

УДК 662.7

А.Г. Ушаков, Е.С. Ушакова, Г.В. Ушаков

ТВЕРДОЕ КОМПОЗИЦИОННОЕ ТОПЛИВО НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ УГОЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ И ИЗБЫТОЧНОГО АКТИВНОГО ИЛА

A.G. Ushakov, E.S. Ushakova, G.V. Ushakov

WASTE OF COAL ENTERPRISES AND SURPLUS ACTIVATED SLUDGE IN SOLID COMPOSITE FUEL

В работе предложено использовать углеродсодержащие отходы промышленных предприятий при получении твердого топлива для энергетических целей. В качестве связующего применяется избыточный активный ил городских очистных сооружений. Определены оптимальные составы топлива для использования в твердотопливных котлах, разработана принципиальная технологическая схема опытной установки. Осуществление переработки обезвоженного избыточного активного ила по предлагаемой технологии будет способствовать ресурсо- и энергосбережению. Ресурсосбережение заключается в использовании биогаза и получаемых топливных гранул как альтернативы традиционным природным энергоносителям — углю, природному газу и т. п. Перспективно использование топливных гранул в качестве твердого топлива взамен каменного угля в котельных установках и для нужд населения. Энергосбережение при реализации предлагаемых решений заключается в значительном сокращении потребления энергоносителей со стороны, что возможно благодаря использованию собственного получаемого газообразного и твердого топлива.

ТВЕРДОЕ ТОПЛИВО; ОТХОДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ; АКТИВНЫЙ ИЛ; СВЯЗУЮЩЕЕ.

The paper proposes the usage of carbon-containing waste of industrial enterprises in producing the solid fuel for energy purposes. The surplus activated sludge from the city sewage treatment facilities is applied as a binder. The paper determines the optimal composition of fuel to use in solid-fuel boilers and develops the technological scheme of the experimental setup. The proposed technology will contribute to resource - and energy saving. The resource saving includes the usage of biogas and fuel pellets as an alternative to traditional natural energy resources: coal, natural gas, etc. It is prospective to use pellets as the solid fuel instead of coal in boiler plants and for human needs. Energy saving implies significant reduction of external energy consumption in order to implement the proposed solutions, which is possible due to the usage of one's own produced gas and solid fuel.

SOLID FUEL; WASTE OF INDUSTRIAL ENTERPRISES; ACTIVATED SLUDGE; BINDER.

Отходы предприятий угледобывающей и углеперерабатывающей промышленности характеризуются значительными объемами, для утилизации которых разработано множество методов, например внедряются способы сжигания отходов в виде пыли- и водоугольного топлива. Однако подобные технологии представляют потенциальную взрыво- и пожароопасность, поскольку основаны на измельче-

нии сжигаемого топлива до мелкодисперсных размеров (до 90 мкм). Необходимо разработать пожаро- и взрывобезопасную технологию утилизации (в сравнении с применяемыми способами сжигания пылевидных отходов добычи и переработки угля) техногенных угольных образований.

Анализ литературы, в том числе патентной, позволяет заключить, что эффективным спосо-

бами утилизации угольных отходов с получением бездымного топлива служат гранулирование и брикетирование. При этом необходимо решить задачу поиска связующего вещества, которое бы не ухудшало теплотехнические характеристики получаемых продуктов.

Поиск эффективного связующего выявил возможность использования обезвоженного избыточного активного ила городских очистных сооружений с одновременным решением важнейшей экологической проблемы [1].

Образование избыточного активного ила — неотъемлемое следствие аэробного процесса очистки воды. К примеру, на водоочистных сооружениях города с населением один миллион жителей обрабатывается приблизительно 500 тыс. м³/сут. стоков и образуется 60 т сухого вещества, которое необходимо удалять [2, 3].

Активный ил представляет собой амфотерную коллоидную систему с однородным фракционным составом: около 98 % частиц имеют размеры до 1 мм. Влажность составляет 96–99 %. Хлопья активного ила имеют развитую удельную поверхность. Органическая часть ила составляет 70–75 % массы сухого вещества; зольность ила — в пределах 25–30 %. В иле может присутствовать до 40 % субстрата, представляющего собой твердую отмершую часть остатков водорослей и различных твердых остатков, к которым прикрепляются организмы активного ила [3].

