

УДК 622.331.012-021.431(047)(476)

РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕСТНЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Лесун Б.В. (Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь)

Рассматривается вопрос о перспективах рационального использования местных минеральных ресурсов и о перспективах эффективного использования торфа в энергетических целях. Показано, какая работа проводится в Республике Беларусь в рамках реализации Государственной программы «Торф» и ГПНИ «Разработка научных основ экологобезопасной технологии получения пористых строительного материалов с использованием местных видов топлив и вторичных энергоресурсов», обозначены направления, необходимые для реализации плана увеличения использования торфа в энергетических целях.

Введение

В настоящее время в Беларуси активно развиваются исследования, направленные на экономию технологического привозного топлива, при одновременной замене дефицитных видов на местные, например, торф, сапрпель, промышленные отходы, содержащие значительное количество органических веществ (лигнин, древесные опилки и др.)

Повышение эффективности использования топливно-энергетических ресурсов и создание необходимых условий для перевода экономики страны на энергосберегающий путь развития – одна из приоритетных задач государственной энергетической политики Республики Беларусь.

Решение проблемы обеспечения страны энергоресурсами в настоящее время рассматривается в двух направлениях:

- повышение эффективности использования существующих энергоносителей;
- разработка и внедрение новых перспективных способов производства энергоресурсов с учетом имеющейся в стране сырьевой базы [1].

Для обеспечения энергетической безопасности Республики Беларусь предусматривается к 2020 году обеспечить производство 25 % тепловой и электрической энергии за счет использования местных, возобновляемых и альтернативных источников энергии.

Торф и древесное топливо являются наиболее востребованными в малой энергетике и сельском хозяйстве топливно-энергетическими ресурсами. Поэтому к 2020 году доля торфа в общем объеме котельно-печного топлива должна составить не менее 4,3 %. Для сравнения: доля торфяного топлива при производстве электроэнергии в Финляндии составляет более 5 %, тепловой энергии – более 17 %.

По оценкам специалистов в Беларуси общая площадь торфяного фонда составляет 2,4 млн. га с геологическими запасами около 4 млрд. тонн торфа. Мировой опыт использования торфа, широкая распространенность ресурсов торфа в Беларуси доказывают необходимость повышения эффективности и объемов использования этого природного сырья в энергетике.

При агломерации силикатного сырья замена антрацита штыба на местные виды топлива является актуальной проблемой, однако, использование топлива с малой теп-

лотворной способностью требует разработки способов более эффективного их сжигания в агломерируемом слое шихты.

Выявлен ряд общих закономерностей, характерных для агломерации шихт как на основе глинистого, так и железорудного сырья. По мере уменьшения крупности топливных частиц заметно повышается восстановительный потенциал продуктов горения и снижается высота окислительной зоны. Так, снижение крупности топлива с 7,2-9 мм до 4,8-6,0 мм привело к уменьшению степени использования углерода с 7 до 14 %. Аналогичные результаты приводятся по данным при сжигании топлива различной крупности с одновременным замером температур в слое и состава отходящего газа. С повышением крупности топлива абсолютные температуры в зоне горения возрастают, а газовая фаза обогащается двуокисью углерода. Теоретические расчеты также приводят к выводу о снижении температурного уровня процесса при использовании мелкого топлива в сравнении с более крупным.

По степени углефикации можно прогнозировать возможную скорость спекания шихты, а, следовательно, и скорость горения топлива на основе тех или иных отходов углеобогащения. Так, низкометаморфизованные отходы с содержанием углерода в горючей массе менее 75 % позволяют (при прочих оптимальных условиях) достичь вертикальной скорости спекания шихты 13-23 мм/мин; среднеметаморфизованные отходы с содержанием углерода в горючей массе 75-90 % – 8-15 мм/мин; высокометаморфизованные отходы с содержанием углерода в горючей массе более 90 % – 4-10 мм/мин.

