500	3	2	1	2	15
Термотолерантные колиформные бактерии, КОЕ/100мл	120	56	100	5	27	350
Общие колиформные бактерии, КОЕ/100мл	400	12	5	100	9	500
Колифаги, КОЕ/100мл	50	20	22	5	100	270

### Задание 3.

Предложите и обоснуйте выбор технологии очистки промышленных стоков с сельскохозяйственных предприятий, включая технологию утилизации отходов водоочистки, образующихся на данном предприятии (варианты предприятий и их характеристики представлены в таблице 3). Для выбранной технологии составьте проект технологического регламента, включающий блок-схему этапов переработки, характеристику образующихся продуктов и отходов переработки, баланс масс, а также необходимое техническое оснащение производства. Обоснуйте выбор аэробной или анаэробной технологии, попробуйте составить энергетический баланс выбранной технологии переработки.

Таблица 3. Варианты сельскохозяйственных предприятий

Характеристики	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Тип предприятия	Ферма	Ферма	Сахарный завод	Молокозавод	Завод по производству консервированной продукции	Мясокомбинат
Тип производимой продукции	Молоко коровье	Мясо свиное	Сахар	Молочная продукция	Консервированные овощи и фрукты	Мясопродукты
Количественные показатели продукции	500 голов КРС	1000 голов свиней	Переработка 20 т/мес сахарной свеклы в сахар	Производство 10 т/мес молочной продукции	Переработка свеклы – 2 т/мес; капусты – 3 т/мес; яблок – 4 т/мес; груш – 1 т/мес; черной смородины – 0,5 т/мес	Производство 2 т/мес мясной продукции
Технология сбора отходов	Механическая, солома - подстилка	Механическая, опилки - подстилка	Механическая	Механическая	Сбор гидросмывом	Сбор гидросмывом

#### Задание 4.

Предложите и обоснуйте выбор технологии переработки отходов от очистки нефтяных амбаров. Для выбранной технологии составьте проект технологического регламента, включающий блок-схему этапов переработки, характеристику образующихся продуктов и отходов переработки, баланс масс, а также необходимое техническое оснащение производства. На основании разработанной технологии подсчитайте стоимость реализации такой технологии на территории Республики Татарстан.

Таблица 4. Характеристики нефтяных амбаров

Характеристики	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Количество отходов, т/год	30	300	3000	50	500	5000
Фракционный состав нефтяных отходов						
ПАУ	15	5	10	30	20	10
Смолы	50	55	50	40	50	40
Асфальтены	35	40	40	30	30	50

### Задание 5.

Предложите и обоснуйте выбор технологию рекультивации земель, варианты загрязнений представлены в таблице 5. Для выбранной технологии составьте проект рекультивации, включающий блок-схему этапов рекультивации, характеристику необходимых материалов и образующихся и отходов, баланс масс, а также необходимое техническое оснащение. Представьте пример деструкции нефтепродуктов на примере 2-х наиболее типичных соединений разных фракций нефти.

Таблица 5. Характеристики загрязнения земель

Характеристики	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Тип загрязнения	Нефтяной разлив на земле сельскохозяйственного назначения (пашня)	Нефтяной разлив на землях лесного фонда (хвойный лес)	Нефтяной разлив на земле населенного пункта (промышленная зона населенного пункта)	Нефтяной разлив на земле сельскохозяйственного назначения (пашня)	Нефтяной разлив на землях лесного фонда (хвойный лес)	Нефтяной разлив на земле населенного пункта (промышленная зона населенного пункта)
Площадь загрязнения, га	5	2	0,5	2	50	4
Тип почвы	Чернозем	Серая лесная	Урбанозем	Дерново-подзолистая	Дерново-подзолистая	Урбанозем
Количество нефтепродуктов разлива, т	250	100	55	4000	1000	2500
Дата разлива	02.03.2021	02.06.2021	02.11.2021	02.05.2021	02.08.2021	02.02.2021

Характеристики	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Место разлива	Краснодарский край	Республика Марий-Эл	Республика Татарстан	Кировская область	Республика Башкортостан	Республика Коми
Фракционный состав нефтепродуктов						
Петролейная	1	30	5	10	20	30
Бензиновая	1	50	5	5	30	50
Лигроиновая	1	20	5	5	20	20
Керосиновая	1	-	5	5	20	-
Дизельная	10	-	50	15	5	-
Мазут	50	-	15	30	5	-
Гудрон	36	-	15	30		-

### Задание 6.

Предложите и обоснуйте выбор технологии переработки твердых коммунальных отходов (ТКО), образующихся в населенном пункте. Варианты населенных пунктов и их характеристики представлены в таблице 6. Для выбранной технологии составьте проект технологического регламента, включающий блок-схему этапов переработки, характеристику образующихся продуктов и отходов переработки, баланс масс, а также необходимое техническое оснащение производства. Рассчитайте энергетическую эффективность выбранной вами технологии.

Таблица 6. Варианты населенных пунктов

Характеристики	Вариант					
	1	2	3	4	5	6
Тип населенного пункта	город	село	п.г.т.	город	село	п.г.т.
Численность, чел.	1 000 000	3000	500 000	700 000	450	250 000
Количество ТКО, тыс.т/год	200 000	600	100 000	140 000	90	50 000
Наличие системы раздельного сбора мусора	+	-	-	-	-	+
Фракционный состав отходов						
Бумага и картон	35	25	15	20	50	15
Пищевые отходы	25	10	35	40	5	60
Пластмассы	10	35	20	20	30	10
Стекло	10	20	10	15	5	5
Металлы	10	5	10	10	5	5
Текстиль	10	5	10	5	5	5

## **Приложение 1. Пример проекта технологического регламента**

### **1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССА ПЕРЕРАБОТКИ КУРИНОГО ПОМЕТА**

- 1.1 Полное наименование производства: промышленное производство переработки переработка куриного помета в пироуголь
- 1.2 Метод производства: медленный пиролиз с последующей грануляцией
- 1.3 Мощность производства: до 3 т/час.
- 1.4 Предприятие – разработчик технологического процесса: ФГАОУ ВО «КПФУ»
- 1.5 Технологическая схема промышленного производства переработки куриного помета размещается на площадях, определяемых Индустриальным партнером – ООО «Агрофирма 2»

### **2. ХАРАКТЕРИСТИКА ИЗГОТАВЛИВАЕМОЙ ПРОДУКЦИИ**

#### **2.1 Наименование продукта переработки**

«Пироуголь из куриного помета гранулированный (ПУГ)»,

Производство и контроль качества ПУГ должно осуществляться в соответствии с настоящим технологическим регламентом

#### **2.2 Организация производитель**

ООО «Агрофирма 2»

#### **2.3 Основное назначение продуктов и их потребительские свойства**

1. Пироуголь из куриного помета гранулированный – куриный помет, подвергнутый термохимической обработке методом «медленного» пиролиза с последующей грануляцией. ПУГ предназначен для применения в сельском хозяйстве с целью увеличения почвенного плодородия.

ПУГ по своим физико-химическим показателям должны соответствовать требованиям и нормам, указанным в таблице 1.

Таблица 1

№	Наименование показателя	Норма	Метод контроля
Пироуголь из куриного помета, гранулированный			
1.	Внешний вид продукта при температуре (22±5)°С	черные гранулы размером не более 1 см	визуальный
2.	рН продукта, в пределах	7-9	ГОСТ 26423-85
3.	Массовая концентрация общего азота, %, в пределах	3-5	ASTM D5373-08
4.	Массовая концентрация общего углерода, %, в пределах	35-50	ASTM D5373-08
5.	Массовая концентрация общего фосфора, %, в пределах	0,5-2	ISO 22036:2008
6.	Массовая концентрация общего калия, %, в пределах	4-5	ISO 22036:2008

### 2.3.1 Упаковка, маркировка и транспортирование

Упаковка осуществляется в соответствии с требованиями ТР ТС 005/2011 «О безопасности упаковки» и ГОСТ ISO/IEC Guide 41-2013 Упаковка. Рекомендации по удовлетворению требований потребителя.

Требования к маркировке:

Маркировка продуктов переработки куриного помета должна содержать следующую информацию:

- наименование продукта;
- сведения об основных потребительских свойствах продукта;
- содержание азота, калия, фосфора, углерода в продукте;
- адрес (место нахождения), фирменное наименование (наименование) изготовителя;
- масса нетто;
- дата изготовления;
- срок годности;
- условия хранения;
- назначение продукта;
- информация о подтверждении соответствия;
- единый знак обращения;
- оптимальный метод применения;

- меры предосторожности при обращении.

Информация, указанная на маркировке, должна предоставляться путем нанесения на упаковку, этикетку, либо листовки-вкладыша, либо путем указания в инструкции по применению.

### **2.3.2 Условия транспортирования**

Транспортировка ПУГ осуществляется любым видом автомобильного, железнодорожного, морского и воздушного транспорта при соблюдении санитарных (гигиенических) требований по ГОСТ 26653-2015 или в условиях, исключающих воздействие атмосферных осадков. Требования по температуре при транспортировке не устанавливаются.

### **2.3.3 Условия хранения**

ПУГ хранят в специальных складских помещениях, обеспечивающих его безопасность использования в течение установленного срока годности. Срок годности 5 лет при температуре окружающей среды  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  -  $+30\text{ }^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности воздуха не более 80%.

## **3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА**

Технологическая схема производства скомпонована в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51721-2001 Установки электротермической переработки отходов. Общие методы испытаний, а также целесообразности возможного объединения процессов и операций по принципу их идентичности, последовательности проведения в следующие этапы и стадии.

Технологическая схема производства ПУГ представлена на рисунке 1.

