Муниципальное образовательное учреждение «Тверской лицей»

Научно – исследовательская работа

Предмет: Химия

Тема : Термическое разложение твёрдых органических веществ –отходов природного происхождения с получением газообразных углеводородов.

Выполнила : ученица 11-3 класса Пащенко М. П.

Руководитель: учитель химии Эсауленко М. А.

Тверь 2020 г.

Содержание

1. Введение……………………………………………………………………….3
2. Теоретическая часть ………………………………………………………….5

2.1.История пиролиза…………………………………………………………5

2.2.Термическое разложение твердых органических веществ – отходов природного происхождения на примере древесины……………………..…..8

1. Практическая часть. Опытная работа – пиролиз берёзовых опилок в реакторе быстрого пиролиза с определением образовавшегося продукта…….………………………………………………………………...12
2. Выводы ……………………………………………………………………….18
3. Список литературы…………………………………………………………..21
4. Приложения…………………………………………………………………..22

6.1.Схема реактора - лабораторной установки для высокотемпературного разложения органики - газификации………………………………………..23

6.2.Результаты исследования полученного газа в лаборатории Института Проблем Химической Физики РАН о составе газовой смеси, полученной

в результате опыта .…………………………………………………….…….25

6.3 Рецензия………………………………………………………………......26

6.4.Презентация.

1.Введение.

За многие миллиoны лет природа нaкопилa бoгaтейшие зaпacы yглеpoдa в виде yгля, нефти и пpиpoднoгo гaзa. В настоящее время эти искoпaемые виды тoпливa иcпoльзyютcя челoвечеcтвoм для пoлyчения энеpгии и химичеcких пpoдyктoв.

В 20 веке бoльшинcтвo пpoдyктoв opгaничеcкoй химии пpoизвoдилocь из кaменных yглей. Пo меpе yвеличения дoбычи нефти химичеcкие вещеcтвa yгoльнoгo пpoиcхoждения нaчaли вытеcнятьcя пpoдyктaми нефтехимичеcкoгo cинтезa, пpoизвoдимыми бoлее пpocтыми и менее энеpгoемкими cпocoбaми. Oднaкo oценкa paзведенных миpoвых зaпacoв paзличных видoв иcкoпaемoгo opгaничеcкoгo cыpья пpивoдит к вывoдy o тoм, чтo меcтopoждения нефти и гaзa бyдyт иcчеpпaны yже в пеpвые деcятилетия 21 векa. Зaпacoв же yгля дoлжнo хвaтить нa гopaздo бoлее длительный cpoк.

В качестве альтернативы ископаемым топливам все шире стали применяются возобновляемые источники энергии из органического сырья. Важнейшее из них – растительное сырье, образующееся в процессе фотосинтеза. Одним из путей получения энергии является переработка отходов производства в лесоперерабатывающей промышленности. Древесина - очень ценное химическое сырье, из которого можно получить не только все продукты нефтехимического синтеза, но и уникальные соединения, например, биологически активные вещества. Перспективной областью использования древесного сырья является производство синтетических топлив.

Необходимость расширения источников получения энергии в ближайшее время - одна из причин выбора темы.

Вторым и немаловажным фактором выбора является экологическая составляющая, связанная с переработкой твердых отходов, возникающих в процессе жизнедеятельности человека. Ведь вместо захоронения их можно использовать в качестве сырья для производства теплоэнергии или топлива .

Как производят тепловую энергию? Просто сжигают углеводороды. В процессе сжигания происходит окисление всех веществ, которые находятся в угле или в нефти или в органических отходах.

Но существует иной метод переработки органики – пиролиз. Пиролиз- это перевод твердого органического материала в газообразную или в жидкую форму , посредством воздействия высокой температуры на сырье при условии ограниченного доступа воздуха в процесс.

Цель работы :

- изучить термическое разложение твердых углеводородов ;

- рассмотреть метод переработки отходов производства на примере пиролиза древесины;

- создать простейший реактор для пиролиза лабораторного типа и провести его испытание в производственных условиях ;

-проверить опытным путём возможность получения из берёзовых опилок в качестве продукта углеводороды в твёрдом и газообразном состоянии;

- произвести оценку качества- теплотворной способности полученного газа.