При спекании суглинков с использованием углей с содержанием летучих до 28-30 % процесс агломерации интенсифицируется. При увеличении же содержания летучих в углях свыше 28-30 %, например до 37 %, процесс агломерации замедляется. И в первом случае, и во втором наблюдается значительный унос летучих в газоходы. Изучение химической активности и процессов газообразования при сжигании топлива различного вида в агломерируемом слое шихты показало, что с ростом химической активности топлива и с уменьшением его крупности восстановительная способность продуктов горения усиливается, что находит свое выражение в увеличении отношения CO/CO_2 . Вышеприведенные закономерности указывают на целесообразность использования как торфа, так и сапропелей в качестве технологического топлива при рациональных способах их окускования и сжигания летучих [2].

Исследование получения аглопоритового щебня и песка с использованием фрезерного торфа

На аглопоритовых предприятиях в качестве технологического топлива с малой теплотворной способностью применяется каменный и бурый уголь. По данным [2] характеристика бурого угля следующая: марка угля – Б2, содержание серы на рабочую массу – 1-2 %; содержание углерода на рабочую массу – 41,1 %; содержание водорода на рабочую массу – 2,4 %; содержание азота на рабочую массу – 9,1 %; влажность на рабочую массу – 36 %; зольность на рабочую массу – 10 %; выход летучих на рабочую массу – 33 %; низшая теплота сгорания – 3380 ккал/кг.

При замене антрацита топливом с содержанием 28-30 % летучих процесс агломерации суглинков интенсифицируется, и зона горения растягивается. При увеличении содержания летучих в углях более 28-30 % процесс агломерации замедляется. Качественная характеристика аглопорита, спекаемого с различными видами технологического топлива, практически не изменяется.

Однако при замене антрацита топливом с большим содержанием летучих часть их не успевает сгореть. Поэтому использовать топливо с большим содержанием лету-

чих по общепринятой технологии производства аглопорита с учетом экологических соображений нецелесообразно. Однако применение смеси топлива, состоящей из одной части антрацита и двух частей угля с большим содержанием летучих, за счет повышения температуры горения топлива в слое позволило добиться большей полноты сгорания летучих.

Анализ теплотехнических характеристик торфа позволяет допустить использование торфа как технологического топлива при производстве аглопорита. Например, теплота сгорания горючей массы торфа колеблется от 3500 до 3700 ккал/кг, т.е. в сравнительно незначительных пределах. Теплота сгорания рабочей массы торфа колеблется в широких пределах в зависимости от влажности массы и ее зольности.

Оптимальная влажность сырьевой смеси зависит от вида применяемого торфа. Высота укладываемого слоя для шихты с применением торфа не превышает 310 мм, что сказывается на скорости ее спекания. Разрежение при агломерации составляет 0,02 МПа.

Температура зажигания шихты 1000-1100 °С. Расход газа при этом не увеличивается. Вертикальная скорость спекания шихты составляет 4-6 мм/мин. Съем продукции по составам шихты составил 180-210 кг/м² с учетом выхода недожога.

Полученные аглопоритовый щебень и песок с применением фрезерного торфа и древесных опилок по показателям прочности и плотности соответствовали требованиям стандарта, согласно которому по показателям насыпной плотности аглопоритовый щебень и песок относят: фракция 20-40 мм и 10-20 мм к марке 600; фракция 5-10 мм к марке 700; фракция менее 5 мм к маркам 1000-1100. По показателям прочности аглопоритовый щебень относится: фракция 20-40 мм и 10-20 мм к марке 75; фракция 5-10 мм к марке 200-250. Полученные нами аглопоритовый щебень и песок практически по всем качественным показателям близки к показателям продукции с использованием обычной шихты. Представляет также практический интерес использование в технологии увеличение крупности частиц (фракционного состава) торфа до 10 мм с целью повышения его массы, что вызовет повышение температуры в спекаемом слое, изменение режимов полукоксования торфа и параметров агломерационного процесса, в частности, выхода недожога.

Большое значение имеет также изучение качественных показателей аглопорита, спекаемого с различными видами технологического топлива, в которых различное содержание летучих веществ, что может увеличить выход недожога и повлиять на экологическую обстановку территории [3].

