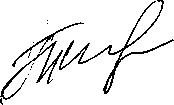
Штеба Татьяна Валерьевна. Получение активных углей из березовой щепы различного качества : Дис. ... канд. техн. наук : 05.21.03 : Екатеринбург, 2004 174 c. РГБ ОД, 61:04-5/4153

Уральский государственный лесотехнический университет

На правах рукописи



Штеба Татьяна Валерьевна

ПОЛУЧЕНИЕ АКТИВНЫХ УГЛЕЙ ИЗ БЕРЕЗОВОЙ ЩЕПЫ РАЗЛИЧНОГО КАЧЕСТВА

05.21.03 - Технология и оборудование химической переработки биомассы дерева; химия древесины

диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель: кандидат технических наук

Юрьев Ю.Л.

Екатеринбург- 2004

**2** ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение 4

1. Обзор и анализ научно-технической и патентной информации 11

1. Характеристика структуры и свойств древесной матрицы 12
2. Технология древесного угля 19
3. Структура, состав и свойства древесных углей 23
4. Технология активации 28
5. Строение и свойства активных углей 37

Выводы по литературному обзору 40

2. Методы проведения экспериментов 42

1. Подготовка и методы исследования сырья 42
2. Проведение пиролиза древесной щепы 43
3. Методы испытания древесных углей 45
4. Проведение активации угля-сырца 45
5. Методы испытания активных углей 47
6. Методика статистической обработки полученных результатов 47

3. Экспериментальная часть 49

1. Исследование химического состава древесного сырья 50
2. Взаимосвязь микроструктуры древесины и древесного угля 51
3. Исследование процесса пиролиза березовой щепы различного качества 58
4. Пиролиз тонкомерной древесины 59
5. Пиролиз крупномерной древесины 62
6. Пиролиз древесины сучьев 65
7. Влияние качества исходной древесины на выход и свойства получаемых древесных углей 68

3.4. Исследование процесса активации древесных углей из березовой  
щепы различного качества 79

**з**

3.4.1. Влияние факторов активации на выход и свойства активных  
углей 80

3.4.2. Влияние качества сырья на выход и свойства активных углей....90  
3.5. Исследование влияния расхода пара на выход и качество активных

углей 93

Выводы по экспериментальной части 100

4. Технологическая часть 103

4.1. Общая характеристика предлагаемой технологии 104

1. Характеристика производимой продукции 104
2. Характеристика исходного сырья и полупродуктов 106
3. Выбор и обоснование схемы технологического процесса 108

4.2. Технологическая схема получения активных углей с полным  
сжиганием ПГС 112

1. Описание технологической схемы 112
2. Материальные балансы производства активных углей из березовой щепы различного качества 115
3. Тепловые балансы получения активных углей из древесной щепы различного качества 118
4. Выбор и подбор основного технологического оборудования.... 119

4.3. Технологическая схема получения активных углей с отбором смолы

1. Описание технологической схемы с отбором смолы 126
2. Материальные балансы 126
3. Выбор основного технологического оборудования 128

4.4. Технико-экономические показатели производства 129

Выводы по технологической части 134

Заключение 135

Выводы по диссертации 143

Библиографический список 145

Приложения 156

4 ВВЕДЕНИЕ

В связи с устойчивой тенденцией к расширению применения активных древесных углей для доочистки питьевой воды, в пищевой промышленности, энергетике и других отраслях народного хозяйства, большое значение приоб­ретает совершенствование технологии производства активных древесных уг­лей.

Как известно, российская технология активных древесных углей имеет ряд особенностей, мешающих ей конкурировать с зарубежными производите­лями аналогичной продукции. Основная из них - морально устаревшая техно­логия, основанная на переработке кусковой древесины и последующей перера­ботке кускового древесного угля.

