

УДК 662. 641: 634. 0. 332

**А.И. Жигульская**

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ ДОБЫЧИ ТОРФЯНОГО СЫРЬЯ**

*Технологическая схема, включающая операции сводки кустарников и мелколеся, корчевки и вывозки пня, получения технологической щепы из пневой древесины торфяной залежи с обессмоливанием и разломом, представлена и рассмотрена с учетом предлагаемых вариантов ее усовершенствования и модернизации используемого оборудования.*

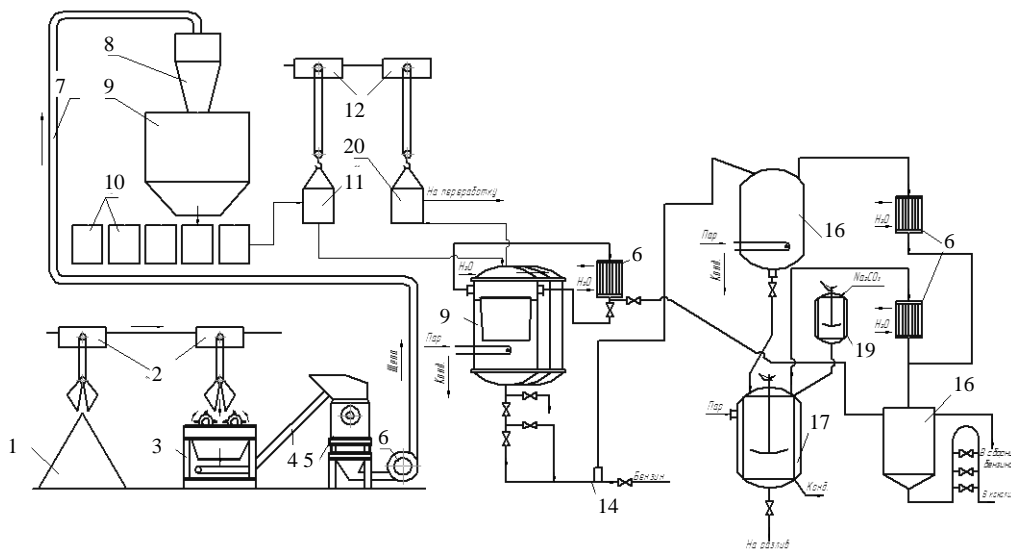
*Ключевые слова: сводка, корчевка, технологическая щепа, древесные включения торфа, обессмоливание, разлом щепы, волокнистая масса, связующая добавка.*

**П**ереработка древесных включений торфа, являющихся побочным продуктом его добычи, позволяет соблюдать несколько основных требований, являющихся основополагающими при создании новых технологий и оборудования: безотходность, ресурсосбережение (замена деловой древесины вторичной и отходами лесной и деревоперерабатывающих отраслей; снижение металлоемкости и энергоемкости оборудования), компактность и малогабаритность линий с многовариантной компоновкой оборудования, экологичность производства и выпускаемой продукции.

Под пнистостью торфяной залежи понимается объем погребенных в залежи древесных остатков, выраженный в процентах к общему объему залежи (вместе с древесными остатками). Пнистость является одним из важнейших показателей торфяной залежи. Древесина различных пород сохраняется в залежи неодинаково. Пни и стволы деревьев лиственных пород (березы, ольхи и др.) быстро разлагаются, а сохранившиеся обладают малой прочностью и большого влияния на подготовку производственных полей к эксплуатации не оказывают. Пни, хвойных пород, особенно сосны,

из-за специфического строения древесины в условиях торфяных залежей сохраняются тысячи лет, зачастую не теряют своей первоначальной прочности и очень сильно осложняют процессы подготовки и эксплуатации производственных площадей.

Для практических целей в большинстве случаев важно знать не общий показатель пнистости, а характер распределения пней по отдельным пластам залежи. Пни в залежи распределяются равномерно, если в процессе образования торфа не происходило каких-либо резких изменений в водовоздушном режиме залежи. Если же в процессе образования торфяного месторождения имели место периоды с резкими климатическими изменениями, когда изменялся водовоздушный режим и растительный состав, то и пнистость таких залежей изменяется от слоя к слою. При этом установлена тесная связь между степенью разложения и содержанием пней в слое. Примером могут служить слои пограничных горизонтов (слои торфа мощностью 20—70 см со степенью разложения 40—60 % и залегающие в неосушенных залежах на глубине 2—3 м), обладающие высокой степенью разложения и пнистостью, достигающей иногда 15 %.



**Рис. 1. Получение щепы (дробленки) с обессмоливанием:** 1 — склад для пня, 2 — погрузчик, 3 — машина для разделки древесины, 4 — транспортёр, 5 — молотковая дробилка, 6 — вентилятор, 7 — пневмотранспорт, 8 — циклон, 9 — бункер дробленки, 10 — корзина, 11 — корзина со щепой, 12 — кран, 13 — экстрактор, 14 — насос, 15 — теплообменник, 16 — куб перегонный, 17 — реактор омылитель, 18 — флорентина, 19 — реактор раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , 20 — корзина с обессмоленной щепой

Распределение древесных остатков различной крупности по горизонтали обуславливается теми же причинами, которые определяют общее послойное распределение их. В залежах с низкой степенью разложения встречаются в основном мелкие пни, в прослойках с повышенной степенью разложения — пни средних размеров и, наконец, в пограничном горизонте сосредоточены крупные, достигающие иногда размаха корневых лап в 6 м и массой свыше 100 кг, а с приставшим к ним грунтом — 350—500 кг. Удаление таких пней из залежи связано с большими трудностями, а наличие древесных остатков в залежи сильно затрудняет или делает невозможным выполнение технологических операций по производству торфа, значительно усложняет подготовку эксплуатационных площадей. Следовательно, необходимо разработать и внедрить тех-

нологические схемы, позволяющие использовать в качестве исходного древесного сырья пневую древесину торфяной залежи.

Один из вариантов технологии комплексной и безотходной переработки торфа и его древесных включений состоит из следующих этапов: корчевка и вывозка пней с полей добычи торфа, разделка пней и складирование в караваны, получение технологической щепы на установке разделки пневой древесины и молотковой дробилке, экстракция (обессмоливание) дробленки (рис. 1) или волокнистой массы (рис. 3), производство препаратов по борьбе с вредными насекомыми и болезнями растений на основе смолистых веществ из древесных включений торфяной залежи, размол обессмоленной щепы (рис. 2) и использование полученной волокнистой массы в качестве связующей добавки для формованной продукции

и плит различного назначения без применения химических добавок.

Под экстракцией обычно понимают извлечение тех или иных веществ из их смеси при помощи растворителя, избирательно растворяющего одно или несколько веществ, с дальнейшим выделением растворенного вещества от растворителя. Экстракция твердого тела жидкостью является весьма распространенным процессом. В основе процесса экстрагирования смолистых веществ органическим растворителем лежит явление диффузии. Сущность диффузии в данном процессе заключается в том, что растворы, имеющие разную концентрацию растворенного вещества, при соприкосновении будут взаимно протекать один в другой. С одной стороны растворенное вещество будет проникать в окружающий растворитель с пониженной концентрацией растворенного вещества, что будет вызывать повышение его концентрации в окружающем растворителе, а с другой стороны, сам растворитель будет проникать в раствор повышенной концентрации и вызывать перенос новых порций экстрагируемого вещества. Механизм процесса экстрагирования смолистых веществ сводится к следующему: растворитель проникая внутрь отдельных кусочков древесины, как через фибриллы волокон, так и непосредственно через клеточные стенки, растворяет смолистые вещества, находящиеся там. В результате чего внутри щепы образуется раствор смолистых веществ, имеющий более или менее высокую концентрацию.

Технологический процесс производства препарата «Садовод» из смолистых веществ пневмой древесины торфяной залежи состоит из следующих основных стадий: экстракция бензином измельченной пневмой дре-

весины; отгонка растворителя от экстракта (упарка бензинового экстракта и отгонка следов растворителя); нейтрализация смолистых веществ водным раствором соды с получением препарата «Садовод».

Щепа (дробленка) поставляется в цех обессмоливания пневмотранспортом из цеха заготовки и дробления пневмой древесины. Отделяясь от воздушного потока в циклоне, щепа попадает в бункер. Из бункера пластинчатым питателем технологическая щепа загружается в специальные корзины, которые передвигаются по сырьевому отделению с помощью карусельного конвейера. Корзины со щепой с помощью электроталей доставляются в экстракторы, которые затем герметично закрываются. Днище и стенки корзин изготавливаются из металлической сетки, через отверстия которой могут проникать пары бензина. Через объемный мерник из промежуточной емкости в экстрактор с помощью поршневых насосов закачивается бензин.

Экстрагирование дробленки производится следующим образом: бензин через распределитель в верхней части орошает дробленку, проходит через нее и попадает в нижнюю часть экстрактора. Бензин начинает кипеть, пары бензина проходят через дробленку, прогревают ее до температуры 90° С и в верхней части экстрактора конденсируется на крышке. Конденсат стекает вниз и экстрагирует смолистые вещества, содержащиеся в древесине. Остатки не конденсировавшихся паров выносятся в наружный теплообменник, где полностью конденсируются и возвращаются обратно в экстрактор. Остатки не конденсировавшихся паров также после возвращения в экстрактор, также вступают в процесс экстрагирования. Длительность процесса составляет

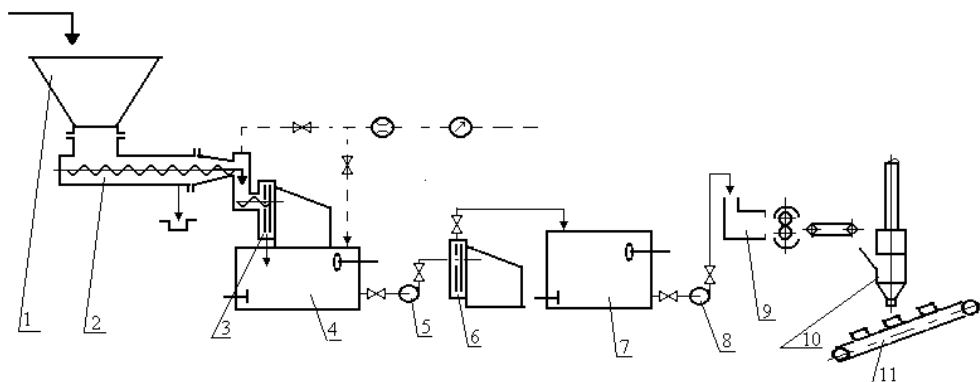
3,5—4 часа. После окончания процесса экстракции прекращается подача греющего пара и в течение 30 минут удаляется экстракт из дробленки. Экстракт стекает в кубовую часть и затем через фильтр, предназначенный для отделения древесной пыли, перекачивается в перегонный куб с помпачи тех же насосов. После откачки экстракта прекращают подачу в конденсатор экстрактора охлаждающей воды. В нижнюю часть экстрактора подается острый пар для пропарки проэкстрагированной дробленки с целью удаления из нее остатков бензина. Пары бензина и воды конденсируются в теплообменнике, который включен в это время на прямую. Конденсат попадает в флорентину, где происходит отделение бензина от воды. Бензин отводится в емкость, а вода, пройдя дополнительную очистку, попадает в канализацию. Процесс пропарки дробленки происходит в течение 45 минут.

В перегонный куб закачивается бензиновый раствор экстрактивных веществ, после чего в змеевик, расположенный в нижней части куба, подается пар. Посредством змеевика происходит нагрев экстракта до температуры растворителя. В случае необходимости, для интенсификации процесса отгонки растворителя, в конце упаривания смолистых веществ можно подавать острый пар через барбтер. Пары бензина и воды отводятся в теплообменник, где конденсируются, а затем подаются в флорентину для дальнейшего отделения бензина от воды. Упаренный экстракт из перегонного куба подается в реактор-омылитель. Реактор оборудован мешалкой и рубашкой. В реактор подается пар для подогрева и окончательной отгонки растворителя. После того как бензин полностью отогнан проводят нейтрализацию смолистых ве-

ществ раствором соды. Для этого смолистые вещества предварительно охлаждают до температуры равной 40° С, подавая воду и постоянно перемешивая. Затем из реактора раствора соды подается порциями расчетное количество раствора  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Эта процедура длится в течение часа. Следует обратить внимание, что при температуре больше 50 °С или при быстрой подаче большого количества соды возможно бурное вспенивание смеси и активное выделение углекислого газа. Затем температура поднимается до 50 °С и при этой температуре происходит перемешивание в течении одного часа. После окончания перемешивания отбирается проба для определения рН-препарата. В случае рН меньше 9.4, в реактор подается необходимое для достижения указанной величины рН количество соды.

Препарат «Садовод» представляет собой густую массу со специфическим запахом, хорошо растворяющую в воде и предназначенную для защиты культурных насаждений в открытом грунте, теплицах, оранжереях от насекомых и вредителей. Препарат «Садовод» по обогреваемому трубопроводу в разливное отделение цеха, где разливается (фасуется) в потребляемую тару: стеклянные, полимерные банки и бутылки 250,500,1000 см<sup>3</sup>.

Обессмоленная щепа, уходящая на производство волокнистой связующей добавки, представляет собой щепу с размером 6x8x40 мм и влажностью 40 %, не содержащую в себе бензина. Дробленка после процесса обессмоливания через открывающееся дно корзины высыпается на пластинчатый питатель, с которого пересыпается на скребковый конвейер, посредством которого идет перемещение (транспортировка) щепы в цех получения древесноволокнистой массы.



**Рис. 2. Технологическая схема производства волокнистых добавок из пневмой дробленки после экстракции без пропарки:** 1 — бункер, 2 — двухшнековый аппарат, 3 — дисковая мельница МД-1Ш5, 4 — массный бассейн, 5 — массный насос, 6 — дисковая мельница МД-00, 7 — массный насос, 8 — массный насос, 9 — двухбарабанный сгуститель, 10 — пресс-упаковщик, 11 — транспортер

Пневмая дробленка, после экстракции, подается в бункер сварной конструкции, откуда дозатором отбирается в двухшнековый аппарат, где после переработки волокна лишаются наружных стенок без существенного укорочения и степень помола равна 10-12° ШР.

Результаты анализа технологических схем показывают, что двухшнековые (двухвинтовые) аппараты можно применять для предварительного размола сульфатной, небеленой целлюлозы, обработки макулатурной массы, размола отходов сортирования древесной массы, а также использовать на первой ступени размола щепы из древесных включений торфяной залежи (без операции пропарки после обессмоливания или с предварительной обработкой паром давлением 1,2 МПа и температурой 170 – 190 °С).

В последние годы на стадии предварительного размола волокнистых полуфабрикатов высокой концентрации за рубежом широко используют главным образом двухвинтовые аппараты (фротопульперы). Фротопульпер состоит из следующих основных час-

тей: корпуса, валов с подающими витками размалывающих червяков, верхней крышки с загрузочной воронкой, боковой крышки, лопастных винтов, механизма регулирования загрузочного отверстия. Размалываемый волокнистый материал подхватывается подающими витками и поступает в зону обработки. В рабочем зазоре между витками размалывающих червяков происходит интенсивная обработка волокон под действием сил сжатия и сдвига. Возникают значительные силы трения волокон друг о друга и о металлические поверхности внутри аппарата.

В отличие от дисковых мельниц, где преобладают значительные срезающие усилия, в данном аппарате основное значение имеют нормальные силы при незначительном сдвиговом воздействии на волокна в межвитковом зазоре. Такое воздействие приводит к эффективному разделению полуфабриката на отдельные волокна без существенного их укорочения. Микрофотографии, выполненные на электронном микроскопе, показывают, что после обработки на

фротопульпере волокна лишаются наружных стенок, интенсивно скручиваются и частично расщепляются. Возможность получения длинноволокнистой массы из древесных включений торфяной залежи позволяет использовать данное исходное сырье в качестве связующей добавки для производства формованной продукции и плит различного назначения на основе торфа и древесных отходов добычи торфяного сырья.

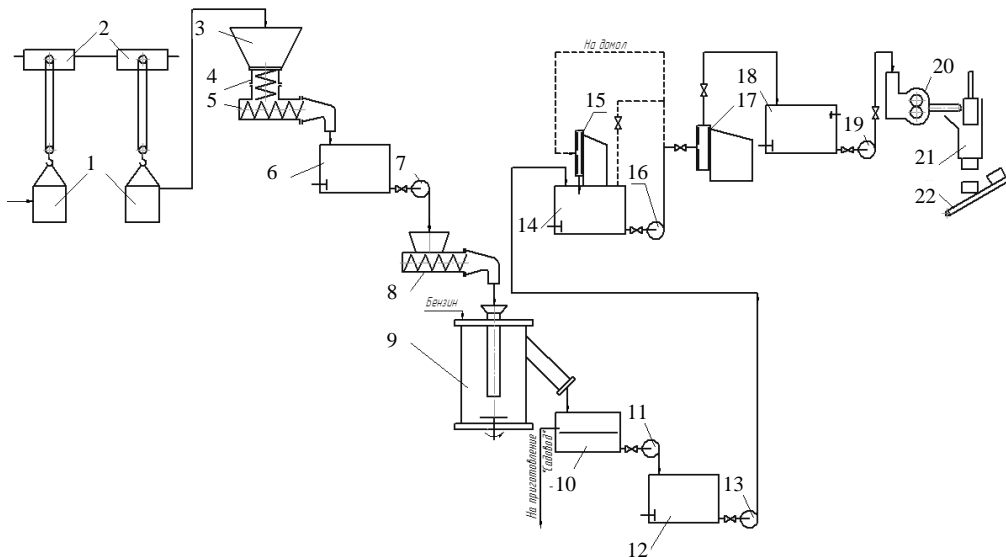
Обработанный материал выгружается через кольцевые зазоры, образованные внутренними коническими поверхностями боковой крышки и лопастными винтами. Для автоматического регулирования выгрузки обработанной массы служит рычажно-грузовой механизм. Автоматическое регулирование осуществляется следующим образом, по мере заполнения аппарата массой увеличивается давление на боковую крышку, которая препятствует свободному выходу массы. Когда давление массы превышает величину противодействия рычажно-грузового механизма, тогда: корпус перемещается вперед, кольцевые зазоры увеличиваются, и происходит выдавливание обработанной массы. После этого под действием рычажно-грузового механизма корпус перемещается обратно. Таким образом, регулируется загрузка и выгрузка волокнистого материала и поддерживается постоянство мощности, потребляемой аппаратом.

Двухвинтовые устройства для обработки волокнистых материалов были разработаны во Франции. Эта машина имеет два параллельных вращающихся в одном направлении вала с идентичными винтообразными поверхностями. Недостаток таких устройств – невозможность оперативно вмешательство в процесс обработки, т.к. конструкция машины не по-

зволяет варьировать в широких пределах производительность, концентрацию и интенсивность механического воздействия. С учетом перечисленных недостатков были разработаны российские аппараты трения или двухшнековые устройства. Опыт эксплуатации данных установок показал, что винты аппаратов устойчивы к изнашивающему воздействию агрессивных частиц поступающих с массой, если эти частицы, а точнее их размеры не превышают зазоров между винтами и корпусом.

Для получения волокнистой массы и ее обессмоливания устанавливается следующее оборудование (рис. 3): двухшнековый аппарат ША –293 на предварительном размоле, экстрактор, отливная машина, дисковая мельница МД-1Ш5 на второй ступени размола, дисковая мельница МД-00 на массном размоле, система транспортеров, массный бассейн, массный насос и двухбарабанный сгуститель.

Цель внедрения данной технологической схемы — интенсификация процесса экстракции за счет многократной обработки твердой фазы экстрагентом. В предлагаемом экстракторе существует оптимальное соотношение как диаметров циркуляционной и питающей труб, так и высоты кольцевого зазора между нижним срезом питающей трубы и крышкой роторно-пульсационного устройства. Поставленная цель достигается тем, что соотношение диаметров питающей и циркуляционной труб составляет 0,3 — 0,7, а соотношение расстояния между нижним срезом питающей трубы и крышкой роторно-пульсационного устройства к расстоянию между цилиндрами ротора и статора роторно-пульсационного устройства составляет 3 — 4. При такой конструкции аппарата достигается высокоинтенсивное извлечение экстрактивных веществ из



**Рис. 3. Схема получения волокнистой массы с обессмоливанием:** 1 — Корзина со щепой, 2 — Кран, 3 — Бункер, 4 — Шнек-дозатор, 5 — Двухшнековый аппарат, 6 — Массный бассейн, 7 — Насос массный, 8 — Подающий шнек, 9 — Экстрактор, 10 — Отливная машина, 11 — Насос, 12 — Бассейн, 13 — Насос, 14 — Массный бассейн, 15 — Мельница дисковая, 17 — Мельница дисковая для низкой концентрации, 20 — Струститель, 21 — Пресс, 22 — Конвейер

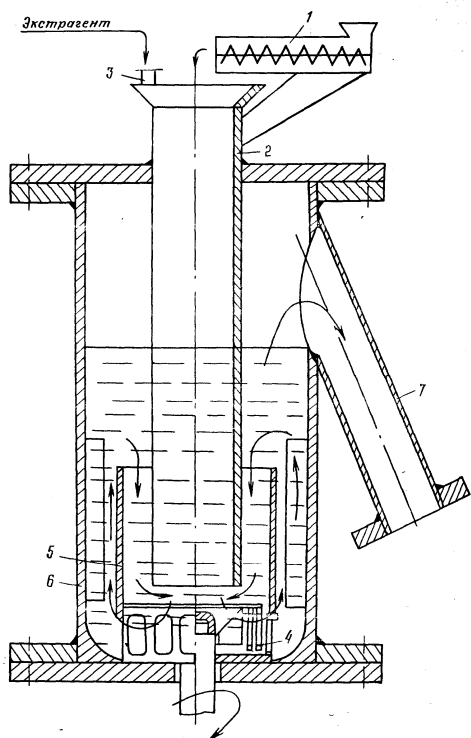
дисперсии капиллярно пористых тел (древесины разных пород, пневого осмола, коры), причем существует оптимальное соотношение диаметров циркуляционной и питающей труб и высоты кольцевого зазора между нижним срезом питающей трубы и крышкой роторно-пульсационного устройства. Так, при увеличении соотношения диаметров циркуляционной и питающей труб больше 0,7 наблюдается уменьшение степени извлечения экстрактивных веществ, а при уменьшении указанного соотношения меньше 0,3 происходит деструкция древесного сырья. Высота кольцевого зазора между нижним срезом питающей трубы и роторно-пульсационного устройства определяет эффективность эжекционного эффекта и, соответственно, обуславливает определенную кратность циркуляции через активную зону роторно-пульсационного устрой-

ства. С уменьшением указанного кольцевого зазора эжекционный эффект увеличивается, однако при малых высотах кольцевого зазора наблюдается явление забивки частицами дисперсии. Для обеспечения эффективной работы экстрактора высота кольцевого зазора должна находиться в интервале от 3 до 4 величин зазора нижнего между цилиндрами ротора и статора устройства.

На рис. 4 изображен общий вид предлагаемого аппарата, продольный разрез.

Аппарат состоит из шнек-питателя 1, питающей трубы 2, входного патрубка 3, роторно-пульсационного устройства 4, циркуляционной трубы 5, корпуса 6 и сливного патрубка 7.

Сырье (частицы древесных включений торфяной залежи, древесины пневого осмола, коры) непрерывно



**Рис. 4**

загружается шнеком 1 в питающую трубу 2, туда же по патрубку 3 непрерывно подается экстрагент, например вода, бензин и т.п. Из питающей трубы 2 суспензия поступает в роторно-пульсационное устройство 4 и проходит цилиндры ротора и статора в радиальном направлении. В зоне роторно-пульсационного устройства 4 происходит интенсивное извлечение экстрактивных веществ. При выходе из роторно-пульсационного устройства суспензия поднимается вверх по кольцевому зазору между циркуляционной трубой 5 и цилиндрическим корпусом 6. Достигнув верхнего уровня циркуляционной трубы 5, суспензия переливается в кольцевой зазор между циркуляционной и питающей трубами и засасывается в кольцевую щель между нижним срезом питающей трубы и крышкой

роторно-пульсационного устройства. При увеличении расхода среды через аппарат суспензия выгружается через сливной патрубок.

Далее масса поступает в дисковую мельницу МД-1Ш5. На размольные диски мельницы масса подается равномерно шнеком, встроенным в приемной камере мельницы. Степень помола массы доводится до 30-35° ШР. Размолотая масса подается в массный бассейн, оборудованной шнековой мешалкой и дисковую мельницу МД-00 для окончательного помола, при этом степень помола массы увеличивается на 2-3° ШР. Размолотая масса по трубопроводу подается в цех формованной или прессованной продукции. Для получения волокнистой массы в товарном виде, из бассейна масса поступает в двухбарабанный сгуститель. После сгустителя получается волокнистая масса влажностью  $w = 60-80\%$ , которая прессом упаковщиком кипуется в полиэтиленовые мешки по 50 кг. Волокнистая масса, полученная на данных технологических линиях, пригодна для применения в качестве связующей добавки в производстве формованной продукции (торфяные полые горшочки, упаковка) и плит различного назначения, удобна для транспортировки на значительные расстояния при поставке сторонним потребителям.

В процессе лабораторных и промышленных экспериментов базовая схема размола древесных включений торфяной залежи была значительно сокращена за счет использования других видов размольного оборудования: модернизированной установки горячего размола, валковой и вибрационной мельниц, что позволило сделать технологическую линию компактной и сократить ее энергоемкость.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кудимов Л.П., Кусков Ю.Д., Сафонов К.Е. Технология и комплексная механизация подготовки торфяных месторождений к разработке. — М.: Недра, 1974.
2. Любанский Б.П. Исследование процесса экстракции водорастворимых веществ из древесины лиственницы в поле механических колебаний. Автореф. канд. дисс. Л., 1978.
3. Жигульская А.И., Самсонов Л.Н. Варианты технологической схемы производства связующих добавок для торфяных горшочков. Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2002. — №3. **ИДЗ**

---

## КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Жигульская А.И. — кандидат технических наук, доцент, Тверской государственной технической университет доцент кафедры «Торфяные машины и оборудование».



---

## ОТДЕЛЬНЫЕ СТАТЬИ ГОРНОГО ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОГО БЮЛЛЕТЕНЯ (ПРЕПРИНТ)

### ВЛИЯНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ И ВРЕМЕНИ ПРЕБЫВАНИЯ ПОТОКА ПУЛЬПЫ В КАМЕРЕ ФЛОТОМАШИНЫ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФЛОТАЦИОННОГО ПРОЦЕССА

Самыгин Виктор Дмитриевич, доктор технических наук, профессор, Филиппов Лев Одиссеевич, кандидат технических наук, профессор, д.н. Франции «Науки о Земле», Матинин Александр Сергеевич, инженер, Северов Вячеслав Вячеславович, кандидат технических наук, ведущий инженер, e-mail: slavasev2@rambler.ru,

Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС».

Отдельные статьи Горного информационно-аналитического бюллетеня (научно-технического журнала). — 2011. — № 12. — 20 с. — М.: издательство «Горная книга».

Исследовано влияние на кинетические закономерности флотации частиц магнетита продольного и противоточного направления движения пульпы относительно воздушного потока при различном времени пребывания потока в камере лабораторной механической флотомашин. Увеличение времени пребывания пульпы до 100 секунд приводило к росту извлечения независимо от направления потока. При продольном движении извлечение было в 1,5 раза больше, чем при противоточном, что связано с меньшим увлечением потоком пульпы минерализованных пузырьков в хвосты. Анализ кинетических моделей флотации показал, что экспериментальные данные лучше описывались уравнением, учитывающим неоднородность флотируемости частиц магнетита. Вклад направления движения и времени минерализации в эффективность процесса флотации может быть оценен по изменению константы скорости флотации фракций и их соотношения.

Ключевые слова: флотация, гидродинамика, флотомашин, время пребывания, кинетика флотации.

### INFLUENCE OF PULP FLUX DIRECTION AND RESIDENCE TIME IN THE FLOTATION CELL ON THE EFFICIENCY OF FLOTATION PROCESS

Samiguin V.D., Filippov L.O., Matinin A.S., Severov V.V.

Influence of a longitudinal and counterflow direction of a pulp flow concerning an air stream on the kinetic laws to magnetite flotation is investigated at various residence time of a pulp stream in the laboratory mechanical flotation cell. Increase in the residence time until 100 sec results in an increase in mineral recovery separately for the pulp stream direction. At longitudinal direction of a pulp flow, mineral recovery was in 1.5 times more than at counterflow direction that is related with losses of mineralization bubbles in the tails. The analysis of kinetic flotation models has shown that experimental data were better described by the equation considering heterogeneity of the magnetite flotation. The role of a pulp flow direction and mineralization time to efficiency of the flotation process can be estimated by change a flotation speed constant of the mineral fractions.

Key words: flotation, hydrodynamics, flotation cell, residence time, flotation kinetics.