Работа действующих аглопоритовых предприятий, которые используют в качестве технологического топлива низкосортные угли, позволяет рекомендовать проведение исследований по разработке технологических параметров производства аглопорита при замене угля и древесных опилок на местные виды топлива (фрезерный торф – топливный, для компостирования, топливные дробленые брикеты, сапрпель и др.). Следует сказать, что сапрпелевые коллоидные отложения содержатся во многих пресноводных водоемах Беларуси и содержат до 93 % органических веществ. Сейчас их добыча носит промышленный характер, и применение сапрпелей возможно не только в сельском хозяйстве, но и в производстве легких заполнителей для аглопорита.

Опыт показывает, что неудачное конструктивное решение или неправильный режим охлаждения шихты приводит к низкому качеству полученного спекшегося прочного пористого конгломерата. Особое значение приобретает теплофизическое обоснование рациональных режимов охлаждения. В связи с этим актуальной задачей является исследование распределения поля температур внутри шихты в зависимости от

различных скоростей движения ленты агломерационной машины, а, следовательно, от времени охлаждения.

Математическая модель процессов охлаждения с движущейся лентой в общем случае должна содержать сопряженные системы уравнений, описывающие различные физические процессы: затвердевание шихты; оплавление поверхности; перераспределение примесей, газов и др. Недостаточная изученность ряда физических явлений, сложность системы дифференциальных уравнений вынуждают упростить математическую формулировку задачи, описывающую охлаждение шихты.

В последнее время наблюдается тенденция изучения динамики затвердевания с помощью численных методов решения краевых задач для уравнения теплопроводности. Этот подход связан со значительными затратами времени на составление и отладку программ. Однако во многих случаях реальных теплотехнологических процессов не требуется та высокая степень точности, которую дают аналитические либо численные методы моделирования. В таких случаях можно воспользоваться упрощенными, так называемыми, инженерными способами расчетов, позволяющими проектировщику или технологу с достаточной для практических целей степенью точности определить технологически важные параметры процесса.

При исследовании процесса охлаждения шихты после расплава и сгорания вкраплений необходимо знать: как перемещается в расплаве фронт затвердевания, как распределяются температуры в сечении твердой корки и каково время окончания затвердевания.

Процесс спекания шихты в производстве аглопорита с применением агломерационной машины делится на 4 этапа.

1. Испарение гигроскопической влаги при температурах до 100 °С.
2. Подогрев слоя шихты при температуре от 100 до 800 °С (в этот период происходит дегидратация глинистых минералов и гидроокислов железа).
3. Воспламенение топлива, находящегося в шихте (в этот период при температуре 800-1600 °С железные окислы восстанавливаются до закисного состояния и способствуют образованию жидкой фазы, происходит спекание зерен внутри отдельных частиц и контактное спекание их между собой, в результате сыпучий слой превращается в спекшийся пористый конгломерат).
4. Охлаждение конгломерата (в этот период завершаются процессы кристаллизации магнетита и α -кristобалита, α -кварц переходит в β -кварц, при этом кристаллическими фазами являются: кварц, полевой шпат, кристобалит и муллит).

Сейчас в Республике идет развитие исследований по экономии технологического топлива и замене дефицитных и дорогостоящих импортных на местные виды, такие как различные виды торфа, сапрпель, отходы торфобрикетного производства, которые имеют высокую теплоту сгорания и содержат значительное количество органических веществ. При использовании силикатного сырья или утилизации вскрышных пород в агломерации замена импортных видов топлива на местные являются актуальной проблемой, а использование топлива с низкой теплотворной способностью требует разработки новых способов по обогащению, усреднению и определению оптимальных сырьевых составов с целью более эффективного их сжигания в агломерируемом слое шихты.

В цехе теплоизоляционных материалов ОАО «Минский завод строительных материалов» были проведены промышленные испытания щебня и песка аглопоритовых с использованием фрезерного торфа ОАО «Торфобрикетный завод Усяж», и выпущена опытная партия аглопорита в количестве 230 м³.

Технологические параметры до проведения испытаний:

- температура в пламенном пространстве горна 950-1000 °С;
- скорость агломерационной машины (по вариатору) 80 В;
- уголь на отметке 4, на вариаторе 60 В;
- опилки на отметке 2;
- зазор между валками камневыделительных вальцов 10 мм;
- зазор между валками вальцов тонкого помола 5-15 мм.