ТО1.1	Разгрузка сырья
ТО1.2	Транспортировка сырья по конвейерной ленте
ТО1.3	Сушка сырья
ТО1.4	Измельчение сырья

## **ТО1 Подготовка сырья**

*К1.1 Контроль параметров оборудования*

*К1.2 Внутрिलाбораторный контроль*

*К1.3 Контроль качества сырья*

ТО2.1	Подача сырья в пиролизную камеру
ТО2.2	Пиролиз сырья
ТО2.3	Конденсация пиролизного топлива
ТО2.4	Остужение пироугля
ТО2.5	Измельчение пироугля

## **ТО2 Пиролиз**

*К2.1 Контроль параметров оборудования*

*К2.2 Контроль качества и объема пиролизных газов*

*К2.3 Контроль качества пироугля по физическим показателям*

*К2.4 Контроль состава пироугля по токсикологическим показателям*

*К2.5 Контроль качества пироугля по химическим показателям*

ТО5.1	Подготовка оборудования для грануляции
ТО5.2	Дозирование, смешивание и загрузка компонентов компонентов с последующей грануляцией

## **ТО5 Получение полуфабриката ПУГ**

*К5.1 Контроль параметров оборудования*

*К5.2 Контроль качества связующего вещества для грануляции*

ТО5.3 Выгрузка гранул ПУГ

ТО5.5 Очистка грануляторов

ТО5.6 Сушка гранул ПУГ

*К5.3 Контроль качества гранул ПУГ по химическим показателям*

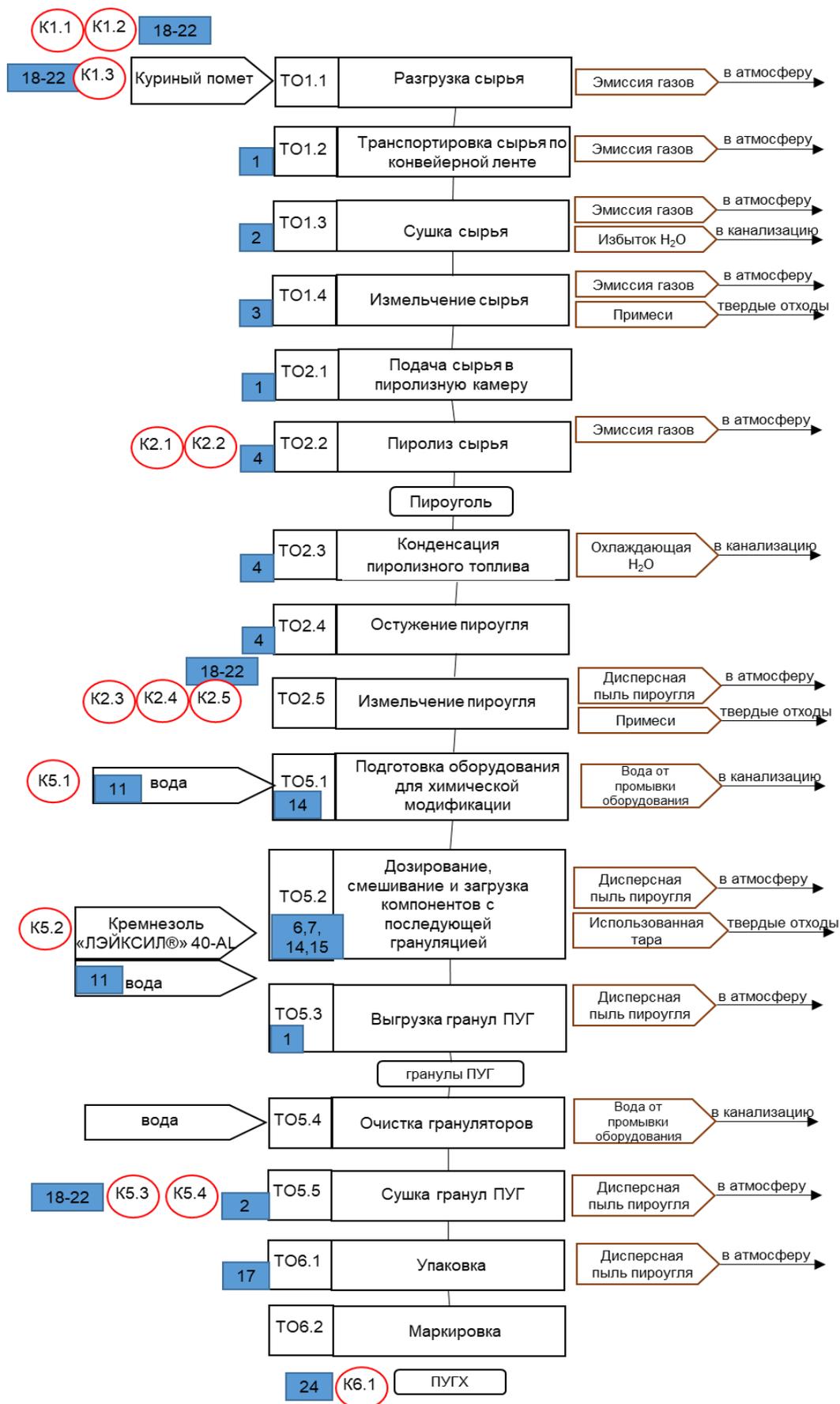
*К5.4 Контроль качества и размера гранул ПУГМ*

## **ТО6 Упаковка, маркировка**

ТО6.1 Упаковка

ТО6.2 Маркировка

*К6.1 Контроль веса и герметичности упаковки*



1 - № позиции на схеме, операция, K1.1 - контрольная операция, TO1.1 - технологическая операция

Рисунок 1 - Технологическая схема производства ПУГ

# Спецификация оборудования

Таблица 2

№ позиции на схеме	Наименование	Количество	Техническая характеристика
Промышленное оборудование			
1.	Ленточный конвейер Stadler тип MF	3	Длина 20м Ширина 2000мм Электродвигатель и редуктор SEW Диаметр барабана 220мм Лента EP 400/3 4+2 MOR с захватами Скребки стальные Трубчатая рамочная конструкция с трёхсоставными роликовыми опорами Боковые стенки из оцинкованной стали различной высоты
2.	Сушильная камера «Сушилка для ТБО и органической фракции 3800», Нетмус	2	Мощность сушилки – вход, кг/ч 3 800 Мощность сушилки – выход, кг/ч 2 500 Плотность входной массы, кг/м 450 Размеры сушилки (ДхВхШ) , м 17,0х2,6х3,4 Информация по отходам: Входная масса:Измельченные бытовые отходы – сыпучие, незамерзшие, без крупных частей
3.	Шредер S 1350.1500-75	2	Загрузочное окно, мм 350х1500 Камера дробления, мм 350х1500 Электромотор , кВт 75 Производительность, кг/час 300-3000 (при размере сита 30 мм) Размер материала на выходе, мм 10 – 200 Масса, кг 8000 Габариты (Д х Ш х В), мм 2600х2200х2800 Сертификаты ЕС, РФ
4.	Пиролизная установка	1	Пиролизная установка состоит из: - камеры пиролитического сжигания (камера отжига), с герметичной дверью для загрузки сырья; - горелки камеры сжигания; - камеры дожигания газов пиролиза; - горелки камеры дожигания; - системы нагнетания воздуха, обеспечивающей полное дожигание газов пиролиза; - системы охлаждения отходящих газов;- газоочистки; - пульта управления; - дымохода (трубы). Топливом для пиролизной установки

№ позиции на схеме	Наименование	Количество	Техническая характеристика
			является природный газ и/или пиролизный газ. Производительность 500-3500кг/ч Диапазон рабочих температур установки - 20 - 1000 °С. Точность поддержания рабочих температур - не более ±10°С; Длительность цикла пиролиза в рабочей камере: 20 мин - 8 ч рабочем диапазоне температур; Скорость подъема температуры в рабочей камере не более 10°С/мин. (режим slow-пиролиза)
5.	Дозаторы сухих компонентов	1	Объем бака л 500 Давление в пневмосистеме атм 3-6 Размер горловины для загрузки мм 605*485 Размер горловины выгрузки мм 289*289 Напряжение питающей сети В 220 Мощность двигателя кВт 0,06 Длина/ширина/высота мм 1410*1410*2500 Вес кг 160
6.	Дозатор жидких компонентов	2	Перистальтический насос ПН-40-2,2/45 Частота вращения, об./мин 45 Производительность, м3/ч 3,4 Напор до, Мпа 1,3 Дальность подачи, м 50 Высота подачи, м 15 Мощность кВт 2,2 Длина ширина высота, мм 900x800x700 Вес, кг 210
7.	Тельфер канатный передвижной CD1	2	Грузоподъемность, кг 500 Высота подъема, м 6 Скорость подъема, м/мин 8 Скорость передвижения, м/мин 20 Исполнение Общепромышленное, крановое, У1 (на улице/в помещении) Тормоз Конический встроенный тормоз
8.	Система очистки воды	1	Аруан 50 – (50-60 м3/час, Ду 100мм) Производительность – 50 м3/час – 60 м3/час. (в зависимости от давления в системе) Тонкость фильтрации –10 микрон.
9.	Осушитель конденсационный	5	Осушающая способность (30°С 80% RH)210 л/сут

№ позиции на схеме	Наименование	Количество	Техническая характеристика
	стационарный промышленный SABIEL DP210		Рабочий диапазон отн. влажности 30%÷90% Рабочий диапазон температур 10°C÷38°C Площадь применения (при h=2,6 м) ≤ 180÷300 м <sup>2</sup> Производительность вентилятора 2300 м <sup>3</sup> /час
10.	Чан с устройством для перемешивания компонентов для грануляции ПУГ	1	Объем не менее 5 м <sup>3</sup> Наличие сливного отверстия с низу с запором Диаметр сливного отверстия не менее 30см
11.	Гранулятор ZLSP 400	10	Производительность до 1100 кг/час Мощность 30 кВт 380 В Размер получаемых пеллет (мм) Диаметр 4-10 мм, при необходимости 2,5 -3 мм (при смене матрицы) Размер частиц входного материала (мм) < 5*5 Допустимая влажность сырья (%) 10-18 Диаметр матрицы (мм) 400 Вес 550 (кг) Габариты (д*ш*в) 1520*600*1150
12.	Аппарат для фасовки в «Биг-Бэг»	1	Тип применяемых мягких контейнеров четырехстропные (двухстропные) Исполнение весового узла рамка для подвеса строп мешка Средняя производительность до 20 тонн в час Диапазон взвешивания фасуемых материалов от 500 до 2000 кг Статистическая точность взвешивания по ГОСТ 29329-92 Габариты станции в разложенном состоянии (ДхШхВ), не более 1540x1760x3300 мм Масса станции, не более 450 кг
Аналитическое оборудование			
13.	pH-метр-иономер «Эксперт-004»	1	Тип pH-метра: стандартная точность; Диапазон измерения pH, ед. pH: 0...14; Питание аккумуляторное/сетевое: наличие; Исполнение: лабораторный; Масса, кг: не более 0,95; Размеры, мм: 220x210x70.
14.	Vario MAX cube (Elementar)	1	Определение азота в жидких и твердых образцах; Масса образцов для анализа, г: не менее 1,5;

№ позиции на схеме	Наименование	Количество	Техническая характеристика
			Содержание органического вещества в образцах, мг: не более 500;
15.	ICP-9000 (Shimadzu)	1	<p>Производитель SHIMADZU  Страна Япония  Модель ICPE-9000  Продувка оптики вакуум  Диапазон <math>\lambda</math>, нм 167-800  Разрешение:  спектральное, нм  пиксельное, пм/пиксель  0,005 (при 200 нм)  Размеры (Д×Ш×В), мм 1350×760×830  Масса, кг 270</p>
16.	Лабораторные весы OHAUS Pioneer PA413	1	<p>Вес 6.9 кг  Размер платформы, (мм) 120  Класс точности Высокий (II)  Калибровка Внешняя  Наибольший предел взвешивания, (гр) 410 гр  Габариты, мм 196x287x320  Дискретность, (гр) 0,001 гр</p>
17.	Низкотемпературная печь Snol 58/350	1	<p>Объём, л - 58  Максимальная температура, °С - 350  Стабильность температуры в  установившемся тепловом режиме, без  садки, °С ±1  Габаритные размеры, мм, не более  длина 675  ширина 675  высота 600  Масса, кг 50</p>
18.	Платформенные весы МАССА-К 4D-PM-1- 500-A 10301	1	<p>Назначение - промышленные  Мах вес, кг 500  Дискретность, г 100  Платформа, мм 1000x1000  Функция печати наклейки нет  Серия 4D  Вес, кг 50.2</p>

#### 4. ХАРАКТЕРИСТИКА СЫРЬЯ, МАТЕРИАЛОВ, ПОЛУПРОДУКТОВ И ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

Характеристика сырья, материалов, полупродуктов и энергоресурсов приведена в таблице 3.