Были поставлены цели: разработать технологическую схему утилизации техногенных

угольных образований с получением топливных гранул и определить оптимальный состав сырья.

Материалы и методика исследований

Материалы. В качестве наполнителей топливных гранул в работе использовали следующие материалы: угольный шлам, угольный отсев, а также коксовую мелочь и пыль.

В качестве связующего — остаток анаэробного сбраживания избыточного активного ила, полученный при температуре 37 °С в течение 20 суток [4]. Обезвоженный избыточный активный ил отбирали непосредственно после стадии биологической очистки и механического обезвоживания на городских станциях аэрации г. Кемерово.

Основные характеристики сырья приведены в табл. 1.

Методика получения гранул. Этап получения гранул включал следующие операции:

- 1) приготовление исходной смеси (шихты) с заданными соотношениями «наполнитель : связующее : модифицирующие добавки»;
- 2) формование смеси окатыванием в барабанном грануляторе;
- 3) сушка гранул, как в естественных условиях, так и при температуре 105±5 °С в сушильном шкафу.

Барабанный гранулятор представлял собой пластиковую емкость ($d = 40$ см). Повороты барабана осуществлялись за счет вращения вала двигателем. Время и скорость вращения

Таблица 1

Характеристика применяемого сырья

Определяемый параметр	Угольный шлам	Угольный отсев	Коксовая мелочь мокрого тушения	Коксовая пыль (циклонная)	Избыточный активный ил
Влажность W^a , %	1,6	5,3	0,8	0,6	76,0–80,0
Зольность A^d , %	37,7	15,9	13,9	24,5	28,9
Фракционный состав, %:					
1 мм	11,9	73,4	68,3	0,4	98,0
1–0,7 мм	5,8	14,4	10,6	2,4	98,0
0,7–0,5 мм	6,6	4,3	8,5	7,6	98,0
0,5 мм	75,7	7,9	12,6	89,6	98,0
Высшая теплота сгорания Q_s^d , МДж/кг	22,46	24,0	27,3	27,5	20,6

барабана определили экспериментально и приняли постоянными для всех дальнейших опытов: время вращения — 15 мин, скорость вращения — (90–100) об./мин.

В ходе экспериментов изучали смеси: 1) угольный отсев + связующее; 2) угольный шлам + связующее; 3) угольный отсев + угольный шлам + связующее.

Для указанных смесей предварительно устанавливали максимальное и минимальное содержание связующего в смеси, при которых будет осуществляться процесс окатывания и образования топливных гранул шарообразной формы. Эксперименты проводили подбором различных «соотношений наполнитель : связующее».

Возможность модификации поверхности и ее сглаживания изучали путем введения в барабан опудривающих добавок при гранулировании (а именно угольного шлама) в количестве до 15 % от массы смеси [5].

Исследование процесса горения гранул

Изучение процесса горения полученных топливных гранул производили в лабораторных условиях в муфельной печи, а также на опытной установке [7].

Сжигание топливных гранул в муфельной печи производили так: помещали гранулу в муфельную печь, печь разогревали и отмечали время и температуру, при которой происходило возгорание топливной гранулы, интенсивность и продолжительность горения.

Опытная установка сжигания топлива включает:

отопительный твердопливный котел Logano S111–16; его основные технические характеристики — теплопроизводительность (минимальная/номинальная) 6/16 кВт; основное топливо — бурый уголь (фракция 20–40 мм, влажность до 28 %); допустимое топливо — бурый уголь в брикетах, каменный уголь, кокс, прессованное топливо; КПД при основном и допустимом топливе равен соответственно 74–78 % и 72–83 %; вместимость загрузочной камеры — 0,26 м³;

расширительный бак для создания напора и движения воды по замкнутому контуру;

отопительный элемент — четырехсекционная радиаторная батарея.