Состав шихты в % по массе:

- суглинки месторождения «Фаниполь» – 89,3 %;
- уголь марки АШ 0-6 мм – 7,8 %;
- древесные опилки – 2,9 %.

Суглинок месторождения «Фаниполь» согласно ГОСТ 9169-75 «Сырье глинистое для керамической промышленности. Классификация» в зависимости от содержания тонкодисперсных фракций (частиц менее 0,01 и менее 0,001 мм) относится к группе «грубодисперсные», в зависимости от пластичности – «малопластичные».

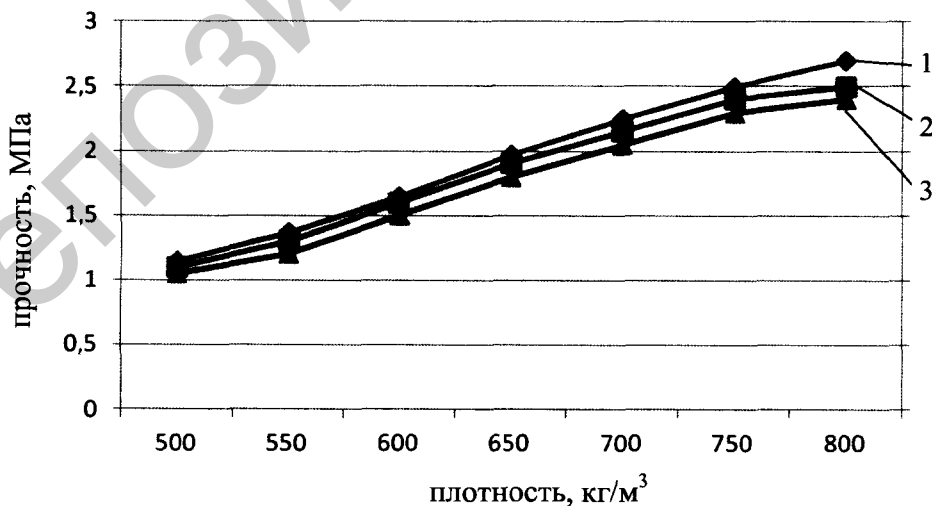
В процессе проведения испытаний контролировались следующие технологические параметры:

- дозировка компонентов шихты;
- влажность компонентов шихты;
- грансостав шихты;
- влажность шихты;
- скорость движения машины;
- высота слоя спекаемой шихты;
- разрежение в вакуум-камерах агломерационной машины.

Определялись:

- визуальную характеристику коржа со стороны разгрузки машины;
- качественные показатели полученного аглопорита.

Зависимость прочности аглопоритового щебня от его плотности при добавлении отходов торфяного производства и вскрышных пород показана на рисунке 1.



1 – с добавкой брикетов и суглинков; 2 – с добавкой торфа и суглинков; 3 – заводской
Рисунок 1 – Зависимость прочности аглопоритового щебня от его плотности при добавлении отходов торфяного производства и вскрышных пород

Здесь использовались вскрышные породы (суглинки) месторождения гравийно-песчаной смеси (ГПС) «Фаниполь», которые по физико-химическому составу могут использоваться для производства аглопорита. В качестве добавок использовался низинный фрезерованный торф степенью разложения 20 %, влажностью 50 %, зольностью 10 %. В состав брикетов входил фрезерованный торф (90 %) и древесные опилки (10 %). В смеси состав бурого угля был уменьшен на 3 % и добавлены дробленые брикеты фракционным составом 0÷5 мм.

Зависимость насыпной плотности от размера фракций с вводом фрезерного торфа представлена в таблице и на рисунке 2.