В настоящее время производство активных углей (АУ) осуществляется в аппаратах различных конструкций, общим недостатком которых является вы­сокая себестоимость активного угля, связанная в основном с высоким расхо­дом пара (до 30 т на 1 тонну продукта) и угля-сырца (до 5 т на 1 тонну продук­та). Кроме того, существующие технологии пиролиза древесины и активации древесного угля оказывают значительное воздействие на окружающую среду. Перспективы развития технологии и активации древесного угля во многом свя­заны с решением проблем экологической опасности производства, в частности с решением вопроса эффективной утилизации ПГС. Проблема создания эколо­гически безопасной технологии активации древесного угля является актуаль­ной.

Кроме того, использование для производства активных углей только стволовой древесины не позволяет увеличить степень использования биомас­сы дерева за счет дополнительного вовлечения в переработку мелких кусковых отходов деревообрабатывающей промышленности, а также тонкомерной дре­весины и древесины сучьев.

**5** Проблема комплексного использования древесины и ее отходов является

актуальной. Структура лесопромышленного производства страны несовершен­на, значительная часть древесины не находит применения (используется не бо­лее 40 % биомассы дерева). Заготовленная древесина преимущественно ис­пользуется в круглом виде и для лесопиления. Из 1 м3 заготовленной древеси­ны в России производится в 3 - 4 раза меньше продукции глубокой переработ­ки, чем в развитых странах. При тех же количествах заготавливаемой древеси­ны выпуск продукции по сравнению с современным уровнем может быть уве­личен в 2 раза только за счет полного и комплексного использования древеси­ны и отходов. Стратегическим направлением стабилизации и развития пред­приятий лесного комплекса является крутой поворот в сторону глубокой меха­нической и химико-механической переработки древесины с максимальным во­влечением в производство мелкотоварной и низкокачественной древесины.

В стране практически не перерабатывается термическим способом не­кондиционное березовое сырье, хотя ресурсы его позволяют полностью отка­заться от переработки стволовой древесины. Такое сырье как тонкомер и сучья практически не используется. Большой научный и практический интерес пред­ставляет изучение возможности использования тонкомерной древесины для производства активных древесных углей. Пиролизные заводы стремятся ис­пользовать в качестве сырья только березовую древесину диаметром ствола 15-30 см и неохотно используют более тонкую древесину. В то же время имеются большие ресурсы тонкомерной древесины, не находящей квалифицированного применения. Для проведения рубок ухода в молодняках, дающих сырье для технологических нужд, в первую очередь удаляется береза, 70 % которой пред­ставлено тонкомерной древесиной. Сучья и ветви составляют до 12 % биомас­сы дерева и полное их использование, кроме получения ценной продукции, по­зволит значительно снизить пожарную опасность и ущерб, наносимый народ­ному хозяйству и окружающей природной среде.

6

В России, как уже упоминалось, практически не перерабатываются тер­мическим методом мелкие кусковые отходы, поэтому техника для получения древесного угля предназначена, прежде всего, для переработки стволовой дре­весины и ее кусковых отходов с получением крупнокускового древесного угля. По этой причине вопросы использования березовой щепы различного качества для получения активного древесного угля еще недостаточно изучены.

Основным направлением совершенствования технологии получения ак­тивных древесных углей, по нашему мнению, является использование техноло­гии, позволяющей существенно снизить себестоимость продукции за счет сни­жения удельных норм расхода пара и угля-сырца, а также уменьшить экологи­ческую опасность производства.

**Цель и задачи исследования**

Целью работы является разработка научно - обоснованной технологии производства древесных АУ из березовой щепы различного качества.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить ряд кон­кретных задач:

1. Получить древесные угли (ДУ) на основе березовой щепы различного качества.
2. Исследовать влияние качества сырья и технологических факторов на выход и свойства ДУ из березовой щепы различного качества.
3. Получить образцы березовых АУ путем проведения парогазовой ак­тивации.
4. Изучить влияние качества сырья и технологических факторов на вы­ход и качество АУ.
5. Определить оптимальные условия активации ДУ, полученного из бе­резовой щепы различного качества.
6. Провести испытания полученных АУ.
7. Разработать технологию производства АУ из березовой щепы различ­ного качества и дать ее технико-экономическую оценку.