Таблица 3

№пп	Наименование сырья, материалов, полупродуктов	Государственный и отраслевой стандарт, ТУ, регламент	Наименование показателей, обязательных для проверки	Наименование регламентируемых показаний с допустимыми отклонениями
«А» - основное сырье				
1	Куриный помет	ГОСТ 31461-2012	Консистенция (фазовое состояние), визуальный осмотр Массовая доля влаги, г/кг, не более Массовая доля органического вещества, г/кг, не менее N, мг/г As, мг/г Cd, мг/г Cr, мг/г Cu, мг/г Mn, мг/г Ni, мг/г P, мг/г Pb, мг/г S, мг/г Zn, мг/г K, мг/г	Сыпучее  400 450  1-300 0-20 0-33 0-6 0-132 0-1500 0-80 5-250 0-130 0-160 0-220 5-250
1.	Кремнезоль «ЛЭЙКСИЛ®» 40-AL	Стандарт производителя	pH Массовая концентрация диоксида кремния, % масс Кинематическая вязкость, сСт, не более Плотность, г/см <sup>3</sup> Внешний вид:	2,2-4  39-41  15 1,29-1,31 опалесцирующий раствор желтоватого цвета
2.	Очищенная вода	Стандарт предприятия	Удельное сопротивление	5,1 ±0,1МОм
3.	Электроэнергия	ГОСТ Р 54149-2010	Напряжение/мощность	380В/70 кВт

## 5. ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

### **ТО1 Подготовка сырья**

#### **К1.1 Контроль параметров оборудования**

Оператором отделения подготовки сырья осуществляется контроль готовности оборудования к приему сырья: фиксация показателей температурных датчиков, скорости движения конвейерной ленты, времени экспозиции в сушильной камере в журнале контроля оборудования. В случае несоответствия данных параметров требованиям «Технологической инструкции пиролиза куриного помета» запуск процесса разгрузки сырья останавливается до момента вывода параметров на нужные значения.

#### **К1.2 Внутрिलाбораторный контроль**

Лаборантом осуществляется определение готовности оборудования для дальнейших анализов качества сырья и продуктов, внутрिलाбораторный контроль реактивов и стандартных растворов, определение холостых и контрольных проб. Фиксация результатов осуществляется в журналах внутрिलाбораторного контроля. В случае соответствия происходит запуск линии производства и дальнейший прием проб на анализы, в случае несоответствия каких-либо параметров прием проб на анализ не осуществляется до их исправления, линия не запускается.

#### **ТО1.1 Разгрузка сырья**

Доставка сырья (куриного помета) осуществляется в грузовых саморазгружающихся автомобилях, прицепах или полуприцепах с кузовом, механически наклоняемых для выгрузки груза или с принудительной разгрузкой. Для этого организован подъездной путь в виде эстакады к бункеру-приемнику сырья в который происходит разгрузка сырья. Разгрузка сырья осуществляется со скоростью не более 3т/час. Фиксация поставщика,

перевозчика, даты, партии и количества полученного сырья осуществляется оператором отделения подготовки сырья в журнале учета поступающего сырья.

### **К1.3 Контроль качества сырья**

Отбор образцов куриного помета осуществляется для определения характеристик сырья поступившего на переработку. Лаборант отбирает пробы сырья (куриного помета) пробоотборником по 0,2л в 5 местах методом конверта с поверхности и с глубины 0,5 м. Далее отобранные 10 проб смешиваются в равных пропорциях, из полученной единой смешанной пробы массой 0,5кг отбираются образцы для анализа фазового состояния, массовой доли влаги, массовой доли органического вещества, содержания N, As, Cd, Cr, Cu, Mn, Ni, P, Pb, S, Zn, K. Полученные результаты фиксируются в журнале контроля качества сырья. В случае соответствия сырья Характеристике сырья (таблица 3), сырье отправляется в производство, в случае не соответствия, сырье выбраковывается. Отбракованное сырье может быть перемешано с сырьем высокого качества для достижения требуемых Характеристик сырья (таблица 3).

### **ТО1.2 Транспортировка сырья по конвейерной ленте**

Из бункера-приемника сырья куриный помет перемещается на транспортерную ленту конвейера, по которой далее движется по отделению подготовки сырья.

### **ТО1.3 Сушка сырья**

Конвейерная лента подает сырье в ленточную сушилку, которая представляет собой устройство для низкотемпературной сушки в диапазоне температур от 50 до 70 °С и времени сушки 10-120 минут в зависимости от влажности исходного сырья согласно «Технологической инструкции пиролиза куриного помета». В случае непрерывного процесса сушилка включается в режим непрерывной работы, в случае загрузки партиями – сушилка включается в режим периодической работы. Управление сушилкой осуществляет оператор

отделения подготовки сырья, режим сушки устанавливается в зависимости от влажности исходного сырья согласно «Технологической инструкции пиролиза куриного помета». Управление сушилкой - автоматическое, с помощью программного обеспечения, постоянное присутствие оператора во время сушки не требуется. Сырье подается в отдел приема сырья, далее поступает в сушильный тоннель с лентой, по ленте переходит в отделение с воздушной системой пониженного давления с дополнительным нагревом воздуха, приводов, оборудования для натяжения лент со станциями для возврата и оборудования для выдачи сухого материала. В сушилку встроена система управления и противопожарная система, включая пульт управления камерой распределителя. Доступ к этой системе имеет оператор отделения подготовки сырья. Куриный помет, предназначенный для сушки, с помощью подающего конвейера засыпается в хоппер приемной станции, и двумя шнеками размещается равномерно по всей ширине сушильной ленты. Необходимый загружаемый слой материала устанавливается с помощью программы в зависимости от влажности исходного сырья. Во время сушки слой материала роликами ворошения на сушильной ленте переворачивается так, чтобы все частицы субстрата проветривались со всех сторон. На верху сушилки находятся теплообменники (горячая вода – воздух), от которых проходит воздух вниз к сушильной ленте и из-под них с боку отсасывается вентиляторами вытяжки. Оптимальную скорость сушильной ленты обеспечивает электромотор, оборотами которого управляет частотный преобразователь. После прохода через сушильный тоннель сухой куриный помет попадает в место выгрузки, а именно на шнековый конвейер. Содержание воды (влажности) в сухом курином помете контролируется постоянно на выходе по установленным величинам и результат с помощью „обратной связи“, контролирует оптимальную скорость движения сушильной ленты, и таким образом, соблюдается качество сушки по предустановленным параметрам. Теплый сушильный воздух проходит через сушилку при помощи вентилятора вытяжки, который в свою очередь влажный воздух с помощью пониженного давления отсасывает из сушильной машины.

#### **ТО1.4 Измельчение сырья**

Далее происходит измельчение сырья. Из сушилки куриный помет по конвейерной ленте подается в загрузочное окно одновального шредера S 1350.1500-75 (измельчителя отходов). Оператор отделения подготовки сырья задает параметры работы шредера (скорость вращения вала) в зависимости от размеров исходного сырья в соответствии с «Технологической инструкции пиролиза куриного помета». В камере дробления, за счет попадания куриного помета под вал с ножами из высокопрочной стали, происходит измельчение сухих агрегатов куриного помета до размера частиц 10-200мм. Измельченный куриный помет выгружается на конвейерную ленту.

#### **ТО2 Пиролиз**

##### **ТО2.1 Подача сырья в пиролизную камеру**

Из отделения подготовки сырья сухой, измельченный куриный помет на конвейерной ленте подается в пиролизную установку.

##### **К2.1 Контроль параметров оборудования**

Оператор отделения пиролиза осуществляет контроль готовности пиролизного оборудования для запуска.

##### **ТО2.2 Пиролиз сырья**

По конвейерной ленте сырье подается в камеру отжига (рабочую камеру пиролизной установки) через герметичное загрузочное отверстие размером 0,4м x 0,9м. Время удерживания сырья при пиковой температуре, скорость нагрева задается оператором пиролизной установки в соответствии с «Технологической инструкции пиролиза куриного помета» и характеристик исходного сырья и фиксируется в журнале контроля процесса пиролиза. На первом этапе куриный помет находится в камере отжига, которая термоизолирована, герметизирована во всем рабочем диапазоне температур,

поддерживает температуру от 20 до 1000°C. Оператор отделения пиролиза осуществляет контроль процесса пиролиза, а именно отслеживает параметры работы пиролизной установки в динамике процесса пиролиза. Учет параметров фиксирует в журнале работы пиролизной установки: дата, партия сырья, масса партии, время нахождения сырья в пиролизной установке, температуры пиролиза, масса выходящего пироугля, объем образующегося пиролизного газа. В случае несоответствия параметров значениям, прописанным в «Технологической инструкции пиролиза куриного помета», процесс пиролиза останавливается до устранения причины неисправности.

### **ТО2.3 Конденсация пиролизного топлива**

Конденсация пиролизного газа осуществляется в блоке конденсации пиролизных газов, который включает в себя камеру конденсации и систему охлаждения. Конденсат и пиролизный газ в дальнейшем поступают на участки сушки в качестве теплоносителя и топлива.

### **К2.2 Контроль состава и объема пиролизных газов**

Контроль качества и количества пиролизного газа осуществляет лаборант, который фиксирует данные с датчиков и контрольно-измерительных приборов: манометра абсолютного и дифференциального давления, комплексных газоанализаторов для определения концентрации  $O_2$ ,  $CO$ ,  $NO$ ,  $SO_2$ ,  $NO_2$ ,  $CO_2$ . Показатели фиксируются лаборантом в журнале контроля процесса пиролиза. В случае соответствия состава и количества пиролизного газа ПДВ, согласованным для данного источника выбросов, процесс пиролиза продолжается, в случае не соответствия – происходит поиск причин неполадки, а именно в работе блока конденсации пиролизных газов, их устранение и повторный запуск процесса пиролиза.

#### **ТО2.4 Остужение пироугля**

По окончанию процесса пиролиза оператор пиролизной установки контролирует процесс перемещения пироугля из камеры отжига в камеру дожига. Камера дожига термоизолирована, герметизирована, что исключает попадание туда атмосферного воздуха и возможность самовозгорания пироугля. Оператор пиролизной установки задает время выдерживания пироуголя в камере дожига время, аналогичное времени пиролиза. Далее из камеры дожига остывший пироуголь выгружается на конвейерную ленту.