Схема опытной установки состоит из двух контуров:

первый контур — это прямой трубопровод котла через расширительный бак в обратный трубопровод котла;

второй контур — это прямой трубопровод котла через расширительный бак к водяному калориферу, из которого уже остывший теплоноситель поступает в обратный трубопровод котла. Второй контур использовали для отвода тепла при повышении температуры воды в котле, предотвращения вскипания теплоносителя, а также «запаривания», ухудшающего режимы горения и отвода тепла из топки котла выходящими газами.

Эксплуатация опытной установки производилась следующим образом: растапливали котел с помощью деревянных брусков в течение 15 минут, после прогрева котла в топку засыпали предварительно взвешенную порцию топливных гранул заданного состава.

Определяемыми параметрами были:

температура в топке печи. Ее измеряли с помощью термопары, отмечали максимальную температуру при сжигании анализируемых топливных гранул;

температура нагрева воды, дымовых газов и отопительного элемента. Измерение производили хромель-копелевой термопарой, подключенной к терморегулятору «Овен ТРМ 1».

Результаты исследований

Изучение влияния различных составов сырья на изменение свойств топливных гранул

Смеси «угольный отсев : связующее». Граничные соотношения компонентов для формования — от 80:20 до 40:60 % мас.

При соотношении компонентов (60:40)–(50:50) высокая влажность смеси препятствует нормальному окатыванию, топливные гранулы прилипают к внутренней поверхности барабана, слипаются между собой. Получаемые топливные гранулы имеют неровную угловатую форму, видны частицы угля на поверхности (рис. 1). При соотношении «угольный отсев : связующее», равном 40:60, гранулы получить не удастся, т. к. значительная влажность смеси мешает образованию. А при соотношении 80:20 окатывание происходит без налипания гранул на внутрен-

ную поверхность барабана; образующиеся гранулы имеют яйцевидную форму с пористой поверхностью. Это объясняется избыточным содержанием влаги в гранулах, что снижает их прочность и приводит к деформации.

При анализе других смесей рассматриваемого двухкомпонентного состава (содержание связующего вещества в пределах от 40 до 20 % мас.) отмечена недостаточная прочность топливных гранул на сжатие (до 5 кг/гранула), высокая истираемость (более 70 %), что связано с недостаточным количеством связующего и неровностью поверхности гранул.

Наиболее крупные топливные гранулы были получены при окатывании смеси «угольный отсев : кек», равном 70 : 30. Липкость смеси и ее влажность позволяют управлять процессом, получать гранулы необходимого фракционного состава.

Из отмеченного выше следует, что двухкомпонентной смеси «угольный отсев : связующее» недостаточно для получения качественных топливных гранул.

Смесь «угольный шлам : связующее». Граничные соотношения компонентов для формования — 80:20 до 40:60 % мас.

При соотношении «угольный шлам : связующее», равном 80 : 20, смесь получается сухой, рассыпчатой, гранулируется с трудом. Выход гранул диаметром менее 20 мм — более 50 %. Гранулы такого размера будут просыпаться в колосниковую решетку котла или печи. А при соотношении 40:60 гранулы получить не удастся, т. к. значительная влажность смеси мешает образованию гранул. При соотношении 60:40 имеет место незначительное налипание смеси на поверхность барабана при гранулировании.

Таким образом, наиболее подходящий интервал соотношения «угольный шлам : связующее» — (80:20)–(60:40).

В результате исследований двухкомпонентных смесей отмечено, что удовлетворительное окатывание и получение топливных гранул диаметром более 30 мм возможно при содержании связующего вещества в пределах 30–35 % мас. При большем содержании влажность и липкость смеси значительно затрудняют процесс гранулирования; при меньшем — недостаточно связующего вещества и влажности смеси для образования топливных гранул необходимого размера.



Рис. 1. Гранулы состава «угольный отсев : связующее» — 50:50

Одна из важнейших характеристик, определяющих возможность дальнейшего использования гранул, — прочность на истирание. Выбор этого параметра обоснован необходимостью транспортирования гранул из сушильного аппарата к месту погрузки и перевозки в таре: гранулы должны не истираться при трении друг о друга и не разрушаться от давления верхнего слоя загрузки. При выгрузке гранул из тары, загрузке в котел и создании слоя необходимой высоты — на всех этих этапах прочность также является определяющей характеристикой.