2.Теоретическая часть

2.1. История пиролиза.

Пиролиз - это термическое разложение органических соединений при их нагревании до 950° С без доступа воздуха с образованием газообразных, жидких продуктов и твердого остатка. Пиролиз также можно назвать сухой перегонкой, а в качестве сырья могут быть сырая нефть, различные соединения, содержащие органические компоненты, такие как древесина, уголь, торф и другие.

Пиролиз древесины – один из первых химических процессов, использованных людьми. С 12 века, его широко использовали в России для выработки сосновой смолы для просмолки деревянных судов и пропитки канатов. По-другому этот процесс назывался смолокурение.

В Швеции в 16 веке впервые началось применение технологии пиролиза в промышленности. Шведы пропитывали корабельную древесину дубильными сосновыми смолами, получаемыми в результате пиролиза. В медный чан закладывались поленья хвойных пород древесины, чан герметично закрывался, для отсутствия доступа воздуха внутрь. Чан на открытом пламени разогревали до температуры 400°С-500°С, в результате на дне скапливались маслянистые смолы, которые сливались через отверстие в дне. С развитием металлургии возник другой промысел, основанный на технологии пиролиза древесины – углежжение. При сжигании древесины без доступа воздуха получался древесный уголь.

Российские химики Юлия Всеволодовна Лермонтова и Александр Александрович Летний впервые в истории химической науки обратили внимание на то, что каменный уголь дает светильный газ (смесь водорода, метана, окиси углерода и других горючих газов, получаемая при пиролизе каменного угля или нефти), худший по качеству, чем газ нефтяного происхождения. А уже в 1877 году эффект пиролиза углеводородов был запатентован Александром Александровичем Летним.

Ещё в 1875 он обнаружил, что при температуре выше 300° С тяжёлые нефтяные остатки частично разлагаются на более лёгкие продукты — бензин, керосин, газы. это В 1877 впервые выделил из нефти ароматические углеводороды (бензол, толуол, ксилол, и др.); установил важные закономерности процесса пиролиза нефти. В это же время были построены первые заводы в Киеве и Казани. Для получения газа для освещения, пиролизу подвергали керосин. Большой толчок к развитию промышленного применения технологии пиролиза дала Первая мировая война, когда возникла большая потребность в толуоле – сырье для производства тротила. В 20 веке существенный вклад в разработку новых направлений пиролиза древесины внес профессор Тищенко Д. В.

В нашей стране на протяжении долгого времени пиролиз твердого топлива был весьма важным направлением в энергетике. На многих предприятиях было установлено мощное газогенераторное оборудование, а автомобили оснащались двигателями, работающими на генерируемом в процессе пиролиза газе.

В 30-е годы XX века в СССР проходила индустриализация. Для обеспечения высоких темпов развития промышленности требовалась автомобильная техника, а для её работы – громадное количество углеводородного топлива – бензина и солярки. Нефтепродуктов постоянно не хватало.

Для того чтобы решить эту проблему широко применялись мобильные газогенераторы, которые были изобретены еще во время Первой мировой войны. Схема газогенераторной установки проста. Загруженное в газогенератор топливо поджигается через воздушный клапан при помощи факела. Воздух, необходимый для газификации, засасывается в камеру через отверстия благодаря разрежению, создаваемому всасывающим действием двигателя. Причем его количество должно быть недостаточно для полного сгорания топлива. При этом углерод топлива соединяется с кислородом воздуха, образуя углекислый газ (СО2) и окись углерода (СО). Далее они попадают в зону восстановления, где проходит через слой раскаленного угля, лежащего на колосниковой решетке.

В результате негорючий СО2 превращается в горючий СО. Входящий в состав топлива водород частично соединяется с кислородом, образуя воду, которая присоединяется к влаге топлива, а остальной выделяется в чистом виде. Под влиянием высоких температур в камере газификации часть влаги соединяется с углеродом, образуя окись углерода и водород. Окись углерода, вместе с ранее образованной и полученной в результате восстановления углекислого газа, переходит в состав генераторного газа. Водород же, полученный в результате разложения воды, суммируется со свободным водородом, причем часть этого водорода переходит в состав генераторного газа, а другая часть вступает в химическую реакцию с углеродом топлива, образуя метан.