#### **ТО2.5 Измельчение пироугля**

По конвейерной ленте пироуголь подается в загрузочное окно одновального шредера S 1350.1500-75 (измельчитель). В камере дробления, за счет попадания пироугля под вал с ножами из высокопрочной стали, происходит измельчение сухих агрегатов пироугля до Оператор отделения пиролиза задает параметры работы шредера (скорость вращения вала) в зависимости от размеров исходного сырья в соответствии с «Технологической инструкции пиролиза куриного помета». В камере дробления, за счет попадания куриного помета под вал с ножами из высокопрочной стали, происходит измельчение сухих агрегатов куриного помета до размера частиц 10-200мм. Измельченный куриный помет выгружается на конвейерную ленту.

#### **К2.3 Контроль качества пироугля по физическим показателям**

Отбор образцов пироугля осуществляется для определения физических характеристик пироугля. Лаборант отбирает пробы пироугля пробоотборником по 0,2л в 5 местах на конвейерной ленте расстоянием не менее 1 м друг от друга на поверхности и на глубине 0,25-0,30м. Далее, отобранные 10 проб смешиваются в равных пропорциях, из полученной единой смешанной пробы массой 0,5кг отбираются образцы для анализа физических характеристик пироугля: размера частиц. Полученные результаты фиксируются в журнале контроля качества пироугля. В случае соответствия пироугля

«Технологической инструкции пиролиза куриного помета», пироуголь отправляется далее в производство, в случае не соответствия, пироуголь отправляется повторно на измельчение.

#### **К2.4 Контроль качества пироугля по токсикологическим показателям**

Отбор образцов пироугля осуществляется для определения физических характеристик пироугля. Лаборант отбирает пробы пироугля пробоотборником по 0,2л в 5 местах на конвейерной ленте расстоянием не менее 1 м друг от друга на поверхности и на глубине 0,25-0,30м. Далее отобранные 10 проб смешиваются в равных пропорциях, из полученной единой смешанной пробы массой 0,5кг отбираются образцы для анализа токсикологических характеристик пироугля: токсикологическое тестирование по отношению к трем тест-организмам: растения, простейшие, ветвистоусые рачки. Полученные результаты фиксируются в журнале контроля качества пироугля.

#### **К2.5 Контроль качества пироугля по химическим показателям**

Отбор образцов пироугля осуществляется для определения физических характеристик пироугля. Лаборант отбирает пробы пироугля пробоотборником по 0,2л в 5 местах на конвейерной ленте расстоянием не менее 1 м друг от друга на поверхности и на глубине 0,25-0,30м. Далее отобранные 10 проб смешиваются в равных пропорциях, из полученной единой смешанной пробы массой 0,5кг отбираются образцы для анализа химических характеристик пироугля: рН, содержание N, С, Р, К. Полученные результаты фиксируются в журнале контроля качества пироугля.

#### **К3.3 Контроль качества пластификатора для грануляции**

Оператор отделения грануляции проверяет соответствие пластификатора требованиям и рецептуре грануляции, а именно сверяется дата выпуска и срок годности пластификатора, отсутствие в пластификаторе антимикробных добавок, соответствие основного действующего вещества тому, что прописано

в рецептуре грануляции. В случае соответствия вышеперечисленных параметров пластификатор используется в дальнейшем процессе грануляции, в случае несоответствия – выбраковывается.

### **ТО3.8 Дозирование, смешивание и загрузка компонентов для процесса грануляции**

Оператор отделения грануляции в емкости для смешивания иммобилизованного пироугля с пластификатором дозатором для сухих компонентов подает пироуголь в количестве 100 кг с влажностью до 15%, со средним линейным размером частиц пироугля не более  $2 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$ , добавляет перистальтическим насосом на 1000 кг пироугля с иммобилизованными микроорганизмами 100 л пластификатора и 400 л очищенной воды (таким образом, пластификатор представляет собой водный раствор Кремнезоля «ЛЭЙКСИЛ®» 40-AL в соотношении кремнезоль : вода = 4:1). Полученную смесь перемешивают механическими мешалками и под силой тяжести (самотеком) подают в гранулятор.

### **ТО5 Получение полуфабриката ПУГ**

#### **К5.1 Контроль параметров оборудования**

Оператор отделения грануляции проверяет готовность оборудования для грануляции пироугля: исправность весов, исправность грануляторов, в частности матиц грануляторов, чистоту емкости для смешивания пироугля с пластификатором, наличие всех компонентов в необходимом количестве для грануляции.

#### **ТО5.1 Подготовка оборудования для грануляции**

Оператор отделения грануляции в соответствии с «Технологической инструкцией грануляции пироугля» и массой партии пироугля настраивает скорость подачи сырья в гранулятор.

## **К5.2 Контроль качества связующего вещества для грануляции**

Оператор отдела грануляции проверяет соответствие пластификатора требованиям «Технологической инструкции грануляции пироугля», а именно сверяется дата выпуска и срок годности пластификатора, отсутствие в пластификаторе антимикробных добавок, соответствие основного действующего вещества тому, что прописано в рецептуре грануляции.

## **ТО5.2 Дозирование, смешивание и загрузка компонентов с последующей грануляцией**

В емкости для смешивания пироугля с пластификатором и компонентами для химической модификации подают пироуголь (с влажностью менее 15%, со средним линейным размером частиц пироугля не более  $2 \text{ мм} \pm 0,5 \text{ мм}$ ) дозатором для сухих компонентов в количестве 10 т, далее дозатором для жидких компонентов подают 0,75 т пластификатора (Кремнезоль «ЛЭЙКСИЛ®» 40-AL) и 2,25 т воды согласно «Технологической инструкции грануляции пироугля». Полученную смесь перемешиваются механическими мешалками и под силой тяжести (самотеком) подают в грануляторы ZLSP 400. Процесс гранулирования осуществляется при температуре  $40^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$  и атмосферном давлении с получением целевого продукта в виде гранул с размером 4 мм. Через загрузочную воронку продукт попадает на матрицу и под действием роликов (прессовочный вал и матрица благодаря трению между ними нагреваются до температуры 60-75 градусов). Затем смесь иммобилизованного пироугля и пластификатора роликами выдавливается под давлением 1000—1200 кг/см. кв. и, в результате, получаются гранулы. В зависимости от используемой матрицы диаметр гранул может быть: 2,5, 3, 4, 5, 6 или 8 мм. Длина гранулы регулируется срезным ножом. Оператор отделения грануляции в журнале учета работы отделения грануляции фиксирует дату, номер партии пироугля для грануляции, массу партии, массу пластификатора, тип пластификатора, объем использованной воды.

### **Т05.3 Выгрузка гранул ПУГ**

Выгрузка гранул из гранулятора осуществляется на конвейерную ленту, которая далее будет проходить через сушильную камеру.

### **Т05.4 Очистка грануляторов**

Оператор участка грануляции после завершения процесса грануляции проверяет исправность всего оборудования, очищает чан для смешивания пироугля и пластификатора, грануляторы и матрицы грануляторов от остатков ПУГ.

### **Т05.5 Сушка гранул ПУГ**

Конвейерная лента подает сырье в ленточную сушилку, которая представляет собой устройство для низкотемпературной сушки в диапазоне температур от 50 до 70 °С и времени сушки 10-120 минут в зависимости от влажности исходного сырья согласно «Технологической инструкции грануляции пироугля». В случае непрерывного процесса сушилка включается в режим непрерывной работы, в случае загрузки партиями – сушилка включается в режим периодической работы. Управление сушилкой осуществляет оператор отделения грануляции, режим сушки устанавливается в зависимости от влажности исходного сырья согласно «Технологической инструкции грануляции пироугля». Управление сушилкой - автоматическое, с помощью программного обеспечения, постоянное присутствие оператора во время сушки не требуется. ПУГ подаются в отдел приема материала для сушки, далее поступают в сушильный тоннель с лентой, по ленте переходят в отделение с воздушной системой пониженного давления с дополнительным нагревом воздуха, приводов, оборудования для натяжения лент со станциями для возврата и оборудования для выдачи сухого материала. В сушилку встроена система управления и противопожарная система, включая пульт управления камерой распределителя. Доступ к этой системе имеет оператор отделения грануляции. ПУГ, предназначенный для сушки, с помощью подающего

конвейера засыпается в хоппер приемной станции, и двумя шнеками размещается равномерно по всей ширине сушильной ленты. Необходимый загружаемый слой материала устанавливается с помощью программы в зависимости от влажности ПУГ. На верху сушилки находятся теплообменники (горячая вода – воздух), от которых проходит воздух вниз к сушильной ленте и из-под них с боку отсасывается вентиляторами вытяжки. Оптимальную скорость сушильной ленты обеспечивает электродвигатель, оборотами которого управляет частотный преобразователь. После прохода через сушильный тоннель сухой ПУГ попадает в место выгрузки, а именно на шнековый конвейер. Содержание воды (влажности) в сухом ПУГ контролируется постоянно на выходе по установленным величинам и результат с помощью „обратной связи“, контролирует оптимальную скорость движения сушильной ленты, и таким образом, соблюдается качество сушки по установленным параметрам. Теплый сушильный воздух проходит через сушилку при помощи вентилятора вытяжки, который в свою очередь влажный воздух с помощью пониженного давления отсасывает из сушильной машины. Оператор отделения грануляции в журнале учета работы отделения грануляции фиксирует массу полученного ПУГ.

### **К5.3 Контроль качества гранул ПУГ по химическим показателям**

Отбор образцов ПУГ осуществляется для контроля химического состава и влажности. Лаборант отбирает пробы ПУГ пробоотборником по 0,2л в 10 раз на конвейерной ленте расстоянием не менее 1 м друг от друга на поверхности. Далее, отобранные 10 проб смешиваются в равных пропорциях, из полученной единой смешанной пробы массой 0,5кг отбираются образцы для анализа влажности и химического состава (содержание С, N, P, K). Если влажность пироугля составляет более 15%, процесс сушки пироугля продолжается. Влажность и химический состав ПУГ фиксируется в журнале оценки качества ПУГ.

## **К5.4 Контроль размера гранул ПУГ**

Отбор образцов ПУГ осуществляется для контроля качества процесса грануляции. Лаборант отбирает пробы ПУГ пробоотборником по 0,2л в 10 раз на конвейерной ленте расстоянием не менее 1 м друг от друга на поверхности. Далее, отобранные 10 проб смешиваются в равных пропорциях, из полученной единой смешанной пробы массой 0,5кг отбираются образцы для определения размера гранул и степени их устойчивости при сдавливании. Результаты фиксируются в журнале оценки качества ПУГ.