Условия получения топлива из смесей «угольный шлам:угольный отсев : связующее» определяли на основании данных, полученных в предыдущих экспериментах гранулирования смесей.

Возможность модификации поверхности и ее сглаживания изучали путем введения при гранулировании в барабан опудривающих добавок, а именно угольного шлама, в количестве до 15 % от массы смеси [5]. При этом вид гранул значительно меняется, они становятся более гладкими с однородной поверхностью (рис. 2).



Рис. 2. Гранулы состава «угольный отсев : связующее» — 70:30 с введением угольного шлама

Но добавление большого количества угольного шлама нецелесообразно, т. к. приводит к сильному пылению в барабане. При этом влажность формуемой смеси значительно уменьшается в виду поглощения влаги пылью, уменьшается липкость окатышей. Размер гранул с момента образования сухого слоя на их поверхности не изменяется.

Также изучали влияние введения угольного шлама в состав топливных гранул с соотношением «угольный отсев : кек» — 70:30.

Установлено, что увеличение количества вводимого в смесь угольного шлама способствует образованию более гладкой поверхности гранул, однако уменьшает средний диаметр гранул. Причина — в снижении влажности смеси и ее липкости за счет добавления мелкодисперсного угольного шлама, хорошо поглощающего воду.

Возможно введение в состав топливных гранул некондиционных продуктов коксования — коксовой мелочи и пыли. Это способствует повышению теплоты сгорания и температуры горения топлива [6].

Использование кокса предъявляет повышенные требования к связующему веществу в части обеспечения прочности гранул при высоких температурах. Поэтому в состав формуемой смеси вводили минеральные упрочняющие добавки (цемент).

Максимальное увеличение прочности достигается при добавлении 15 % цемента в формуемую смесь, причем зольность составляет 35–40 %. Учитывая, что в качестве наполнителя использованы отходы и некондиционные продукты производств добычи и переработки угля, то зольность полученных гранул можно считать удовлетворительной.

Эксперименты по сжиганию полученных топливных гранул в лабораторных условиях и на опытной установке

Первоначально в котле производили сжигание каменного угля для получения исходных данных, с которыми впоследствии производили сравнение результатов, полученных при сжигании изучаемых топливных гранул.

Для сжигания отбирали фракцию 13–25 мм и более. Такой выбор связан с особенностями строения колосниковой решетки котла: уголь

меньшего размера просыпался в отверстия в колосниковой решетке, что приводило к погрешностям при проведении эксперимента (при изменении как массы сжигаемого топлива, так и времени нагрева котла) и увеличивало долю недожога топлива. Масса порции сжигаемого угля составляла 200–215 г.

При сжигании установлено:

- постоянство температуры при сгорании;
- отсутствие явления спекания угля в слое из-за более равномерного распределения измельченного зольного остатка в брикетах;
- время горения 1 кг топлива — до 2–3 часов;
- отсутствие пылеуноса, поскольку топливные гранулы имеют равномерный фракционный состав.

Исследования по сжиганию гранул на опытной установке показали, что наличие добавок в составе топливных гранул не создает препятствий для их возгорания. Размер получаемых гранул не позволял им просыпаться через колосниковые решетки котла. Важно, что диаметр получаемых гранул можно варьировать в процессе окатывания смеси. Это позволит получать гранулы, подходящие для различных типов котлов с разными колосниковыми решетками. Самовозгорание гранул в котле наблюдалось в диапазоне температур 400–450 °С.

Анализ дымовых газов показал, что их выделение при сжигании топливных гранул соответствует аналогичным условиям при сжигании энергетического каменного угля. Выделение оксидов серы определяется ее содержанием в составе наполнителя.

При сжигании отмечено отсутствие посторонних запахов, упрощение обслуживания процесса горения в печи благодаря равномерному фракционному составу топлива. Поскольку гранула состоит из мелкодисперсных частиц наполнителя, это способствует большей проницаемости ее для воздуха по сравнению с плотным куском угля, что также повышает эффективность процесса сжигания.

Топливные гранулы, находящиеся внизу слоя, помещенного в топку, не разрушаются под давлением веса лежащих на них гранул при температурах сжигания. Это свидетельствует, что термическая устойчивость связующего достаточна для использования в составе топливных гранул.

Таким образом, установлено, что наиболее эффективное содержание связующего вещества равно 32–35 % мас. Полученные топливные гранулы характеризовались следующим: $Q_s^d = 20\text{--}22$ МДж/кг, прочность на истирание 75–80 % (остаток на сите — 5 мм), $A^d = 25\text{--}35$ %.

Разработка технологии и составление принципиальной технологической схемы получения топлива

Результаты экспериментальных исследований положены в основу технологии получения газообразных и твердых энергоносителей с использованием отходов биологических очистных сооружений и предприятий добычи и переработки угля.

На рис. 3 представлена блок-схема процесса получения твердотопливных гранул на основе отходов предприятий добычи и переработки угля.

В качестве связующего вещества используется остаток от анаэробного сбраживания обезвоженного избыточного активного ила. Расчет представлен для переработки 1000 кг исходного сырья.

В качестве исходных данных взят объем загрузки одного метантенка 10 м³, что соответствует масштабам переработки для опытной установки.

Разработана принципиальная технологическая схема опытной переработки обезвоженно-го активного ила объемом 10000 м³/год с получением топливных гранул (рис. 4) [8].

По данной схеме исходное сырье (кек) загружают в бункер 5, откуда героторным насосом перекачивают в метантенки 1, где происходит анаэробное сбраживание с получением биогаза. В схеме предусмотрено три метантенка, работающих параллельно. Период сбраживания составляет 16 дней.

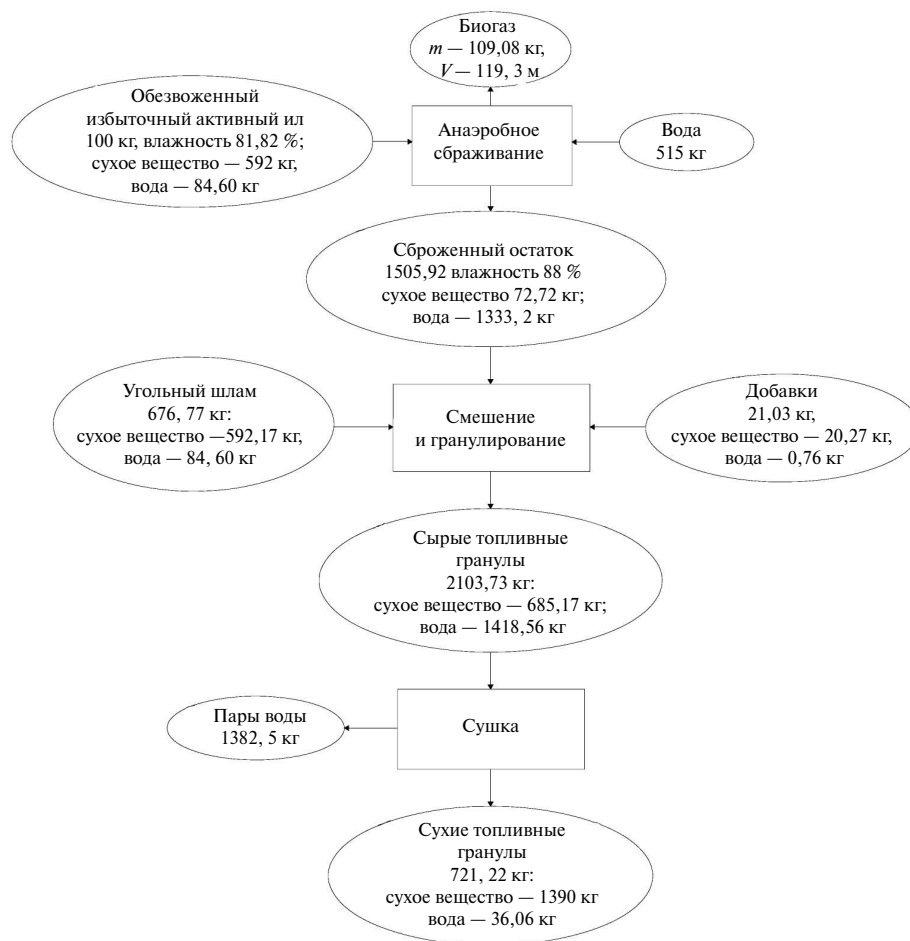


Рис. 3. Блок-схема технологии получения топливных гранул из отходов предприятий добычи и переработки угля

Таблица 2

**Материальный баланс технологии получения топливных гранул
(расчет на переработку 10000 т обезвоженного избыточного активного ила)**

Приход				Расход			
Вещество	Состав	Масса, кг	%	Вещество	Состав	Масса, кг	%
<i>Стадия сбраживания</i>							
Кек	Сухое вещество кека	1818,0	12,0	Сброженный остаток	Сухое вещество кека	727,2	4,8
	Вода	8182,0	54,0		Вода	13332,0	88,0
Вода	Вода	5150,0	34,0	Биогаз	Биогаз	1090,8	7,2
Итого		15150,0	100,0	Итого		15150,0	100,0
<i>Стадия окатывания</i>							
Угольный шлам	Сухое вещество угля	5921,7	28,2	Топливные гранулы влажные	Сухое вещество угля	5921,7	28,2
	Вода	846,0	4,0		Сухое вещество кека	727,2	3,5
Сброж. остаток	Сухое вещество кека	727,2	3,5		Сухое вещество добавок	202,7	1,0
	Вода	13332,0	63,4		Вода	14185,6	67,4
Добавки	Сухое вещество добавок	202,7	1,0				
		Вода	7,6	0,04	Итого		21037,3
Итого		21037,3	100,0	Итого		21037,3	100,0
<i>Стадия сушки</i>							
Топливные гранулы влажные	Сухое вещество угля	5921,7	28,2	Топливные гранулы сухие	Сухое вещество угля	5921,7	28,2
	Сухое вещество кека	727,2	3,5		Сухое вещество кека	727,2	3,5
	Сухое вещество добавок	202,7	1,0		Сухое вещество добавок	202,7	1,0
	Вода	14185,6	67,4		Вода	360,6	1,7
Итого		21037,3	100,0	Вода испар.	Вода	13825,0	65,7
				Итого		21037,3	100,0

Для достижения оптимальной влажности смеси в аппараты добавляют воду, дозирование осуществляется автоматически весовыми дозаторами. Процесс сбраживания осуществляют при периодическом перемешивании. Эффективность анаэробной переработки определяется температурой сбраживания смеси, причем на

этот параметр значительно влияет температура окружающей среды. Оптимальная температура смеси в аппарате составляет 37 ± 5 °С. Выбор режима обусловлен экономическими затратами на подогрев метантенка и поддержание в нем постоянной оптимальной температуры, измеряемой термопарами; давление контролируют ма-

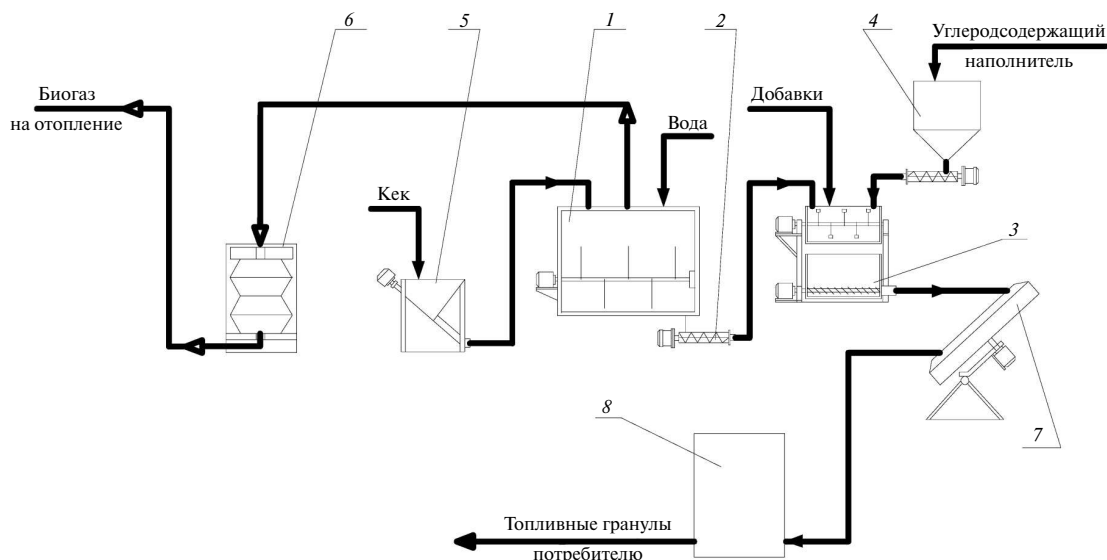


Рис. 4. Принципиальная технологическая схема опытной установки переработки техногенных угольных образований с получением топливных гранул: 1 — метантенк; 2 — винтовой (героторный) насос; 3 — смеситель; 4 — бункер-дозатор угольного шлама; 5 — винтовой (героторный) насос с бункером; 6 — газгольдер; 7 — гранулятор; 8 — промышленный сушильный шкаф

нометрами. Метантенки снаружи утеплены изолирующим материалом. Биогаз, образующийся в процессе сбраживания, поступает в газгольдер 6, где накапливается и затем используется на технологические нужды.

Перед использованием биогаз подвергается очистке от кислых газов с использованием аммиачной воды, в которой углекислый газ, сероводород связываются аммиаком, при этом образуются аммонийные соли, применяемые в различных отраслях промышленности. После очистки биогаз, содержащий преимущественно метан (до 98–99 %), предлагается использовать в качестве газообразного энергоносителя.

По окончании периода переработки оставшаяся в аппарате сброженная масса насосом 2 перекачивают в емкость для приготовления формовочной смеси, которую подают в гранулятор 7. После формования полученные топливные гранулы поступают в сушильный аппарат. Высушенные гранулы направляют на упаковку и далее потребителю.

В результате проведенных исследований разработана технологическая схема процесса получения топливных гранул на основе углеродсодержащих отходов угольных предприятий

(угольная и коксовая пыль/мелочь, отсевы, шламы и т. п.) и биологических очистных сооружений (избыточный активный ил).

Получение связующего вещества, обеззараживание ила и формование топливных гранул не потребует значительных капиталовложений, и его можно реализовать на территории действующих предприятий. Необходимая для этого площадь составляет около 150 м², включая подсобные помещения.

Следовательно, осуществление переработки обезвоженного избыточного активного ила по предлагаемой технологии будет способствовать ресурсо- и энергосбережению.

Ресурсосбережение заключается в использовании биогаза и получаемых топливных гранул как альтернативы традиционным природным энергоносителям — углю, природному газу и т. п. Перспективно использование топливных гранул в качестве твердого топлива взамен каменного угля в котельных установках и для нужд населения [9].

Энергосбережение при реализации предлагаемых решений заключается в значительном сокращении потребления энергоносителей со стороны, что возможно благодаря использованию собственного получаемого газообразного и твердого топлива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ушаков А.Г.** Получение твердого топлива из отходов. Проблемы и способы реализации // *Альтернативная энергетика и экология*. 2011. №7. С. 106–114.
2. **Монгайт Л.И., Гаврилов М.И., Шерстнев В.П.** Тепловая обработка осадков сточных вод. М.: Стройиздат, 1981. 92 с.
3. **Туровский И.С.** Обработка осадков сточных вод. М.: Стройиздат, 1975.
4. **Брюханова Е.С., Ушаков А.Г.** Получение твердого топлива из отходов // *Материалы XIII Международной научно-практической конференции «Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири — СИБРЕСУРС 2010»*. Т. 1. 2010. С. 126–128.
5. **Ушаков А.Г.** Влияние опудривающих добавок на получение и свойства топливных гранул состава угольный шлам-органическое связующее // *Материалы XI Всероссийской научно-практической конференции студентов и аспирантов «Химия и химическая технология в XXI веке»*. Томск. 2010. Т. 2. С. 207–209.
6. **Ушаков А.Г.** Утилизация обезвоженного избыточного активного ила с получением топливных гранул // *Вест. Кузбасс. гос. технич. ун-та*. 2010. № 5. С. 110–112.
7. **Ушаков А.Г.** Разработка безопасной технологии переработки техногенных угольных образований: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Ушаков Андрей Геннадьевич. Кемерово, 2012. 20 с.
8. **Ушаков А.Г., Брюханова Е.С.** Золотой мусор или функциональные угольные отходы // *Сибирский уголь*. 2011. № 5–6. С. 22–23.
9. **Брюханова Е.С., Ушаков А.Г., Ушаков Г.В., Елистратов А.В.** Выбор установки для переработки отходов сельского хозяйства применительно к условиям Кемеровской области // *Вестник КузГТУ*. 2009. № 4. С. 66–69.

REFERENCES

1. **Ushakov A.G.** Polucheniye tverdogo topliva iz otkhodov. Problemy i sposoby realizatsii. *Alternativnaya energetika i ekologiya*. 2011. №7. S. 106–114. (rus.)
2. **Mongayt L.I., Gavrilov M.I., Sherstnev V.P.** Teplovaya obrabotka osadkov stochnykh vod. M.: Stroyizdat, 1981. 92 s. (rus.)
3. **Turovskiy I.S.** Obrabotka osadkov stochnykh vod. M.: Stroyizdat, 1975. (rus.)
4. **Bryukhanova Ye.S., Ushakov A.G.** Polucheniye tverdogo topliva iz otkhodov. *Materialy XIII Mezhduнародной nauchno-prakticheskoy konferentsii "Prirodnyye i intellektualnyye resursy Sibiri "SIBRESURS 2010"*. T. 1. 2010. S. 126–128. (rus.)
5. **Ushakov A.G.** Vliyaniye opudrivayushchikh dobavok na polucheniye i svoystva toplivnykh granul sostava ugolnyy shlam-organicheskoye svyazushcheye. *Materialy XI Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii studentov i aspirantov «Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya v XXI veke»*. Tomsk. 2010. T. 2. S. 207–209. (rus.)
6. **Ushakov A.G.** Utilizatsiya obezvozhennogo izbytochnogo aktivnogo ila s polucheniym toplivnykh granul. *Vest. Kuzbass. gos. tekhnich. un-ta*. 2010. № 5. S. 110–112. (rus.)
7. **Ushakov, A.G.** Razrabotka bezopasnoy tekhnologii pererabotki tekhnogennykh ugolnykh obrazovaniy: avtoref. dis. kand. tekhn. nauk: 05.26.03 / Ushakov Andrey Genadyevich. Kemerovo, 2012. 20 s. (rus.)
8. **Ushakov, A.G., Bryukhanova, Ye.S.** Zolotoy musor ili funktsionalnyye ugolnyye otkhody. *Sibirskiy ugol*. 2011. № 5–6. S. 22–23. (rus.)
9. **Bryukhanova Ye.S., Ushakov, A.G., Ushakov G.V., Ielistratov, A.V.** Vybor ustanovki dlya pererabotki otkhodov selskogo khozyaystva primenitelno k usloviyam Kemerovskoy oblasti. *Vestnik KuzGTU*. 2009. № 4. S. 66–69. (rus.)

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

УШАКОВ Андрей Геннадьевич — кандидат технических наук доцент Кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28. E-mail: elliat@mail.ru

УШАКОВА Елена Сергеевна — кандидат технических наук старший преподаватель Кузбасского государственного технического университета. 650026, Россия, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28. E-mail: brels@list.ru

УШАКОВ Геннадий Викторович — кандидат технических наук доцент кузбасского государственного технического университета имени Т.Ф. Горбачева. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28. E-mail: ekosys@hotmail.ru

AUTHORS

USHAKOV Andrei G. — T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. 28, Vesennaya St., Kemerovo, Russia, 650000. E-mail: elliat@mail.ru

USHAKOVA Elena S. — T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. 28, Vesennaya st., Kemerovo, 650026, Russia. E-mail: brels@list.ru

USHAKOV Gennadii V. — T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University. 28, Vesennaya St., Kemerovo, Russia, 650000. E-mail: ekosys@hotmail.ru