Таблица – Зависимость насыпной плотности от размера фракций

№ п/п	Размер фракций ϕ , мм	Насыпная плотность $\Pi(\phi)$, кг/м ³	
		торф	опилки
1	40	545	570
2	30	555	580
3	20	575	590
4	10	670	695
5	2,5	1030	1030

$$\Pi(\phi) = \Pi_0 + \Pi_1 \cdot \phi + \Pi_2 \cdot \phi^2 + \Pi_3 \cdot \phi^3,$$

где $\Pi_0, \Pi_1, \Pi_2, \Pi_3$ – коэффициенты модели: $\Pi_0 = 1,196 \cdot 10^3$, $\Pi_1 = -76,109$, $\Pi_2 = 2,887$, $\Pi_3 = -0,035$ для торфа; $\Pi_0 = 1,189 \cdot 10^3$, $\Pi_1 = -71,808$, $\Pi_2 = 2,696$, $\Pi_3 = -0,032$ для опилок.

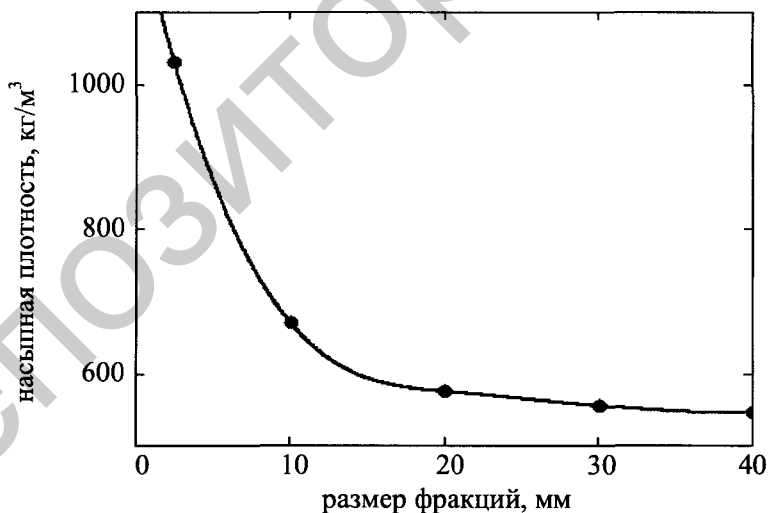


Рисунок 2 – Зависимость насыпной плотности от размера фракций (торф)

Зависимость насыпной плотности от размера фракций с вводом опилок представлена на рисунке 3.

Как видно из выше изложенного, замена бурого угля и опилок на фрезерный торф и дробленые брикеты торфа возможна. При этом необходимо продолжить изучение влияния использования торфа в технологии на состояние охраны окружающей среды, так как на участке массоподготовки при работе оборудования отмечалось некоторое пылеобразование.

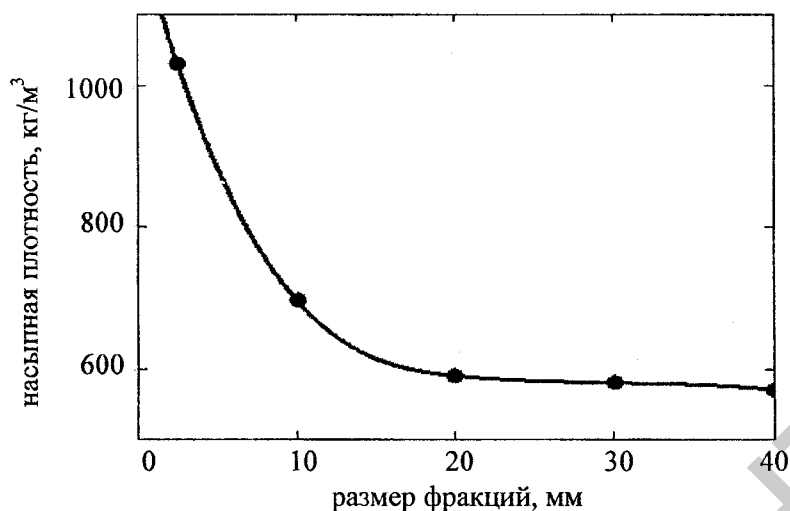


Рисунок 3 – Зависимость насыпной плотности от размера фракций (опилки)

При исследовании веществ неоднородной структуры, пористых тел, к которым относится торф, существенную роль играет коэффициент теплопроводности [4]. Существует ряд методов для определения коэффициента теплопроводности, которые исследуют зависимость коэффициента от температуры, влажности, структуры торфа по отдельности. Эквивалентный коэффициент теплопроводности λ_3 складывается из компонентов молекулярной λ , конвективной λ_k и лучистой λ_r теплопроводности:

$$\lambda_3 = \lambda + \lambda_k + \lambda_r.$$

В капиллярно-пористом теле при малых перепадах температуры передача тепла конвекцией и излучением в порах тела мала по сравнению с передачей молекулярной теплопроводностью.