## **Т06 Упаковка, маркировка**

### **Т06.1 Упаковка**

По конвейерной ленте готовые гранулы продукта (ПУГМ) поступают в фасовочную машину предназначена для полуавтоматического дозирования сыпучих и кусковых материалов в открытые бумажные пакеты. Установка обеспечивает высокоточное формирование массы дозы в мешках и пакетах различной емкости. Масса, дозы, режим дозирования и другие сменные параметры задаются оператором с клавиатуры весопроектора пульта управления. Фасовочная машина с весовым дозатором и механическим зажимом мешка, предназначена для фасовки ПУГМ в бумажные пакеты. Основные особенности: Дозирование происходит в мешки, закрепляемые на воронку взвешивающего устройства.

По конвейерной ленте готовые гранулы продукта (ПУГХ, ПУГ) поступают в фасовочную машину для «Биг-Бэг». Оператор вручную надевает горловину контейнера на патрубок выгрузки, которая фиксируется ручным зажимом, либо пневматическим зажимом, и надевает петли мешка на крючки весовой рамки. Перед подачей материала контейнер надувается воздухом с целью приобретения необходимой формы. Сыпучий материал самотеком заполняет емкость контейнера. Дозировка обеспечивается двухходовым затвором, позволяющим «грубо» и «точно» регулировать заполнение емкости. После

загрузки автоматика подает сигнал на закрытие затвора загрузки материала и аспирационной системы. Оператор вручную разжимает ручной зажим горловины мешка, либо автоматика подает сигнал на разжатие пневматического зажима мешка. Заполненный контейнер снимается с весовой рамки при помощи вилочного погрузчика.

## **ТО6.2 Маркировка**

Маркировка упаковки производится автоматически. Бирки – этикетки вшиваются в мешки и «Биг-Бэг» при их упаковке.

### **К6.1 Контроль веса и герметичности упаковки**

Каждая 50 упаковка пироугля проходит контрольное взвешивание и контрольный осмотр наличия маркировки, соответствия и читаемости указанных данных маркировки, результаты фиксируются в журнале контроля упаковки и маркировки

## 6. НОРМЫ РАСХОДОВ ОСНОВНЫХ ВИДОВ СЫРЬЯ

Нормы расхода указаны на 1 тонну ПУГ.

Таблица 4

Наименование сырья, материалов, энергоресурсов	Норма расхода		
	по проекту	достигнутые на момент составления регламента	примечания
Куриный помет	2,5	2,5	
Электроэнергия, кВт*ч	70	70	
Вода для грануляции, м3	0,5	0,5	
Пластификатор Кремнезоль «ЛЭЙКСИЛ®» 40-AL, м3	0,125	0,125	
тара упаковочная «Биг- Бэг», шт	50	50	
Этикетки, шт.	50	50	

## 7. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ ПРОЦЕССОМ

Таблица 5

Наименование стадий процесса, места измерения параметров или отбора проб	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Нормы и технические показатели	Метод испытания и средства контроля	Требуемая точность измерения параметров	Кто контролирует
ТО1 Подготовка сырья						
КО1.1 Контроль параметров оборудования	Температура Скорость движения конвейерной ленты Время экспозиции в сушильной камере	До начала каждой операции	Согласно «Технологической инструкции пиролиза куриного помета»	-	-	Оператор отделения подготовки и сырья
КО1.2 Внутрилабораторный контроль	Готовность лаборатории и к проведению анализов	Ежедневно				Лаборант
КО1.3 Контроль качества сырья	Консистенция (фазовое состояние), визуальный осмотр Массовая доля влаги, г/кг Массовая доля органического вещества, г/кг, Содержание: N, мг/г As, мг/г Cd, мг/г Cr, мг/г Cu, мг/г Mn, мг/г Ni, мг/г P, мг/г Pb, мг/г S, мг/г Zn, мг/г K, мг/г	Для каждой партии сырья	Сыпучее  400  450   1-300 0-20 0-33 0-6 0-132 0-1500 0-80 5-250 0-130 0-160 0-220 5-250	Визуальный, ГОСТ 28268-89, ASTM D5373-08, ISO 22036:2008	Согласно нормативным документам	Лаборант

Наименование стадий процесса, места измерения параметров или отбора проб	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Нормы и технические показатели	Метод испытания и средства контроля	Требуемая точность измерения параметров	Кто контролирует
ТО2 Пиролиз						
КО2.1 Контроль параметров оборудования	Готовность пиролизной установки к запуску: Скорость нагрева Температура Время нахождения сырья в камере отжига, камере дожига	Перед началом каждой операции	Согласно «Технологической инструкции пиролиза куриного помета»			Оператор отделения пиролиза
КО2.2 Контроль окружающей среды	O <sub>2</sub> CO NO SO <sub>2</sub> NO <sub>2</sub> CO <sub>2</sub>	При каждом пиролизном цикле	Согласно тому ПДВ	ГОСТ 33754-2016	Согласно нормативным документам	Лаборант
КО2.3 Контроль качества пироугля по физическим показателям	Размер частиц	Для каждой партии сырья	Согласно «Технологической инструкции пиролиза куриного помета»		±1мм	Лаборант
КО2.4 Контроль качества пироугля по токсикологическим показателям	Токсичность по отношению к 3 тест-объектам	Для каждой партии сырья	Согласно «Технологическому регламенту пиролиза куриного помета»	СП 2.1.7.138 6-03	Согласно нормативным документам	Лаборант
КО2.5 Контроль качества пироугля по химическим показателям	pH Содержание: С N P K	Для каждой партии сырья	Согласно «Технологической инструкции пиролиза куриного помета»	ASTM D5373-08, ISO 22036:2008	Согласно нормативным документам	Лаборант

Наименование стадий процесса, места измерения параметров или отбора проб	Контролируемый параметр	Частота и способ контроля	Нормы и технические показатели	Метод испытания и средство контроля	Требуемая точность измерения параметров	Кто контролирует
ТО5 Получение полуфабриката ПУГ						
КО5.1 Контроль параметров оборудования	Готовность оборудования к иммобилизации с последующей грануляцией	Перед началом каждой операции	Согласно «Технологической инструкции химической модификации и пироугля»			Оператор отделения грануляции
КО5.2 Контроль качества связующего вещества для грануляции	Дата выпуска Срок годности Отсутствие антимикробных добавок	Перед началом каждой операции	Согласно «Технологической инструкции химической модификации и пироугля»			Оператор отделения грануляции
КО5.3 Контроль качества и размера гранул ПУГ	Размер Степень устойчивости	Для каждой партии	Согласно «Технологической инструкции иммобилизации микроорганизмов на пироугле»			Лаборант
ТО6 Упаковка, маркировка						
КО6.1 Контроль веса и герметичности упаковки	Контрольное взвешивание упаковки Наличие маркировки Читаемость и соответствие маркировки	Для каждой партии			±5кг	Оператор отделения упаковки

## 8. ВОЗМОЖНЫЕ НЕПОЛАДКИ, ИХ ПРИЧИНЫ И СПОСОБЫ УСТРАНЕНИЯ

Таблица 6

Вид или проявление неполадок	Возможные причины неполадок	Действия персонала, способ устранения неполадок
Остановка силовых агрегатов (и/или): - насоса, - мешалки, -конвейерные ленты	- отключение электроэнергии; - срабатывание тепловой защиты агрегатов; - попадание инородного тела в движущиеся части	- поставить в известность главного энергетика - вызвать слесаря и электрика; - выключить аппарат и автомат, вызвать слесаря
Перегрев пиролизной установки в процессе пиролиза	- низкая скорость подачи сырья пиролизную печь	- повысить скорость подачи сырья в пиролизную печь;  - в случае продолжения увеличения температуры, остановить процесс пиролиза и вызвать наладчика пиролизной установки

## 9. НОРМЫ ОБРАЗОВАНИЯ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ОХРАНА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

### 9.1 Нормы образования отходов при производстве 1 т готового продукта

Таблица 7

Наименование отходов, характеристик состав, аппарат или стадия образования	Направление использования, метод очистки или уничтожения	Нормы образования отходов (кг/т)		
		по проекту	достигнутые на момент составления регламента	примечание
Тара из под пластификатора	Направляется на вторичную переработку	10	10	При производстве ПУГ
Дисперсная пыль пироугля	Направляется на производство ПУГ	15	15	При производстве ПУГ

## 9.2 Выбросы в атмосферу

Таблица 8

Наименование выброса, отделение, аппарат, диаметр и высота выброса	Кол-во источников выбросов	Суммарный объем отходящих газов, м <sup>3</sup> /ч	Периодичность	Характеристика выброса				Примечание
				температура, °С	состав выброса, мг/м <sup>3</sup>	ПДКа тм.в. вредных веществ, или ОБУ В, мг/м <sup>3</sup>	количество нормируемых компонентов вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу, кг/ч	
Пиролизный газ	1		При работе пиролизной установки	200-300	СН <sub>4</sub>	Расчет образования и нормативов будет произведен при составлении тома ПДВ для предприятия		
					С <sub>2</sub> Н <sub>6</sub>			
					С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>			
					<i>i</i> -С <sub>3</sub> Н <sub>8</sub>			
					С <sub>4</sub> Н <sub>10</sub>			
					С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub>			
					<i>i</i> -С <sub>5</sub> Н <sub>12</sub>			
					С <sub>6</sub> Н <sub>14</sub>			
					Н <sub>2</sub>			
О <sub>2</sub>								
Дисперсная пыль пироугля	1 (площадной)	-	При транспортировке пироугля, при грануляции пироугля	20-25	Взвешенные частицы пироугля			

## 9.3 Твердые отходы

Твердые отходы собираются на специализированной площадке для накопления твердых отходов до момента их передачи на вторичную переработку.

## 9.4 Разливы и аварийные образования отходов

Случайно пролитые или рассыпанные вещества собирают и в дальнейшем используют по возможности в последующих технологических процессах. Остатки пролитых и рассыпанных веществ собирают в бочки и передают на утилизацию.

## 9.5 Сточные воды

Таблица 9

Наименование сбрасываемых сточных вод, отделение, аппарат	Место сбрасывания	Количество стоков, м <sup>3</sup> /сутки	Периодичность	Характеристика сброса			Примечание
				содержание контролируемых вредных веществ в сбросах (по компонентам), мг/л или кг/м <sup>3</sup>	ПДКв и ПДКр/х. сбрасываемых вредных веществ	допустимое количество сбрасываемых вредных веществ	
Сток от работы лаборатории	Канализация	0,2	ежедневно	Отсутствует	Отсутствует		
Сток от мытья производственных помещений	Канализация	1	ежедневно	Взвешенные вещества	500 мг/л		
Промывные воды при промывке и подготовке грануляторов к производству	Канализация	2,0-4,0	2 раза за производственный цикл	Взвешенные вещества, кремнезоль	500 мг/л		Промывные воды при подготовке оборудования к переходу на другое производство
Промывные воды при промывке и подготовке чана для иммобилизации к производству	Канализация	2,0-4,0	2 раза за производственный цикл	Взвешенные вещества	500 мг/л		Промывные воды при подготовке оборудования к переходу на другое производство
Промывные воды при промывке и подготовке чана для смешения пластификатора с биочаром к производству	Канализация	2,0-4,0	2 раза за производственный цикл	Взвешенные вещества	500 мг/л		Промывные воды при подготовке оборудования к переходу на другое производство
Конденсат сушильной установки	Канализация	20,0-40,0	Во время сушки куриного помета	Отсутствует	Отсутствует	Конденсат сушильной установки	

## 10. БЕЗОПАСНАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Раздел выполнен в соответствии с положением о порядке разработки и содержания раздела «Безопасная эксплуатация производств» технологического регламента РД 09-251-98.