Теоретически весь кислород воздуха должен израсходоваться при газификации, однако в действительности часть его сохраняется и переходит в состав генераторного газа. Вода, не разложившаяся при газификации, переходит в генераторный газ в виде пара. В слое топлива, находящегося непосредственно над зоной горения, происходит процесс пиролиза топлива (или сухой перегонки), то есть нагрев без доступа воздуха. Продуктами сухой перегонки являются древесный уголь или кокс, а также летучие вещества, смолы и влага, выходящие в газо- и парообразном состоянии. Все продукты сухой перегонки в описанном типе генератора целиком проходят через зону горения и восстановления, где подвергаются процессам газификации, несколько более сложным, чем описано, но дающим те же основные продукты. Над зоной сухой перегонки находится зона подсушки, где происходит высыхание топлива. При выходе из генератора газ имеет высокую температуру и засорен золой и частицами угля. В таком виде он не может использоваться в двигателе и перед поступлением в цилиндры должен быть очищен и охлажден.

2.2. Термическое разложение твердых органических веществ – отходов природного происхождения на примере древесины. Пиролиз древесины.

Пиролиз твердого топлива имеет ту же сущность, что и жидкообразного, о котором писал Летний. При расщеплении молекул твердого топлива образуется обогащенная углеродом твердая фаза и газовая, содержащая пары углеводородов (пиролизный газ). Пиролизный газ получается в процессе термохимических превращений твердого топлива. как в условиях без доступа воздуха при нагревании до 500°С-1000°С с теплотой сгорания 3000-4000 ккал/нм3, так и в процессе горения при недостатке воздуха по реакции С+О2=СО2+Q , далее СО2+С=2СО-Q , С+Н2О=СО+Н2-Q с теплотой сгорания 900-1600 ккал/нм3.

Современные технологии пиролиза позволяют получить из древесины березы: древесный уголь – 24-25% , жидкие отходы (так называемая жижка) – 50-55%, газообразные продукты – 22-23%. Чем больше будет размер взятых для пиролиза кусков древесины, тем крупнее получится твердый остаток. Полученный в результате пиролиза древесный уголь после процедуры сортировки по размеру кусков направляется непосредственно потребителю, либо на переработку. При переработке жижки, полученной в результате пиролиза, отстаивается древесная смола (которой примерно 7-10%) и одновременно с этим протекают многочисленные превращения компонентов. Из смолы можно выделить широкий ассортимент ценных продуктов. Как правило, из жижки выделяют уксусную кислоту. Ее как правило извлекают из жижки экстракцией, и затем, путем ректификации и тщательной химической очистки перерабатывают в готовый к реализации пищевой продукт. Газообразные продукты пиролиза древесины (неконденсирующиеся газы) включают в себя: диоксид углерода CO2 (примерно 45-55%) оксид углерода CO (28-32%) водород H2 (1-2%) метан CH4 (8-21%) другие углеводороды (1,5-3,0%). Состав газообразных продуктов пиролиза древесины зависит от температуры пиролиза, скорости и от способа нагрева. Теплота сгорания газообразных продуктов колеблется в диапазоне величин от 3,05 до 15,2 МДж/м³. Все перечисленные выше факторы, а также порода древесины, ее качество и влажность определяют конечный выход продуктов пиролиза. С увеличением температуры возрастает выход древесной смолы и газообразных продуктов, но снижается выход древесного угля, спиртовых продуктов и уксусной кислоты. Уголь в результате увеличения температуры образуется с более высоким процентным содержанием углерода. Средний выход главных продуктов пиролиза древесины составляет (из расчета на сухую древесину): древесный уголь – 23-24% древесная смола – 10-14% уксусная кислота – 5-7% Техника пиролиза древесины достаточно разнообразна, но необходимость в пиролизе древесины постоянно падает, поскольку использовать такое экологически чистое сырье достаточно расточительно. Однако, технология пиролиза древесных опилок начинает пользоваться все большей популярностью.