**7 Место проведения исследований и объекты исследования**

Работа проводилась на кафедре химической технологии древесины Уральского государственного лесотехнического университета (УГЛТУ); на АООТ «Алкона», г. Екатеринбург; на Западной фильтровальной станции, г. Екатеринбург. В качестве объектов исследования использовались образцы бе­резовой древесины различного качества, а также полученные из них ДУ и АУ.

**Достоверность и обоснованность результатов**

Достоверность результатов и выводов обеспечена использованием в ра­боте стандартных методик по исследованию состава и свойств древесного сы­рья, ДУ и АУ, приведенных в действующей нормативной документации (ГОСТах) и проверенных методов математической обработки результатов экс­периментов.

**Научные положения, выносимые на защиту:**

1. Результаты исследований свойств ДУ из березовой щепы различного каче­ства.
2. Результаты исследований пористой структуры и адсорбционных свойств АУ из березовой щепы различного качества.
3. Технологическая схема получения АУ из березовой щепы различного каче­ства.

**Научная новизна работы:**

* впервые показана зависимость выхода и свойств ДУ и АУ от качества исходной березовой щепы;
* получены статистические модели пиролиза и активации, установлено влияние основных технологических факторов на выход и свойства продуктов;
* впервые разработана гибкая технология производства АУ из березо­вой щепы различного качества.

**8 Практическая значимость и реализация результатов работы**

По результатам исследования проведены наработки березовых АУ и про­ведены испытания их свойств на опытных установках по доочистке питьевой воды на Западной фильтровальной станции г. Екатеринбурга и очистке сорти­ровки на ликеро-водочном предприятии АООТ "Алкона" г. Екатеринбурга. По результатам испытаний имеются акты о целесообразности и перспективности применения АУ, полученных по новой технологии.

Технико-экономические расчеты показали эффективность разработанной технологии переработки березовой щепы различного качества на АУ. Предло­женная технология позволяет вовлечь в переработку такое практически неис­пользуемое сырье как древесина сучьев и тонкомер.

**Апробация работы**

Основные положения и результаты работы докладывались и обсужда­лись на научно - технических конференциях и симпозиумах: в Екатеринбурге (1997...2000 г.), Казани (1996 г), Москве (1996 г), Сыктывкаре (1998 г), Крас­ноярске (1998 г), Зволене (Словакия, 1998 г).

**Публикации**

По материалам диссертационной работы опубликовано 13 печатных трудов:

1. Юрьев Ю.Л., Семенов В.Э., Штеба Т.В. Изменение свойств древесной матрицы в процессе термообработки // Синтез, исследование свойств, модифи­кация и переработка высокомолекулярных соединений. (Материалы Восьмой Международной конференции молодых ученых: тезисы докладов). - Казань, 1996.-С. 142-143.
2. Юрьев Ю.Л., Штеба Т.В., Семенов В.Э. Изменение пористой структу­ры древесной матрицы в процессе термообработки // Строение, свойства и ка­чество древесины. (Материалы второго Международного симпозиума: тезисы докладов). - Москва, 1996. - С. 89-90.

**9**

3. Юрьев Ю.Л., Штеба Т.В., Гомзикова Н.М., Демин И.А., Семенов В.Э.

Исследование процесса активации древесных углей различного происхождения // Вклад ученых и специалистов в развитие химико-лесного комплекса. (Мате­риалы Областной, конференции: тезисы докладов). - Екатеринбург, 1997. - С. 144-145.

1. Юрьев Ю.Л., Штеба Т.В., Демин И.А., Семенов В.Э. Испытания про­цесса доочистки питьевой воды с применением активных древесных углей // Отчет по теме Nr.p.01970009861. Екатеринбург: УГЛТА, 1997. - 84с.
2. Юрьев Ю.Л., Штеба Т.В., Демин И.А. Новая технология получения ак­тивных древесных углей // Лесохимия и органический синтез. (Материалы третьего Всероссийского совещания: тезисы докладов). - Сыктывкар, 1998. -234 с.
3. Юрьев Ю.Л., Штеба Т.В., Демин И.А. Применение активных древес­ных углей для доочистки питьевой воды // Перспективные материалы, техно­логии, конструкции. (Материалы четвертой Всероссийской конференции: тези­сы докладов). - Красноярск, 1998. - С. 547.
4. Y. Yuriev, I. Demin, Т. Shteba. Manufacture and application of the plant-based sorbents: Тез.докл. II. International symposium «Chosen processes at the chemical wood processing» - Zvolen, Slovak Republic, 1998 - C. 215.
5. Юрьев Ю.Л., Штеба T.B., Демин И.А., Куприянова Т.А., Полякова К.В., Цеулин А.Б. Исследование процесса пиролиза березовой щепы древесины разного возраста // Социально-экономические и экологические проблемы лес­ного комплекса. (Материалы Международной научно-технической конферен­ции: тезисы докладов). -Екатеринбург, 1999 -С. 177.

9. Юрьев Ю.Л., Демин И.А., Штеба Т.В., Воронков А.В., Ломовцев В.А.  
Испытания активных древесных углей для доочистки питьевой воды // Соци­  
ально-экономические и экологические проблемы лесного комплекса. (Мате­  
риалы Международной научно-технической конференции: тезисы докладов).-  
Екатеринбург, 1999. -С. 69.

**10**

10. Ткачев К.В., Стахровская Т.Е., Штеба Т.В., Демин И.А., Юрьев Ю.Л.

Разработка технологии получения активного угля - сорбента для очистки воды. // Чистая вода России 99. (Материалы международного симпозиума и выстав­ки: тезисы докладов) - Екатеринбург, 1999.- С. 130-131.

1. Полякова К.В., Штеба Т.В., Юрьев Ю.Л. Эффективность и варианты сжигания парогазовой смеси пиролиза древесины // Материалы научно-технической конференции студентов и аспирантов: тезисы докладов - Екате­ринбург, 2000. - С. 42.
2. Юрьев Ю.Л., Орлов В.П., Панюта С.А., Штеба Т.В. Проблемы аппа­ратурного оформления процессов переработки измельченной древесины в ак­тивные угли.// Изв. ВУЗов. Лесной журнал. - Архангельск. - 2000. - №5-6. - С. 52-57.
3. Юрьев Ю.Л., Штеба Т.В., Стахровская Т.Е., Панюта С.А. Разработка технологии активации древесных углей. // Экологические проблемы и химиче­ские технологии. (Сборник научных трудов УГЛТА). - Екатеринбург. - 2000. -С. 83-89.

**Структура и объем диссертации**

Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора, ме­тодической, экспериментальной и технологической частей, заключения, выво­дов, библиографического списка из 123 наименований, приложений, вклю­чающих данные статистической обработки результатов, тепловые балансы, ха­рактеристики оборудования, калькуляции себестоимости, результаты испыта­ний АУ. Материал изложен на 155 страницах машинописного текста, включая 31 таблицу и 38 рисунков.

ВЫВОДЫ ПО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

1. Предложенная технология производства активных углей является эконо­мически эффективной (рентабельность составляет 80 - 85 %). Срок окупаемо­сти инвестиций составляет 3,7-3,8 года;
2. Данная технология является гибкой, так как позволяет использовать сы­рье различного качества. Регулируя режимы процесса, можно получить актив­ный уголь стабильного качества с более низкой себестоимостью по сравнению с отечественными марками активных углей;
3. Себестоимость 1т активного угля, полученного из угля-сырца для трех различных образцов древесины составляет от 19771 до 20355 рублей: наи­меньшую себестоимость имеют АУ, полученные из крупномерной древесины, затем АУ из тонкомерной древесины, и наконец - АУ из древесины сучьев;
4. Применение схемы с частичным отбором смолы для крупномерной и тонкомерной древесины является целесообразным при условии стоимости смолы на рынке сбыта не менее 4900 и 4100 рублей за тонну соответственно.
5. Использование варианта с отбором смолы для древесины сучьев не­сколько снижает себестоимость активного угля. Затраты на привлечение штат­ного топлива окупаются прибылью от продажи смолы. Таким образом, при благоприятной конъюнктуре на рынке сбыта (при условии стоимости смолы не менее 4000 рублей за тонну) технология с отбором смолы для данного образца древесины является экономически эффективной.
6. Предложенная технология снижает экологическую опасность производ­ства за счет утилизации ПГС и ГА.

На основании полученных технико-экономических показателей можно сделать вывод, что организация производства активного древесного угля из бе­резовой щепы различного качества по предлагаемой технологии является эко­номически целесообразной.

135 ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В соответствии с поставленной целью разработана научно-обоснованная технология производства активных древесных углей из березовой щепы раз­личного качества.

Исследование химического состава древесного сырья показало, что раз­личия в содержании целлюлозы, лигнина и минеральных веществ не могут служить препятствием для получения активных углей высокого качества из древесной щепы разного качества.

Электронная микроскопия древесины и древесного угля показала, что в процессе пиролиза происходит изменение пористой структуры древесной мат­рицы: заметно увеличивается пористость волокон при незначительном увели­чении пористости сосудов. Под действием высокой температуры происходит выгорание межклеточного вещества и клеточных стенок (их толщина снижает­ся примерно в три раза), нарушаются соединения между отдельными элемен­тами сосудов.

Исследовано влияние технологических факторов на выход и качество древесных углей. Для всех образцов наблюдалась сходная картина влияния температуры на выход и свойства древесных углей, причем влияние конечной температуры пиролиза на выход угля ослабевает с ее ростом, что связано с по­вышением термической устойчивости образующейся углеродной матрицы.

При сравнительно невысоких температурах пиролиза (400 - 500 °С) вы­ход ДУ из древесины тонкомера и сучьев существенно ниже, чем из крупно­мерной древесины, но с повышением конечной температуры различия между образцами сглаживаются. Полученные зависимости являются, по нашему мне­нию, следствием различного химического состава исходной древесины. Со­держание углеобразующих компонентов (лигнина и целлюлозы) в спелой дре­весине выше, чем у тонкомера и сучьев. При высоких температурах пиролиза выход ДУ для всех образцов выравнивается.

136 С ростом температуры содержание нелетучего углерода и зольность ДУ

увеличиваются. На содержание нелетучего углерода во всех образцах ДУ ос­новное влияние оказывает температура. Влияние температуры процесса и его продолжительности на содержание нелетучего углерода в ДУ постоянно осла­бевает с повышением жесткости проведения процесса, что связано с повыше­нием термоустойчивости образующейся углеродной матрицы. Содержание не­летучего углерода характеризует качество ДУ как восстановителя. При равной конечной температуре пиролиза наибольшее его значение имеет ДУ из круп­номерной древесины, наименьшее - ДУ из сучьев. Нами установлена связь между содержанием целлюлозы в исходной древесине и содержанием терми­чески устойчивого углерода в древесном угле. Поскольку большее содержание целлюлозы наблюдается в крупномерной древесине, то и содержание нелету­чего углерода у ДУ из крупномерной древесины будет выше по сравнению с другими образцами.

Наибольшую зольность имеют ДУ, полученные из тонкомерной древеси­ны, что и предполагалось ранее, поскольку изначально зольность тонкомерной древесины выше зольности остальных образцов.

Установлено, что при температуре пиролиза около 500 °С наблюдается максимальное развитие пористой структуры древесного угля, при дальнейшем повышении температуры выявлено уменьшение суммарного объема пор, что можно объяснить уплотнением структуры углеродной матрицы.

Наиболее развитой пористостью обладают ДУ, полученные из тонкомер­ной древесины, так как молодая древесина имеет более рыхлую структуру кле­точных стенок, обеспечивающую лучший доступ питательных веществ. По этой причине ДУ из тонкомерной древесины имеют более высокие значения по суммарному объему пор и адсорбционной активности по йоду. Адсорбционная активность по йоду, характеризующая развитие микропористой структуры, с повышением температуры для всех образцов углей возрастает, а в интервале температур 600...700 °С отмечается стабилизация этого показателя и дальней-

137 шее развитие микропор возможно только за счет проведения парогазовой акти­вации.

Из экспериментальных данных следует, что организация процесса пиро­лиза березовой древесины разного качества при конечной температуре 500 °С и продолжительности 20 минут обеспечивает приемлемый выход ДУ при макси­мально высоком суммарном объеме пор и хорошо развитой микропористости. Древесные угли, полученные в выбранных условиях, имеют сформированную углеродную матрицу и могут использоваться в качестве сырья для активации.

В выбранном режиме пиролиза наработаны партии древесных углей из березовой щепы различного качества, из которых получены образцы древес­ных активных углей путем проведения парогазовой активации.

Для определения оптимальных условий активации было изучено влияние действующих факторов активации на выход и качество активных углей. Выход активного угля во всех случаях находится в обратной зависимости от темпера­туры активации и удельного расхода пара, причем расход пара оказывает большее влияние. Это говорит о меньшей устойчивости углеродной матрицы к окислению, чем к действию температуры. Продолжительность процесса акти­вации является значимой для активных углей, полученных из древесины сучь­ев, что указывает на диффузионный характер процесса.

С увеличением температуры активации и удельного расхода пара увели­чивается суммарный объем пор, расход пара при этом оказывает несколько большее влияние, т.к. основной объем пор образуется за счет окисления по­верхности угля водяным паром, а не за счет термораспада.

Зольность всех образцов АУ напрямую зависит от температуры актива­ции и удельного расхода пара. Величина зольности получаемых активных уг­лей линейно коррелирует с их выходом.

Активность по йоду для всех трех образцов активных углей в наших ус­ловиях напрямую зависит от температуры активации и удельного расхода пара. Учитывая, что при получении углей БАУ микропористая структура обусловле-

138 на в основном раскрытием первичной пористости угля-сырца, понятно, что в

этом процессе примерно одинаковое значение имеет термическое и окисли­тельное воздействие на смоляные перегородки для раскрытия замкнутых пор. На адсорбционную активность АУ, полученных из крупномерной древесины и сучьев, значимое влияние оказывает продолжительность процесса.

Экспериментально показано, что наименее устойчивым к действию тем­пературы и удельного расхода пара является ДУ из тонкомерной древесины, наиболее устойчив - ДУ из древесины сучьев. По нашему мнению, это объяс­няется различной устойчивостью исходной древесной матрицы и генетически связанной с ней устойчивостью матрицы древесного угля. При переходе к бо­лее плотной углеродной матрице влияние температуры и расхода пара ослабе­вает, но начинает оказывать существенное влияние продолжительность акти­вации, что указывает на переход процесса в диффузионную область. Это видно из сопоставления уравнений регрессии, полученных для выхода активного уг­ля, суммарного объема пор, зольности и адсорбционной активности по йоду исследуемых образцов. Как и предполагалось, зольность активного угля, полу­ченного на основе тонкомерной древесины, выше, чем у образцов АУ из круп­номерной древесины и сучьев, однако в выбранных условиях активации этот показатель не выходит за рамки стандарта.

Нами проведены исследования по изучению влияния удельного расхода пара на выход и адсорбционную активность по йоду АУ, полученных на осно­ве трех образцов древесины: крупномерной, тонкомерной и древесины сучьев. Выявлено, что наиболее устойчивыми к действию водяного пара являются дре­весные угли, полученные из древесины сучьев. Выход АУ в данном диапазоне изменения фактора линейно падает с увеличением удельного расхода пара, по­этому предпочтительней проводить процесс при небольших расходах пара. За­висимость адсорбционной активности по йоду от удельного расхода пара явля­ется корреляционной линейной. Наиболее подвержены активации ДУ, полу­ченные из крупномерной древесины, это, по нашему мнению, объясняется раз-

139 личиями в химическом составе исходной древесины, а именно наиболее высо­ким соотношением лигнин-целлюлоза в крупномерной древесине. Уголь, по­лучаемый из лигнина, имеет аморфную структуру, поэтому он быстрее реаги­рует на воздействие водяного пара.

Далее мы провели сравнительные исследования о влиянии удельного расхода пара на выход и качество АУ, полученных на кафедре из березовой щепы и промышленных образцов ДУ из стволовой древесины. Выход АУ, по­лученных активацией древесных углей из щепы крупномерной древесины вы­ше по сравнению с углями промышленных образцов. Более высокий выход объясняется качеством древесного сырья и условиями проведения пиролиза древесины. Древесный уголь получали на кафедре путем пиролиза березовой щепы при конечной температуре 500 °С. В отличие от промышленного ДУ ВСЛХЗ, полученного при более низкой температуре, лабораторный ДУ имеет более сформированную углеродную матрицу, кроме того, промышленный кус­ковой уголь характеризуется неравномерностью состава и свойств по сечению куска угля. В результате активный уголь, полученный из такого угля-сырца, имеет нестабильное качество и пониженный выход.

На основе экспериментальных данных нами определены оптимальные режимы активации древесных углей, полученных из березовой щепы различ­ного качества. Для ДУ из крупномерной древесины рекомендуется следующий режим активации: температура - 820 °С, удельный расход пара - 1,4 кг/кг ДУ, продолжительность -1,75 часа. Для ДУ из тонкомерной древесины: температу­ра - 810 °С, удельный расход пара - 1,2 кг/кг ДУ, продолжительность - 1,75 ча­са. Для ДУ из древесины сучьев: температура 825 °С, удельный расход пара -1,5 кг/кг ДУ, продолжительность - 1,75 часа. В выбранных режимах активации были наработаны партии активных углей, которые успешно прошли испытания на опытной установке по доочистке питьевой воды на Западной фильтроваль­ной станции г. Екатеринбурга, а также по очистке водно-спиртовой смеси на АООТ «Алкона». Акты испытаний приведены в приложении 6.

140

Результаты проведенных исследований послужили основанием для соз­дания технологии получения активных углей из березовой щепы различного качества.

Данной технологией предусмотрена переработка практически неисполь­зуемого в настоящее время сырья - тонкомерной древесины и древесины сучь­ев. Предлагаемая проектная мощность производства активных углей - 1000 т в год, из них 80 % марки БАУ (БАУ-А и БАУ-МФ) и 20 % - марки ОУ. Таким образом, проектная мощность производства активных углей: марки БАУ (БАУ-А и БАУ-МФ) - 800 т/год и марки ОУ - 200 т/год.

Для проведения процесса пиролиза древесной щепы нами выбрана бара­банная вращающаяся реторта, которая обеспечивает выпуск продукции ста­бильного качества при высокой удельной производительности оборудования -до 100 кг ДУ/(м рабочего объема\*час). При использовании внешнего обогрева она характеризуется низким пылеуносом и высокой теплотворной способно­стью парогазовой смеси. Эффективность утилизации ПГС заключается в ее сжигании и использовании образующихся дымовых газов в качестве теплоно­сителя для проведения процессов пиролиза и сушки. ПГС сжигается полно­стью или частично, при этом часть ПГС конденсируется и отбирается в виде смолы. На основании этого нами разработаны две технологические схемы про­изводства активного угля. Вариант А - схема с полным сжиганием ПГС, вари­ант Б - схема с частичным отбором смолы.

Наиболее приемлемым аппаратом для активации ДУ, по нашему мнению, является барабанная печь с зигзагообразной вставкой, обогреваемой кондук-тивным методом. Использование внешнего обогрева позволяет получить не­разбавленные теплоносителем высококалорийные газы активации. Они имеют высокую теплотворную способность и сжигаются с целью получения тепла, что решает проблему их утилизации. Кроме того, отсутствие инертного тепло­носителя дает возможность иметь в зоне активации, максимальную концентра­цию активирующего агента (водяного пара), обеспечить высокий коэффициент

141 утилизации водяного пара и провести процесс в максимально короткий срок.

Отсутствие топочных газов в зоне активации дает возможность резко снизить там скорость газового потока и практически исключить унос продукта из аппа­рата.

Процесс активации ведется в среде водяного пара. Продолжительность активации составляет 1,75 ч. При этом для перемещения материала используют зигзагообразные каналы. Благодаря зигзагообразной конструкции каналов об­разуется пульсирующее давление, что при коэффициенте заполнения канала до 50 % позволяет резко снизить расход пара и иметь его не более чем с 30 % -ным избытком над теоретическим. Как уже говорилось, теплоносителем для проведения процесса активации служат дымовые газы, получаемые в топке при горении ГА с воздухом. Отработанный теплоноситель после печи активации направляется в рекуператор-перегреватель на вторую стадию получения водя­ного пара.

Данная технология предусматривает 2-х ступенчатое охлаждение угля, В качестве холодильников используются шнеки с рубашками. Система охлаж­дения работает непрерывно. На первой стадии хладоагентом является водя­ной пар, на второй - вода. Тепло, выделяющееся в процессе охлаждения, ис­пользуется для получения активирующего агента (перегретого водяного пара). Водяной пар получают неочищенной воды в три стадии:

* стадия нагрева воды во второй ступени охлаждения активного угля;
* стадия испарения в рекуператоре-перегревателе за счет тепла отрабо­танного теплоносителя после печи активации;

- стадия перегрева в первой ступени охлаждения активного угля.

Схема по варианту Б отличается тем, что из ПГС выделяется смола с по­мощью центробежного смолоотделителя типа ТГ-150-1,12, а обессмоленная ПГС с помощью вентилятора подается в топку печи пиролиза на сжигание. Конденсируется 95 % всей смолы, содержащейся в ПГС.

142

Теплотворная способность обессмоленной ПГС, направляемой на сжига­ние, снижается примерно в 1,5 раза. Поэтому данная технология требует при­влечения дополнительного топлива. Применение схемы с частичным отбором смолы требует затрат дополнительного топлива в количестве около 0,2 т/(т АУ).

По обоим вариантам разработанной технологии составлены калькуляции себестоимости. Показано, что производство АУ из древесной щепы различного качества позволяет снизить их себестоимость по сравнению с традиционной технологией парогазовой активации за счет затрат на сырье и энергоресурсы. Предложенная технология производства активных углей является экономиче­ски эффективной (рентабельность составляет 80 - 85 %). Срок окупаемости ин­вестиций составляет 3,7 - 3,8 года. Себестоимость 1т активного угля, получен­ного из угля-сырца для трех различных образцов древесины практически оди­накова. Применение схемы с частичным отбором смолы является целесообраз­ным только при активации древесных углей, полученных из древесины сучьев. В случае с крупномерной и тонкомерной древесиной (при стоимости смолы 4000 рублей за тонну) затраты на привлечение штатного топлива не окупаются прибылью от продажи смолы. Использование варианта Б (с отбором смолы) древесины сучьев несколько снижает себестоимость активного угля. Затраты на привлечение штатного топлива окупаются прибылью от продажи смолы. Таким образом, при благоприятной конъюнктуре на рынке сбыта технология с отбором смолы является экономически эффективной.