Безопасный режим технологического процесса изложен в технологической части регламента.

Требования безопасности при пуске и остановке технологической системы и отдельных видов оборудования изложены в рабочих инструкциях и инструкциях по технике безопасности.

### 10.1 Основные правила безопасного ведения процесса

Вредность и опасность производства ПУГ определяется свойствами используемого сырья и полупродуктов.

Ведение процесса, исключая возможность возникновения взрывов, пожаров, отравлений и ожогов, обеспечивается:

1) проверкой показателей загружаемого сырья и точной дозировкой его в сушильную, пиролизную и гранулирующую установки в соответствии с рецептурой;

2) соблюдением норм технологического режима и строгим контролем производства по стадиям процесса (установленные на производстве контрольно-измерительные приборы должны быть в исправном состоянии и надежно обеспечивать контроль за правильным ведением технологического процесса);

3) соблюдением норм и сроков проведения ППР и испытания оборудования и материальных трубопроводов;

4) систематической проверкой работы систем приточно-вытяжной вентиляции и местных отсосов;

5) систематической проверкой исправности трубопроводов, электрооборудования, электроарматуры и заземления;

б) обязательным обеспечением работающих спецодеждой, исправными инструментами и приспособлениями, а также средствами индивидуальной защиты;

7) соблюдением технологических и рабочих инструкций, инструкций по технике безопасности, промышленной санитарии и пожарной безопасности;

8) надежной герметизацией оборудования и материальных трубопроводов;

9) использованием электрических машин, светильников, пускорегулирующей аппаратуры в производственных помещениях в соответствии с требованиями «Правил устройства электроустановок»;

10) заземлением всего оборудования, емкостей, коммуникаций от статического электричества и вторичных проявлений молний.

Для безопасного ведения процесса также необходимо:

1) при подаче легковоспламеняющихся жидкостей (пиролизного конденсата) в аппараты и емкости исключить наличие свободнопадающей струи;

2) работы по запуску и остановке пиролизной печи проводить в соответствии с инструкцией по организации огневых работ на взрывоопасных и взрывопожароопасных объектах;

3) ремонтные работы проводить только с неработающим оборудованием, при ремонтных работах применять только неискрящий инструмент, в местах частого проведения ремонтных работ иметь на полу резиновые коврики, после проведения ремонта не оставлять посторонних металлических предметов, ключи для кранов и маховики вентиляей должны быть закреплены, часто устанавливаемые в определенных местах заглушки крепятся с помощью тросиков или других соединений;

4) своевременно проводить влажную уборку отделений с целью избежания скопления пыли;

5) с целью предупреждения термических ожогов необходимо:

а) все горячее оборудование и трубопроводы с температурой выше 45°C, а также с температурой ниже нуля (минусовой) теплоизолировать;

б) при пропарках с помощью гибкого шланга на трубопроводе в местах присоединения шланга иметь запорную аппаратуру, а также хомут на шланге, по окончании пропарки ставить заглушку после запорной арматуры;

б) с целью предупреждения ранений и ушибов необходимо:

а) соблюдать рабочие инструкции по обслуживанию оборудования;

б) все движущиеся механизмы должны быть ограждены;

в) чистку, подтягивание болтов и другие работы по обслуживанию оборудования производить только после полной его остановки, при необходимости, на запорной арматуре должны быть вывешены предупредительные плакаты, электродвигатели должны быть обесточены, на пусковых устройствах в электрощитовой также должны быть предупредительные плакаты;

г) в труднодоступных местах (под оборудованием, за ограждениями) уборку производить только после остановки всего оборудования;

7) все особо опасные работы:

- чистка пиролизной печи;

-чистка сушильной установки;

-чистка грануляторной установки;

-загрузка ЛВЖ (пиролизного конденсата);

- сбор пиролизного газа;

проводить только под личным контролем начальника смены.

## **10.2 Характеристика пожаро-, взрывоопасных и токсических свойств сырья**

### **Дигидрофосфат калия**

Массовую концентрацию дигидрофосфат калия в воздухе рабочей зоны определяют гравиметрическим методом.

В организм человека дигидрофосфат калия может проникать через органы дыхания, желудочно-кишечный тракт, вызывая при этом острое токсического действия. Может причинить вред при попадании на кожу.

Длительное вдыхание пыли дигидрофосфат калия в концентрациях, превышающих предельно допустимые, приводит к развитию хронического воспаления слизистой оболочки трахеи и бронхов (трахеобронхиту), изменениям функции печени и почек.

#### *Пожароопасность*

Дигидрофосфат калия при нормальных условиях пожаро- и взрывобезопасен. Пожаро- и взрывобезопасен: Класс опасности 9. Подкласс 9.1 В огне выделяет раздражающие или токсичные пары (или газы)

Все производственные помещения должны быть оборудованы общеобменной принудительной вентиляцией, места возможного пыления – местными отсосами, воздух которых перед выбросом в атмосферу должен направляться на очистку.

#### *Меры первой помощи*

При работе с препаратом следует применять индивидуальные средства защиты (респираторы, резиновые перчатки, защитные очки), а также соблюдать правила личной гигиены, не допускать попадания препарата вовнутрь организма. Не принимать пищу, не пить и не курить во время работы.

*При отравлении ингаляционным путем:* свежий воздух, снять средства индивидуальной защиты.

*При воздействии на кожу:* растворы диаммофоски имеют щелочную реакцию. Промыть загрязненный участок кожи водой с мылом.

*При попадании в глаза:* промыть глаза большим количеством воды.

*При отравлении пероральным путем:* прополоскать рот, обратиться за медицинской помощью.

### 10.3 Средства индивидуальной защиты работающих

Таблица 10

Наименование стадии технологического процесса	Профессия работающего на стадии	Средство индивидуальной защиты работающего	Наименование и номер НТД	Срок службы	Периодичность стирки, химчистки и защитных средств	Примечание
ТО1 Подготовка сырья	оператор	Респиратор РПГ-67л	ГОСТ 12.4.296-2015	До появления незначительного запаха вредных веществ	Периодичность стирки не реже 1р. в 10 дней и по мере загрязнения	
		Защитные очки. Тип 3Н или Г	ГОСТ 12.4.253-2013	До износа		
		Резиновые перчатки	ГОСТ 20010-93	До износа		
		Спецодежда: костюм специальный	ГОСТ 12.4.280-2014	6 мес.		
		Фартук резиновый	ГОСТ 12.4.029-76	1 год		
		Рукавицы	ГОСТ 12.4.010-75	До износа		
		Обувь специальная	ГОСТ 28507-99	12 мес.		
		Перчатки х/б		36 пар в год		
		Куртка ватная		30 мес.		
		Жилет утепленный		30 мес.		
ТО2 Пиролиз	оператор	Респиратор РПГ-67л	ГОСТ 12.4.296-2015	До появления незначительного запаха вредных веществ	Периодичность стирки не реже 1р. в 10 дней и по мере загрязнения	
		Защитные очки. Тип 3Н или Г	ГОСТ 12.4.253-2013	До износа		

Наименование стадии технологического процесса	Профессия работающего на стадии	Средство индивидуальной защиты работающего	Наименование и номер НТД	Срок службы	Периодичность стирки, химчистки и защитных средств	Примечание
		Резиновые перчатки	ГОСТ 20010-93	До износа		
		Спецодежда: костюм специальный	ГОСТ 12.4.280-2014	6 мес.		
		Фартук резиновый	ГОСТ 12.4.029-76	1 год		
		Рукавицы	ГОСТ 12.4.010-75	До износа		
		Обувь специальная	ГОСТ 28507-99	12 мес.		
		Перчатки х/б		36 пар в год		
		Куртка ватная		30 мес.		
		Жилет утепленный		30 мес.		
ТО5 Получение полуфабриката ПУГМ	оператор	Респиратор РПГ-67л	ГОСТ 12.4.296-2015	До появления незначительного запаха вредных веществ	Периодичность стирки не реже 1р. в 10 дней и по мере загрязнения	
		Защитные очки. Тип 3Н или Г	ГОСТ 12.4.253-2013	До износа		
		Резиновые перчатки	ГОСТ 20010-93	До износа		
		Спецодежда: костюм специальный	ГОСТ 12.4.280-2014	6 мес.		
		Фартук резиновый	ГОСТ 12.4.029-76	1 год		
		Рукавицы	ГОСТ 12.4.010-75	До износа		
		Обувь специальная	ГОСТ 28507-99	12 мес.		
		Перчатки х/б		36 пар в год		
		Куртка ватная		30 мес.		

Наименование стадии технологического процесса	Профессия работающего на стадии	Средство индивидуальной защиты работающего	Наименование и номер НТД	Срок службы	Периодичность стирки, химчистки и защитных средств	Примечание
		Жилет утепленный		30 мес.		
ТО6 Упаковка, маркировка	оператор	Респиратор РПГ-67л	ГОСТ 12.4.296-2015	До появления незначительного запаха вредных веществ	Периодичность стирки не реже 1р. в 10 дней и по мере загрязнения	
		Защитные очки. Тип 3Н или Г	ГОСТ 12.4.253-2013	До износа		
		Резиновые перчатки	ГОСТ 20010-93	До износа		
		Спецодежда: костюм специальный	ГОСТ 12.4.280-2014	6 мес.		
		Фартук резиновый	ГОСТ 12.4.029-76	1 год		
		Рукавицы	ГОСТ 12.4.010-75	До износа		
		Обувь специальная	ГОСТ 28507-99	12 мес.		
		Перчатки х/б		36 пар в год		
		Куртка ватная		30 мес.		
		Жилет утепленный		30 мес.		