Нами предложен комплексный метод определения теплофизических характеристик различных материалов, с помощью которого был исследован торф кусковой, измельченный, фрезерный и брикетированный. Известно, что изменение коэффициента теплопроводности в зависимости от температуры и влагосодержания описывается соотношением

$$\lambda = \lambda_0 + A t u e^{-b u},$$

где λ_0 – коэффициент теплопроводности абсолютно сухого тела при 0°C , ккал/м·час· $^\circ\text{C}$;

A и b – постоянные;

t – температура, $^\circ\text{C}$;

u – влагосодержание торфа, %.

В расчетах использовались измерения при температурах 10°C и 15°C , соответственно со средним влагосодержанием 58 % и 69 %, $\lambda_0 = 0,06$ ккал/м·час· $^\circ\text{C}$. Получены аналитические зависимости коэффициента теплопроводности для рассмотренных разновидностей торфа.

Так, для торфа брикетированного получилась аналитическая зависимость коэффициента теплопроводности от температуры и влагосодержания в виде

$$\lambda = \lambda_0 + 10,59tue^{-1,81u}.$$

Использование таких функциональных зависимостей для теплофизических коэффициентов торфа позволяет оптимизировать процессы сушки и брикетирования торфа.

Выводы

Была разработана комплексная малоотходная технология добычи и переработки нерудных строительных материалов, где вскрышная порода (суглинки) при добыче силикатного песка на карьере «Фаниполь» Минского района может использоваться в технологии получения некоторых пористых строительных материалов на основе аглопорита и керамического кирпича на ОАО «Минский завод строительных материалов» (рисунок 4).

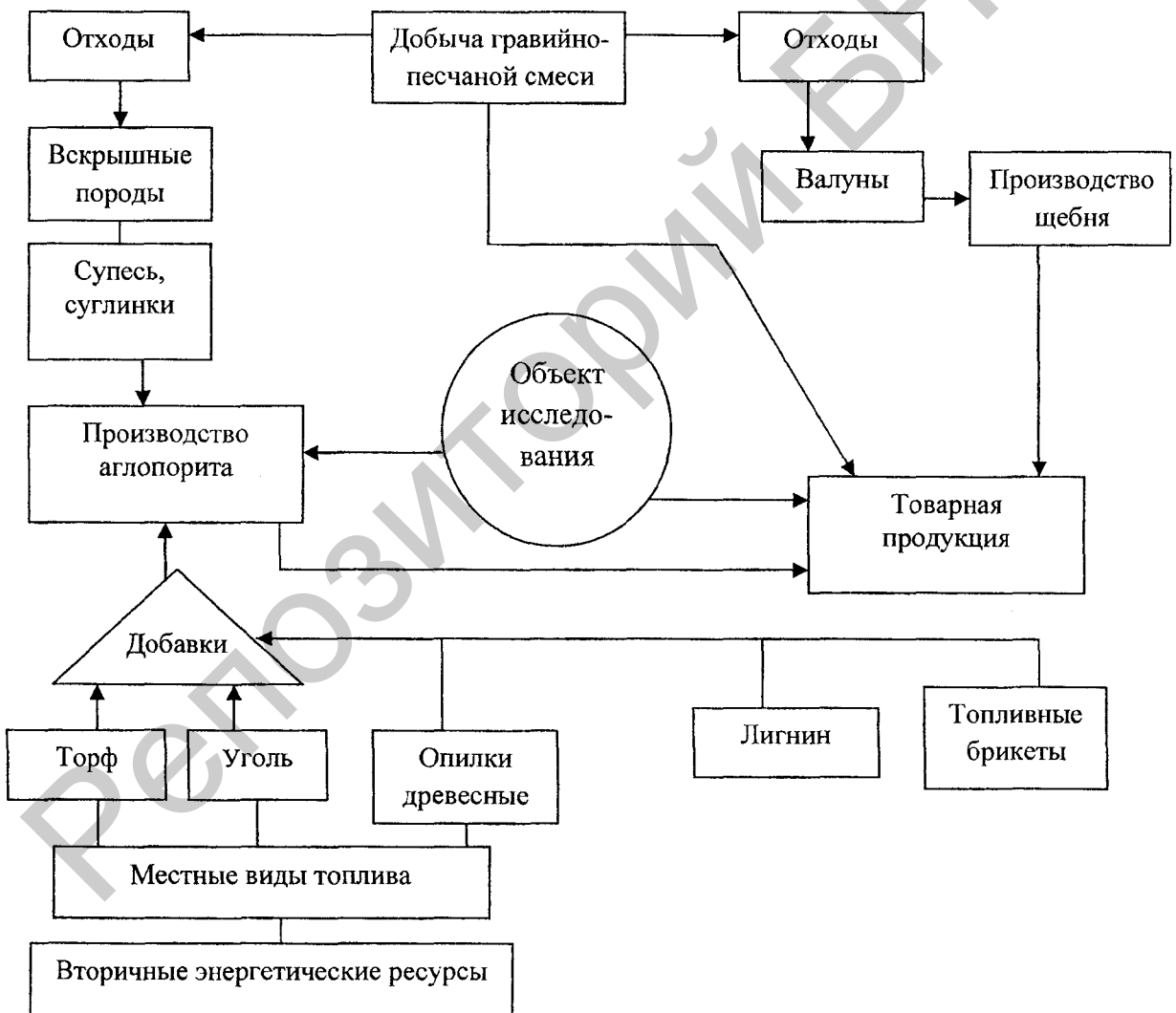


Рисунок 4 – Комплексная малоотходная ресурсосберегающая технология добычи и переработки нерудных строительных материалов с использованием местных видов топлива

Также в качестве импортозамещающих материалов нами предлагается использовать местные виды топлива на основе фрезерного торфа, топливных брикетов и древесные опилки. Это позволит не только уменьшить себестоимость аглопорита и керамического кирпича, но и получить значительный экономический эффект при выпуске единицы продукции.

Одним из важных направлений решения комплексной проблемы повышения эффективности и качества разработки месторождений ГПС должно стать широкое ресурсо- и энергосбережение. При этом на экономию одной тонны сырья при добыче, переработке и транспортировании ГПС затрачивается меньше средств. Эту программу можно осуществить путем реализации комплекса организационно-экономических, технологических и технических направлений, обеспечивающих наибольшую экономию ресурсов и их эффективное использование в горной промышленности.

Список используемых источников

1. **Березовский, Н.И.** Природные ресурсы и их использование / Н.И. Березовский, Е.К. Костюкевич. – Минск: БНТУ, 2005. – 188 с.
2. **Березовский, Н.И.** Обогащение и комплексное использование минеральных ресурсов: монография / Н.И. Березовский, С.Н. Березовский, Б.В. Лесун. – Минск: БИП, 2012. – 91 с.
3. **Березовский Н.И.** Разработка инновационных технологий: монография / Н.И. Березовский, С.Н. Березовский, Б.В. Лесун. – Минск: БИП, 2013. – 84 с.
4. **Воронова, Н.П.** Математическое моделирование и управление теплотехнологиями промышленных производств: монография / Н.П. Воронова. – Минск: БНТУ, 2009. – 259 с.

Lesun B.V.

Rational use of local mineral resources

The questions about the prospects for rational use of local mineral resources and the prospects for effective use of peat for energy purposes are considered. It is shown the scope of work which is carried out in the Republic of Belarus within the State program «Peat» and GPNI «The development of scientific bases of environment-friendly technology of porous building materials using local fuels and waste energy». The directions needed to implement a plan to increase the use of peat for energy purposes are stated.

Поступила в редакцию 18.07.2014 г.