Пиролиз древесных опилок является наиболее выгодным способом утилизации древесных отходов. Благодаря данной технологии, отходы деревообрабатывающей промышленности можно не везти на полигон отходов для захоронения, затратив при этом денежные ресурсы , а использовать для выработки тепло и электроэнергии. В последние годы подобное использование древесных отходов начало рассматриваться, как альтернатива традиционным видам топлива. Все это напрямую связано с тем, что древесные опилки в качестве топлива обладают рядом преимуществ:

- значительно снижается содержание СО2;

-они относятся к возобновляемым источникам тепловой энергии ;

- в составе опилок практически нет серы ;

-коррозионная агрессивность дымовых газов низкая, в сравнении с ископаемым топливом;

-низкая цена сырья, а в случае переработки отходов собственного производства затраты составляют лишь стоимость подготовки к пиролизу.

Использование древесных отходов в качестве топлива не только гораздо меньше вредит окружающей среде, а еще и служит источником экономии средств. Этот путь экономии природных ресурсов способен позволить России приблизиться к более развитым странам по такому показателю как удельная энергоемкость промышленного производства, что делает его крайне привлекательным. В связи с этим технологии пиролиза древесных опилок в последние годы постоянно развиваются и совершенствуются.

Обычное горение древесины с участием кислорода приводит к воспламенению и испарению выделяющихся газов, разрушению твердых составляющих, превращению их в дым, копоть, золу и пепел. Температура пламени при этом достигает 1000°С. Пиролиз- тоже термодеструкция. Результат этого процесса - образование продуктов распада лигнина, целлюлозы и гемицеллюлозы. Сухая перегонка осуществляется в замкнутом пространстве при постоянной температуре в 250–450°С, образующиеся газы и жидкие выделяемые компоненты сразу отводятся и охлаждаются. Процесс сопровождается большой отдачей тепла, но дым и копоть не образуются

Довольно распространенной разновидностью пиролиза можно назвать быстрый пиролиз, в ходе которого тепловая энергия подводится к исходной смеси на высокой скорости. Весь процесс протекает без доступа кислорода. Процесс медленного пиролиза сравним доведением воды до точки кипения, а вот метод быстрого пиролиза можно сравнить с попаданием в раскаленное масло капли воды. Главные особенности быстрого пиролиза лесоматериалов: возможность формирования замкнутого непрерывно текущего технологического процесса ,значительная «чистота» конечных продуктов пиролиза, которая достигается вследствие отсутствия стадии осмоления, низкая энергоемкость подобного процесса, по сравнению с прочими видами пиролиза ,в этом процессе выделяется большое количество тепловой энергии (экзотермические реакции при быстром пиролизе превосходят эндотермические).

3.Практическая часть.

Опытная работа – пиролиз берёзовых опилок в реакторе быстрого пиролиза с определением образовавшегося продукта.

Для исследования процесса разложения органической массы в более востребованную углеводородную субстанцию - пиролизный газ проведем опыт по газификации березовых опилок.

Цель опыта -изучение возможности процесса газификации твёрдых органических отходов (получение горючего газа) без жидкой фракции. Определение состава полученного газа.

Из предыдущей части проекта известно , что за счет термического воздействия на органическое природное вещество можно получить жидкие, газообразные углеводороды и твердый остаток. Рассмотрим возможность получения пиролизного газа из органического вещества природного происхождения.

Попытаемся провести процесс конверсии твердого природного вещества в газовую фазу. Для этого потребуется температура не менее 700 градусов. Максимальный выход газа с сохранением высокой теплотворной способности попробуем достичь без доступа воздуха из атмосферы в реактор.

После изучения предложенных в современной литературе схем промышленных пиролизных установок , разработана схема лабораторного реактора , которая направлена в ООО « Джулинда Технолоджи» г. Москва с предложением рассмотреть возможность изготовления такого реактора и проведения опыта . После полученных замечаний и рекомендаций ,схема была доработана и получено принципиальное согласие на изготовление реактора и эксперимент в условиях промышленной площадки в г. Вологда .

Схема реактора в разрезе представлена в Приложении № 1 . Реактор состоит из стального корпуса (1) с глухим дном (2), стальной крышки (3) с ввареными в неё вертикальной и горизонтальной трубками (7) для отвода газа. К стальному стержню (8) прикреплен стальной круглый диск (9) с отверстиями (10) для выхода газа. Он обеспечивает дополнительное давление и увеличивает площадь взаимодействия с нагретой поверхностью. Между стержнем и трубкой имеющийся зазор уплотнён сальником(6), для того, чтобы все газы двигались между стержнем (8) и вертикальной трубкой .Образующиеся при термическом воздействии на органическое вещество (11) газы поднимаются через отверстия (10), по вертикальной и эвакуируются по горизонтальной трубке ( 7).

Реактор помещается в стальной кожух, в котором зазор между кожухом и корпусом реактора заполнен теплоизолятором- коалиновой плиткой. Этот материал выдерживает температуру до1600 градусов.

Опыт был проведён 26 января 2020 года в условиях промышленной площадки в механосборочном цехе предприятия « Джулинда технолоджи» в г. Вологда, РФ. Полученный газ передан на лабораторные исследования в Институт Проблем Химической Физики РАН в г. Черноголовка Московской области 27 января 2020 года.

Оборудование:

1. Реактор- лабораторная установка для высокотемпературного разложения органики ( газификации ) диаметром 100мм. ,высотой 250мм., с глухим дном.

2.Газовая горелка. Используемый газ- пропан.

3. Весы электронные для взвешивания материалов .

4. Противень стальной.

5. Сушильный шкаф.

5. Пирометр для замера температуры.

6. Пластиковый мешок для отбора газа.

7. Кожух для теплоизоляции с наполнителем.

Исследуемый биоматериал: опилки берёзовые, измельченные до 2мм.

Средства индивидуальной защиты: фартук для защиты от повышенных температур из парусины с огнезащитной пропиткой , краги (рукавицы) брезентовые с двойным наладонником с огнеупорной пропиткой , каска с защитными очками.

На площадке предварительно проведён инструктаж по технике безопасности при проведении опыта.

Описание опыта:

1.Подготавливаем исходный материал – берёзовые опилки. Для этого берем навеску опилок в 50 гр., тщательно перемешиваем и помещаем в противне в сушильный шкаф. Это нужно сделать, чтобы удалить избыточную влагу из материала , если таковая имеется. Навеска в 50 грамм высушивается до нулевой влажности. Для этого выдерживаем опилки в сушильном шкафе при температуре 104 градуса в течение 2 часов, Затем производим взвешивание. После сушки масса опилок составила 47 грамм. Усушка -3 грамма. Снова перемешиваем 47 грамм опилок и помещаем их в сушильный шкаф, через 30 минут производим контрольное взвешивание. Вес составил 47 гр. не изменился, это значит, что мы удалили всю воду. Таким образом , мы можем определить абсолютное содержание воды в исходном материале - опилках. В нашем опыте влажность исходного материала составила 3гр/50грх100%=6%. Такая влажность исходного материала нас удовлетворяет. Сырьё для опыта хранится в закрытом помещении, этим объясняется его невысокая влажность.

2.Устанавливаем реактор в зону нагрева и разогреваем стальной цилиндр при помощи газовой горелки . Измеряем температуру нагрева реактора при помощи лазерного пирометра. Она составила 761,2 С°.

3. 47 гр. подготовленных опилок сбрасываем в бумажном пакете в разогретый цилиндр и прижимаем опилки к разогретому донышку трубы перфорированной стальной пластиной . Закрываем крышку реактора. Время пиролиза в нашем опыте – 5 минут ( установлено по факту времени образования газа в 2 предыдущих опытах ).

4.Отходящий по горизонтальной трубке газ отбираем в пластиковый мешок.

5.После остывания реактора высыпаем твердый зольный остаток и взвешиваем его. Масса зольного остатка с непрореагировавшим углеродом составила 4 грамма или 8,5 %. Фракция менее 2,0 мм. Следовательно, выход газообразного продукта составил (47гр.-4гр.)/47х100%=91,5 %.

Лабораторный анализ был выполнен в лаборатории Института Проблем Химической Физики РАН в г. Черноголовка Московской области с использованием хроматографа ЛХМ-80. В результате анализа получены следующие данные о составе газовой смеси :

Таблица 1. Состав газовой смеси , полученной в результате опыта ( в %).

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Состав | Н2 | О2 | N2 | СН4 | СО | СО2 | С2Н4 | С2Н6 | С3Н6 | С3Н8 | Прочие |
| Доля % | 10.2 | 2.5 | 23.2 | 9.7 | 21.7 | 8 | 0.9 | 0.05 | 0.2 | 0.02 | 23.53 |

Причем смесь с углеводородными компонентами неизвестного состава , отражённого в таблице как «прочие» , обладает наименьшей теплотворной способностью 45 МДж/кг.

Объем полученного газа 1,96 л. Состав пиролизного , или как его ещё называют, «синтез-газа» разнообразен. С точки зрения теплотворной способности в полученной смеси можно выделить горючие газы- метан, этан . пропан, этен, пропен, водород, окись углерода и прочие газы , в сумме занимающие -66,3 % объёма . Негорючие газы – кислород, углекислый газ, азот( их ещё называют балластными) – 33,7 % объёма.

Рассчитаем теплотворную способность полученной смеси , чтобы оценить качество полученного топлива. Учитывая, что полученные из лаборатории результаты в качестве показателя теплотворной способности содержат показатель кДЖ/кг., приведём оставшиеся горючие газы в сопоставимые единицы. Для этого воспользуемся ГОСТ 31369-2208. «Газ природный. Вычисление теплоты сгорания, плотности, относительной плотности и числа Воббе на основе компонентного состава». Пересчитаем объёмную долю газа в массовую и рассчитаем теплоту сгорания смеси , при 20° градусах Цельсия, используя таблицу Excel.

Таблица 2. Расчёт наименьшей теплоты сгорания полученной в результате опыта смеси.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Объёмная | Плотность | Масса | Низшая теплота | Низшая теплота |
|  | доля %% | кг/ м3 | кг | сгорания кДж/кг | сгорания газа кДж |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| Н2 | 10,2 | 0,0898 | 0,009 | 119930 | 1099 |
| О2 | 2,5 | 1,2500 | 0,031 |  |  |
| N2 | 23,2 | 1,2510 | 0,290 |  |  |
| СН4 | 9,7 | 0,7170 | 0,070 | 50032 | 3480 |
| СО | 21,7 | 1,2500 | 0,271 | 10110 | 2742 |
| СО2 | 8 | 1,9770 | 0,158 |  |  |
| Остальные | 24,7 | 2,0710 | 0,512 | 45000 | 23019 |
| Всего | 100 |  | 1,341 |  | 30340 |

По остальным газам взяты данные лаборатории Института Проблем Химической Физики.

Таким образом, если бы мы имели в составе смеси только горючий газ без балласта, его низшая теплота сгорания составила бы 30340 кДж/кг . Однако , согласно результатам нашего опыта масса балластных газов в общей массе полученного пиролизного газа , рассчитанная из данных Таблицы 2,составит 0,479 кг( О2+N2+СО2) или 0,479/1,341х100=35,7 %. С учетом этого скорректируем теплоту сгорания -

(30340кДж-(30340кДЖх0,357-10831))= 19509 кДж. Показатель в нашем случае в два раз ниже , чем теплота сгорания природного газа. Это компенсируется низкими затратами на получение пиролизного газа.

Увеличить теплотворную способность можно за счёт увеличения доли горючих газов повысив температуру разложения для увеличения доли СО, и повысив давление для увеличения образования Н2 и СН4.

4.Выводы.

Поставленная цель выполнена. Изучен процесс термического разложения твёрдых органических отходов природного происхождения , а также продукты , полученные при деструкции. Гипотеза о возможности термического разложения с образованием газообразных продуктов подтверждена результатами проведённого опыта. Предложенная лабораторная установка в практическом применении показала себя, как достаточно эффективная. Подсчитана наименьшая теплота сгорания полученного газа.

К достоинствам быстрого пиролиза можно отнести :

-высокий процент образовавшегося пиролизного газа. С помощью лабораторной установки удалось получить из исходного сырья 91,5 % продукта. Указанный показатель может быть повышен за счёт уменьшения количества непрореагировавшего углерода путем перемешивания опилок в процессе пиролиза. Теплотворную способность можно увеличить , повысив температуру пиролиза и давление;

-пиролизный газ можно использовать в закрытых схемах, направляя часть газа на поддержание процесса- нагрев реактора, а другую часть на получение топлива или теплоэнергии. Этим достигается нейтральность процесса с точки зрения загрязнения окружающей среды ;

-в составе синтезгазов отсутствует сера, как загрязняющий элемент. Газ не требует дополнительной очистки;

-опилки для пиролиза – это сырьё из возобновляемых источников. В год в России в процессе лесопереработки их образуется согласно статистических данных почти 200 млн.тонн. Это хорошая ресурсная база;

-низкая стоимость сырья и самого процесса пиролиза при замкнутой системе делает его экономически выгодным;

-полученный твердый остаток в виде углерода может быть использован в качестве сорбента (например, фильтра для очистки воды).

К недостаткам процесса относится :

-необходимость предварительной подготовки сырья в связи с его влажностью. Этот процесс потребует время на предварительную просушку, создание условий хранения , исключающих влажность. В противном случае будет происходить потеря получаемой тепловой энергии на расщепление связей Н2О.

-быстрый пиролиз недостаточно описан в литературных источниках, а результаты по составу полученного пиролизного газа не публикуются в виде открытых данных. Организации, предлагающие на продажу реакторы для пиролиза , состав получаемого газа также не раскрывают. В связи с этим отсутствует база для изучения и сравнения эффективности процесса в зависимости от условий термического разложения. Удалось найти справочный материал о составе газа только при пиролизе с доступом воздуха.

В целом быстрый пиролиз –эффективный способ использования отходов . С учётом зонирования Российской Федерации этот метод переработки может быть использован в лесной зоне на лесоперерабатывающих предприятиях. На юге Российской Федерации, в районах развитого сельского хозяйства в качестве сырья можно использовать лузгу от подсолнечника , отходы птицеводства.

Изготовленная лабораторная установка может быть использована при проектировании и внедрении промышленных реакторов для пиролиза с целью выбора оптимального температурного режима и режима влажности сырья , чтобы повысить выход высококалорийного состава пиролизного газа.

В перспективе , согласно достигнутым договорённостям, планируется продолжить работу по данному проекту . С этой целью будут получены оперативные результаты анализов при дальнейшем использовании реактора в практической деятельности , изучены режимы и результаты разложения, будут получены лабораторные данные по полному составу газовой смеси для определения метанового числа и возможности использования пиролизного газа , образованного из био-отходов в качестве топлива для автомобилей.

5. Список литературы .

1.Козюков Е.А., Крылова А.Ю.Искусственные горючие газы и жидкие топлива- Издательство МАИ, 2008-191с.

2.Кopякин В. И. Теpмичеcкoе paзлoжение дpевеcины. Гocлеcбyмиздaт-М.: 1962.-211с.

3.Мyхинa Т. Н. Пиpoлиз yглевoдopoднoгo cыpья Т. Н. Мyхинa, Н. Л. Бapaбaнoв, C. Е. Бaбaш-М.: Химия, 1987.- 240 c.

4.Справочник. ГОСТ 31369-2208.//www.kodex.ru

5.Технология лесохимических производств: учеб. пособие для студентов вузов. Т.В. Рязанова, С.М. Репях, Б.А. Золин. - Красноярск: СибГТУ, 2004. - 196 с.

6.Хутская Н.Г., Пальчёнок Г.И.Энергосберегающие технологии термохимической конверсии биомассы и лигнокарбонатных отходов.Минск: БНТУ, 2015 -61с.

6.Приложения .

6.1.Схема реактора - лабораторной установки для высокотемпературного разложения органики – газификации в разрезе-2 листа.

6.2.Результаты исследования полученного газа в лаборатории Института Проблем Химической Физики РАН о составе газовой смеси, полученной в результате опыта -1 лист.

6.3. Рецензия -1 лист.

6.4.Презентация.