## 10.4 Взрывопожарная и пожарная опасность, санитарная характеристика производственных зданий, помещений, зон и наружных установок

Таблица 11

Наименование производственных зданий, помещений и наружных установок	Категория взрывопожарной и пожарной опасности помещений и зданий СП 12.13130.2009	Классификация взрывоопасных зон внутри и вне помещений для выбора и установки электрооборудования по ПУЭ			Группа производственных процессов по санитарной характеристике СП 44.13330.2010	Средства пожаротушения
		класс взрывоопасности	категория и группа взрывоопасных смесей	наименование веществ, определяющих категорию и группу взрывоопасных смесей		
Участок подготовки сырья	Д пониженная пожароопасность					огнетушитель углекислотный ОУ, песок
Участок пиролиза	А повышенная взрывопожароопасность					огнетушитель углекислотный ОУ, песок
Участок иммобилизации	Д пониженная пожароопасность					огнетушитель углекислотный ОУ, песок
Участок химической модификации	Д пониженная пожароопасность					огнетушитель углекислотный ОУ, песок
Участок грануляции	Д пониженная пожароопасность					огнетушитель углекислотный ОУ, песок
Участок упаковки	Д пониженная пожароопасность					огнетушитель углекислотный ОУ, песок

## 10.5 Защита технологических процессов и оборудования от аварий

Таблица 12

Наименование оборудования стадий технологического процесса	Категория взрывоопасности технологического блока	Контролируемый параметр или наименование защищаемого участка (места) оборудования	Допустимый предел контролируемого параметра или опасность защищаемого участка (места), оборудования	Предусмотренная защита оборудования, стадии технологического процесса
Сушильная установка	III	Температура среды в установке	60-120°C	Ручное регулирование температуры
Пиролизная установка	I	Температура среды в установке	200-1000°C	Автоматическое регулирование температуры

## 10.6 Правила приемки и пуска оборудования в эксплуатацию после его остановки и ремонта

1. Приемка производства после капитального (остановочного) ремонта производится комиссией с составлением акта.
2. Капитально отремонтированное оборудование после испытания и обкатки принимается от руководителя ремонтных работ начальником производства, или назначенным им лицом, с составлением акта.
3. По окончании текущего ремонта руководитель ремонтных работ сдаёт оборудование начальнику смены с записью в ремонтном журнале.
4. Пуск оборудования в эксплуатацию после его приемки из капитального ремонта производится по указанию начальника производства, или лица, назначенного им, и осуществляется эксплуатационным персоналом согласно рабочим инструкциям по эксплуатации данного вида оборудования.
5. Пуск оборудования в эксплуатацию после его приемки из текущего ремонта производится по указанию начальника производства, осуществляется

эксплуатационным персоналом согласно рабочим инструкциям по эксплуатации данного вида оборудования.

### **10.7 Основные правила сдачи оборудования в ремонт, подготовки и проведения ремонтов оборудования и коммуникаций**

1. Ответственность за подготовку и своевременную сдачу в ремонт оборудования несет начальник производства.
2. Сдача производства в капитальный (остановочный) ремонт производится по акту.
3. Подготовленное к капитальному ремонту оборудование начальник производства или лицо, им назначенное, сдает руководителю ремонтных работ с составлением акта.
4. Подготовленное к текущему ремонту оборудование начальник производства сдает руководителю ремонтных работ с отметкой в специальном журнале. О выполненных подготовительных работах и мерах по технике безопасности начальник смены делает отметку в том же журнале.
5. Оборудование готовит к ремонту эксплуатационный персонал под руководством начальника производства.
6. Для отключения оборудования от коммуникаций и установки заглушек привлекается ремонтный персонал.
7. Перед сдачей в ремонт оборудование должно быть обязательно освобождено от рабочей среды, промыто, нейтрализовано, продуто азотом, провентилировано, обесточено и отключено от коммуникаций с помощью специальных заглушек с регистрацией в журнале установки заглушек.
8. Оборудование ремонтируется ремонтным персоналом ЦРМЦ и персоналом КИПа, а также подрядными ремонтными организациями.
9. Особое внимание при ремонте должно уделяться технике безопасности (обеспечение рабочих мест проверенными грузоподъемным и такелажным оборудованием, низковольтными и взрывобезопасными переносными лампами, неискрящим инструментом, изолирующими шланговыми противогазами,

переносными вентиляторами, средствами пожаротушения, проверенными переносными лестницами).

10. Весь ремонтный персонал (кроме лиц, постоянно закрепленных для обслуживания цеха) должен быть проинструктирован начальником производства и руководителем ремонтных работ по технике безопасности перед началом ремонта, о чем делается запись в журнале специнструктажа.

Ответственность за своевременный и качественный ремонт несет руководитель ремонта.

### **10.8 Основные признаки аварийного состояния производства и меры по его устранению**

1. При неконтролируемом увеличении температуры в пиролизной установке, остановить работу пиролизной установки и вызвать ремонтную бригаду. Затем проверить работу конденсатора пиролизного газа, системы отходящих газов, герметичность пиролизной установки.

2. При неконтролируемом задымлении воздуха рабочей зоны на участке пиролиза, остановить работу пиролизной установки и вызвать ремонтную бригаду. Затем проверить работу конденсатора пиролизного газа, системы отходящих газов, герметичность пиролизной установки.

3. При падении давления воды в водопроводе обратиться на ЦВС, перейти на резервный водяной насос. Если это не поможет, то прекратить подачу воды на неработающие участки.

4. При разливе биопрепарата – обработать место разлива 3% раствором перекиси, удалить пятно разлива в канализацию, промыть чистой водопроводной водой.

5. При сбое в работе конвейерных лент, рассыпании пироугля – собрать с помощью лопат пироуголь, промыть чистой водопроводной водой место рассыпания пироугля. При работе использовать СИЗ.

6. Если в результате принятых мер ликвидировать аварийное состояние невозможно, проводится аварийная остановка производства.

### **10.9 Основные правила аварийной остановки производства**

Аварийная остановка производства может иметь место при:

- 1) взрыве или пожаре;
- 2) загазованности помещений;
- 3) отключении электроэнергии;
- 4) прекращении подачи воды;
- 5) прекращение подачи пара.

При взрыве или пожаре:

- а) немедленно сообщается пожарной команде о возникновении очага возгорания или взрыва на промышленной установке РО-1, РО-2 и принимаются меры против распространения огня;
- б) выключается приточная и вытяжная вентиляция, закрываются воздухопроводы, окна и двери;
- в) останавливаются и обесточиваются насосы по месту аварии;
- г) прекращается подача пара на обогрев аппаратов в соответствии с местом аварии;
- д) закрываются вентили на вакуумных линиях, и вакуум в аппаратах снимается азотом по месту аварии.

Одновременно с этим до прибытия пожарной команды производится ликвидация очага возгорания местными средствами пожаротушения (вода, песок, асбестовые покрывала, огнетушители).

Загоревшееся электрооборудование отключить от сети и тушить огнетушителями ОУ-2 или ОУ-8, сухим песком и асбестовыми одеялами.

Прекращаются все работы, не связанные с ликвидацией пожара.

При загазованности помещений:

В случае сильной загазованности необходимо одеть противогаз, проверить работу всех вентиляционных систем, проветрить помещение, открыв окна и двери. Устранить причину загазованности. Включить аварийную вентиляцию, если она имеется в данном помещении.

При развитии аварии до размера, угрожающего жизни людей, эвакуировать их за пределы опасной зоны.

При отключении электроэнергии:

- а) Выключаются пускатели электромоторов.
- б) Уменьшается давление пара, подаваемого в кипятильник, до 0,2-0,3 атм, прекращается подача пара, подаваемого в межтрубное пространство испарителя и подогреватель, в рубашку реактора.

При прекращении подачи воды:

- а) Останавливаются вакуумные насосы, все насосы, охлаждающиеся водой, и мешалки, в сальники которых подается вода.
- б) Уменьшается давление пара, подаваемого в кипятильник, до 0,2-0,3 атм, прекращается подача пара, подаваемого в межтрубное пространство испарителя, в кипятильник и подогреватель, в рубашку реактора.
- в) В холодное время года продуваются азотом гидрозатворы газоотделителей 1 и 2 ступеней, а также проводится максимально-возможное опорожнение водяных трубопроводов и теплообменников через сливники с последующей продувкой их азотом.

## **11. ПЕРЕЧЕНЬ ОБЯЗАТЕЛЬНЫХ ИНСТРУКЦИЙ**

1. Технологическая инструкция пиролиза куриного помета.
2. Технологическая инструкция иммобилизации микроорганизмов на пироугле.
3. Технологическая инструкция грануляции пироугля.
4. Технологическая инструкция химической модификации пироугля.
5. Инструкция по пожарной безопасности производственных отделений.
6. Инструкция по технике безопасности для операторов производственных отделений.
7. Инструкция по оказанию первой помощи.
8. Инструкция по применению средств индивидуальной защиты.
9. Инструкция по эксплуатации пиролизных установок.
10. Инструкция по эксплуатации грануляторов.
11. Инструкция по эксплуатации сушильных установок.

## **Приложение 2. Деструкция твердых бытовых отходов различного состава**

### **1. Пиролиз пластмассовых отходов**

Пластмассы широко используются в промышленности и повседневной жизни благодаря своей высокой прочности, коррозионной стойкости, изоляционным свойствам и ударопрочности. Пластик незаменим в бытовой технике, медицинских процедурах, оборудовании для общественного питания и упаковки. Хотя пластик удобен, в процессе своего разложения он создает загрязнение окружающей среды, создавая серьезную опасность для природы и подвергая опасности жизни животных и людей.

Присущие пластмассам свойства почти аналогичны нефтяному топливу, поэтому пластмассы из отходов могут быть подвергнуты пиролизической деструкции для получения рекуперированной энергии и тепла. В настоящее время активно разрабатываются технологии и схемы эффективного получения пиролизного газа из отходов, как нового энергетического носителя.

В процессе пиролиза деградация связанных функциональных групп высокомолекулярных соединений ведет к выделению низкомолекулярных газообразных продуктов (пиролизный газ) и образованию крупномолекулярных органических соединений в жидкой фазе (пиролизное топливо). Во время пиролиза углерод (С) и водород (Н) из пластмасс превращаются в газообразный водород ( $H_2$ ) и углеводороды пиролизного газа. Теплотворная способность пиролизного газа, получаемого при деструкции массы отходов путем пиролиза сопоставима с природным газом. Однако состав пиролизного газа и теплотворная способность тесно связаны с содержанием этих элементов в ТБО. Отходы пластика являются преобладающим компонентом твердых бытовых отходов (ТБО). В состав пластмассовых отходов входят преимущественно следующие соединения: полипропилен (PP), поливинилхлорид (PVC), полиэтилен (PE), полистирол (PS) и полиэтилен высокой плотности (HDPE). Физические и химические свойства пластика различного состава сильно отличаются, но имеются и сходные свойства – это высокая летучесть

компонентов и теплотворная способность, а также низкое золообразование, что делает пластиковые отходы перспективным сырьем для получения энергии.

Некоторые свойства пластмасс показаны в таблице 1.

Таблица 1. Пиролиз сухих твердых бытовых отходов с преобладанием в составе пластика (пластмасс, полиэтиленовых изделий).

Состав ТБО	Параметры пиролиза	Выход продуктов пиролиза	Состав газа	Катализатор
Пластик, биомасса, бумага, резина, текстиль	400 °С	газ: 48,2% масло: 15,2 % уголь: 34,6%	H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub>	Цеолит
Пластик, отходы кухонь, бумага, ткань	500-600°С	газ: 53,1% масло: 21,9 %	H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub>	Уголь
Пластик, отходы кухонь, текстиль, древесина, стекло, отходы железа	300-500°С	газ: 40,52% масло: 22,98% уголь: 36,49%	углеводороды, CO, CO <sub>2</sub>	Обожженный доломит, цеолит
Пластик, отходы кухонь, бумага, текстиль, древесина,	750-900°С	газ: 61,37% масло: 15,85% уголь: 16,35%	H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	Обожженный доломит
Пластик, бумага, органический мусор (древесина, садовый мусор), текстиль, синтетические волокна, металл	500-600°С	газ: 22,4% масло: 30,9% уголь: 26,5%	H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> , C <sub>5</sub> H <sub>10</sub> , C <sub>5</sub> H <sub>12</sub>	Цеолит, MoO <sub>3</sub> , Ni-Mo-катализатор, Al(OH) <sub>3</sub>
Пластик, резина, древесина, ткань	800°С	газ: 71,7% масло: 12,47% уголь: 15,83%	H <sub>2</sub> , CO, CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>6</sub>	-
Пластик, текстиль, синтетические волокна, металл, бумага, синтетические материалы	450-550°С	газ: 37,0% масло: 51,3% уголь: 11,7%	углеводороды, CO, CO <sub>2</sub>	Легкая зола шлама

Содержание водорода и углерода в пластмассах определяет их потенциал для превращения в олефины и влияет на качество продуктов пиролиза. Химическая структура и элементный состав пластмасс известны, но добавки такие, как наполнители, пластификаторы, красители и антиоксиданты, которые

добавляются во время производства изделий из пластмассы могут вызвать отклонения от исходного элементного состава.

Температура пиролиза влияет на объем выхода и состав пиролизного газа. Высокая температура (300-500°C) при пиролизе полистирола (PS) и полиэтилена (PE) увеличивает выход и содержание углеводородов в пиролизном газе. Пиролиз полиэтилена высокой плотности (HDPE) при высоких температурах ведет выделению водорода (H<sub>2</sub>), оксида углерода (CO), этана (C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>) и пропана (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>).

Пластиковые отходы имеют высокое соотношение водорода/углерода (H/C) и низкое содержание кислорода. Совместный пиролиз из пластмасс и других компонентов ТБО может оказывать синергетический эффект. Биомасса (органические отходы) имеет высокое содержание кислорода (O) и низкое соотношение водорода/углерода H/C, и ее добавление (до 25%) во время пиролиза пластмасс увеличивает соотношение CO к CO<sub>2</sub> в пиролизном газе.

## ***2. Пиролиз резиновых отходов***

Благодаря своим превосходным свойствам резина используется, например, в транспортной, строительной, энергетической и медицинской отраслях. Экономическое развитие и повышение уровня жизни привели к увеличению потребления резины, что привело к образованию большого количества отходов резинотехнических изделий и к присутствию отходов резины в ТБО.

По сравнению с другими методами переработки пиролиз может превращать резину в продукты с высокой добавленной стоимостью. При пиролизе резины могут быть получены уголь, пиролизное масло и пиролизный газ. Которые, в свою очередь, могут быть использованы как альтернативные источники энергии.

Основными компонентами пиролизного газа при пиролизе отработанных шин являются метан (CH<sub>4</sub>), этан (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) и оксид углерода (CO). Высокая температура пиролиза (500-700°C.) способствует образованию углеводородного газа, т.к.

высокая температура способствует растрескиванию резины, что приводит к образованию более низкомолекулярных газов.

Условия пиролиза влияют на выход и характеристики продуктов пиролиза. Различные виды резины подвергаются различным механизмам крекинга во время пиролиза. Тем не менее, имеются общие закономерности в процессе деструкции резины во время пиролиза.

Мономеры, образующиеся на начальной стадии пиролиза стирол-бутадиенового каучука (SBR), в основном представляют собой 1,3-бутадиен и стирол. Присутствие натурального каучука (NR) в составе резины способствует образованию  $H_2$ , в то время как образование  $CH_4$  ингибируется.

Механизмы пиролиза отработанной резины показаны на рисунке 1.

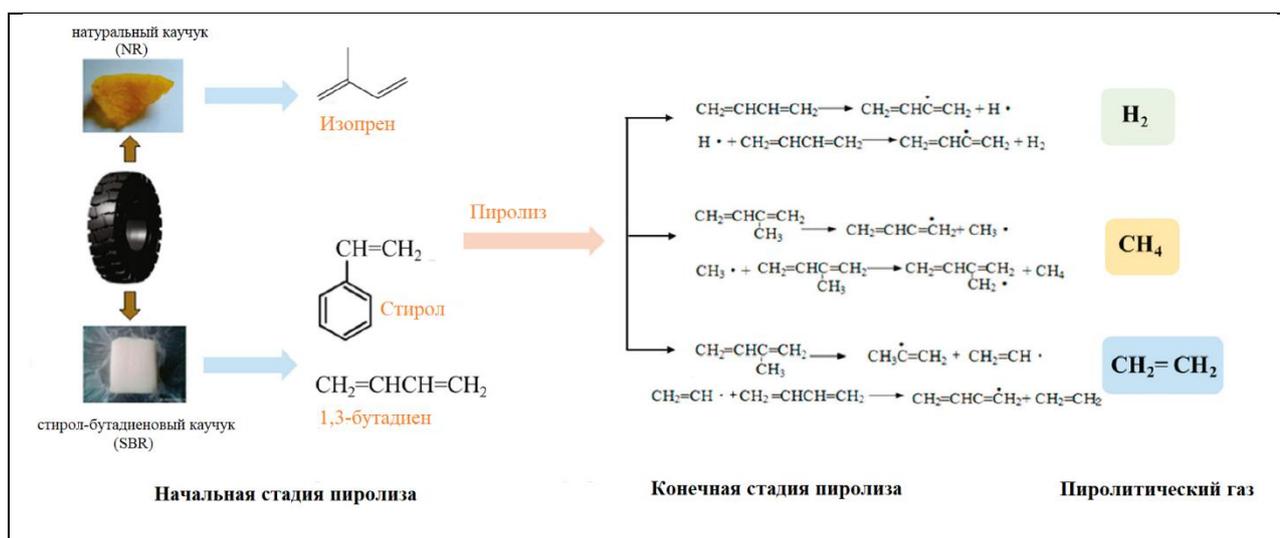


Рисунок 1. Принципиальная схема деструкции резины (отработанные шины).

При деструкции отработанной резины автомобильных шин очень важно скорость нагрева, которая влияет на эффективность пиролиза и характеристики газовых продуктов.

При пиролизе порошка шин с быстрым нагревом (1200 °C/мин) выход газа увеличился с 5% до 23%, а выход пиролизного масла снизился с 57% до 43% по сравнению с более низкой скоростью нагрева (10 °C/мин). Быстрый нагрев может быстро расщепить резину на низкомолекулярный газ, повысить выход

газа, что увеличивает экономическую эффективность такого метода деструкции отходов.

Для ускорения процесса пиролиза, снижения энергопотребления, регулирования состава пиролизного газа, увеличения выхода газа и доли водорода используют различные катализаторы.

Использование Ni-доломитового катализатора для пиролиза отработанных шин увеличивает выход продукта газовой фазы с 30,3% до 49,1% и удвоение производства водорода.

При каталитическом пиролизе отработанных шин путем смешивания оксида магния (MgO), оксида алюминия (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), карбоната кальция (CaCO<sub>3</sub>) и синтетическим цеолитом (ZSM-5) с раковинами устриц выход газа увеличился на 45% по сравнению с некатализированным пиролизом.

Аналогичным образом, совместный пиролиз резины с другими ТБО также может повысить эффективность пиролиза. Например, смесь пальмового масла и шин может эффективно способствовать синергетическому эффекту в процессе пиролиза. Совместный пиролиз шин с биомассой органических отходов может уменьшить доминирование гидроксильных групп (O-H) и способствовать производству газа, при этом использование биомассы предпочтительнее для производства водорода.

### ***3. Пиролиз биомассы***

Органические отходы биомассы являются неотъемлемой частью ТБО, включая отходы смета с территорий (дворов), древесину, бумагу и остатки пищевых продуктов. Этот вид отходов является биоразлагаемым и может быть разложен микроорганизмами.

Элементный состав отходов определяет их способность генерировать углеводороды при пиролизе. По сравнению с пластмассами, отходы биомассы имеют более высокое содержание кислорода и фиксированного углерода, что способствует образованию угля и CO<sub>2</sub>/CO в процессе пиролиза.

Совместный пиролиз биомассы и другого ископаемого сырья увеличивает соотношение Н/С для получения большего количества углеводородного газа.

Условия реакции влияют на образование газа при пиролизе биомассы. Выход и качество пиролизного газа могут быть получены при различных температурах и условиях эксплуатации. Содержание гемицеллюлозы и целлюлозы в биомассе влияет на производство метана.

Пиролиз сельскохозяйственной биомассы дает больший выход пиролизного газа, концентрации водорода и метана при высокой температуре (600°C). Во время пиролиза при 500-800°C, выход угля снижается до 14,9%, а выход газа увеличивается до 71,3%. Газообразными продуктами являются, в основном, СО, СО<sub>2</sub> и СН<sub>4</sub>; и Н<sub>2</sub>. При высоких температурах элементы С/Н/О в угле и масле превращаются в низкомолекулярную газовую фазу углеводородов.

При пиролизе сельскохозяйственных отходов (рисовая солома, ива, ботва) использовали никель-алюминиевый катализатор (Ni/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>). Скорость образования метана была увеличена катализатором, а общий расход газа и скорость образования метана были выше расчетных значений.

Разница в характеристиках исходного сырья при термической деструкции компонентов биомассы, смесей компонентов и образцов отходов биомассы определяет состав продуктов пиролиза.

В дополнение к пластмассам, резине и биомассе, пиролизуемые компоненты ТБО включают пищевые отходы, бумагу, текстиль и кожу.

Пищевые отходы являются важным компонентом ТБО, но избыток атомов кислорода в нем приводит к низкой теплотворной способности конечных продуктов. Кроме того, высокая влажность пищевых отходов может препятствовать процессу пиролиза. Поэтому предпочтительнее совместный пиролиз пищевых отходов с другими компонентами, такими как шины и биомасса.

Совместный пиролиз может изменить распределение продукта, в том числе увеличить выход пиролизного газа и соотношение олефинов в конечных продуктах, а также повышение теплотворной способности масла.

Например, в процессе совместного пиролиза бумаги и ПВХ при 900° получили максимальный выход ценных бионефти (пиролизное масло) и газа (метана и водорода). Более 82% исходного сырья было преобразовано в жидкие и газообразные продукты за счет саморазвивающихся процессов, а выход пиролизного масла составил 36 37,6%.

Таблица 2. Пиролиз отходов с преобладанием в составе биомассы (.

<b>Состав ТБО</b>	<b>Параметры пиролиза</b>	<b>Состав газа</b>	<b>Катализатор</b>
Овсяная солома	300-600 °С	H <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> , C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	-
Кукурузная солома	500-800°С	H <sub>2</sub> , CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>	-
Целлюлоза, гемицеллюлоза и лигнин	500-800°С	CO, CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> углеводороды	Ni/Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .