

УДК 66.099.2

**В. П. Ринкевич**

## **АНАЛИЗ СПОСОБОВ ПОЛУЧЕНИЯ И РЕЦЕПТУР ГРАНУЛИРОВАННЫХ КОМПОЗИТОВ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТОРФА**

Рассматриваются основные направления использования и существующие способы получения гранулированных торфяных композитов. Описаны основные рецептуры гранулированных композитов на основе торфа и технологии их получения. Выделены перспективные направления производства гранулированных торфяных композитов

### ***Введение***

Среди полезных ископаемых, требующих комплексного подхода к освоению, торф занимает особое место по сложности состава и наличию большого количества химических веществ, представляющих интерес для многих отраслей народного хозяйства. Торф и продукты его переработки находят широкое применение в сельском хозяйстве, энергетике, химической технологии, медицине, охране окружающей среды. В последние годы значительно возрос интерес к торфу не только как к топливу, к сырью для производства органических удобрений, но и как к материалу для получения белковых и кормовых добавок, гранулированных удобрений, активных углей и сорбентов различного назначения, медицинских препаратов, разнообразных материалов для сельского хозяйства, бытовой химии, химической технологии.

Торф представляет собой рыхлую бесформенную неоднородную массу, чаще всего добытую при помощи фрезерного оборудования либо экскавацией. В качестве одного из путей частичного решения проблемы неоднородного состава предлагается повысить технологичность торфа путём гранулирования.

Гранулирование проводят с целью улучшения качества как промежуточных, так и готовых продуктов. Показатели качества зависят от специфики продукта и его назначения. В общем случае гранулирование позволяет существенно уменьшить склонность продукта к слеживанию,

а следовательно, упростить хранение, транспортирование и дозирование; повысить сыпучесть при одновременном удержании пылимости и тем самым улучшить условия труда в сферах производства, обращения и использования. Наряду с этим гранулирование открывает возможность гомогенизировать смесь в отношении физико-химических свойств; увеличить поверхность теплообмена; регулировать структуру гранул и связанные с ней свойства. Все это способствует интенсификации процессов, в которых используются гранулированные продукты, повышению производительности труда и культуры производства.

Представляют научный и практический интерес анализ и выбор наиболее прогрессивных способов и составов рецептур для получения гранулированных композиционных материалов на основе торфа самого различного применения.

Упомянутый анализ необходим для выработки практических рекомендаций разработчикам оборудования для гранулирования.

### ***Основные направления использования гранулированных композитов.***

#### ***Способы и оборудования для их получения***

Гранулирование торфа – процесс сближения торфомассы под действием внешних сил с целью повышения плотности и возникновения между частицами торфа связей, обеспечивающих проч-

ность полученных гранул.

Гранулы весьма перспективны для применения в качестве бытового топлива, так как их устойчивые размеры позволяют автоматизировать подачу и стабилизировать процесс сжигания, а это повышает эффективность отопительных устройств и приводит к экономии топлива. Принимая во внимание низкую пылеватость, гранулированный торф может также применяться как топливо для мини-энергетических установок при обогреве небольших помещений. Гранулы оптимальны при дальнейшей переработке торфа также и для медицинских целей.

Основные направления использования гранулированной торфяной продукции:

- топливно-энергетическое (коммунально-бытовое топливо, сырье для дальнейшего брикетирования, сырье для газификации);
- природоохранное (производство сорбентов, активных углей и фильтров);
- сельскохозяйственное (удобрения, субстраты, белковые и кормовые добавки, поглотители отходов животноводства, материал для хранения овощей и фруктов, искусственный грунт в странах с повышенной ветровой эрозией почвы);
- строительное (пустотелые заполнители для легких бетонов, производство теплоизолирующих строительных материалов);
- прочие (медицинские препараты, бытовая химия).

Существует несколько методов получения гранулированного торфа, которые можно объединить в пять групп [1].

К *первой группе* относится метод измельчения из кускового торфа. Эта группа наиболее многоступенчата, а полученные гранулы имеют очень разнообразные размеры и значительное количество мелочи.

Ко *второй группе* гранулирования торфа относятся методы прессования, в которых гранулирование осуществляется при помощи двух стальных валков, вра-

щающихся в противоположном направлении и имеющих на своей поверхности ячейки впадин [2].

Основные характеристики указанного способа гранулирования:

- плотность гранул – 800–1200 кг/м<sup>3</sup>;
- прочность гранул на сжатие  $\sigma = 21 \dots 27$  МПа;
- энергоёмкость гранулирования  $A = 7 \dots 12$  Вт·ч/кг.

Недостатки этого способа гранулирования:

- при вращении валков пресс способен пропустить вместе с торфом встречающиеся в нём примеси волокон растительности и стружки пня;
- склонный к прилипанию сформованный торф или разрывается вращением валков, или целостность его нарушается съёмниками.

К *третьей группе* относится метод окатывания в барабанных и тарельчатых грануляторах.

Барабанный гранулятор представляет собой вращающуюся на роликовых опорных станциях цилиндрическую обечайку, в которую постоянно подается гранулируемый материал, который под действием силы тяжести и центробежных сил окатывается в гранулы. Для предотвращения осевого сдвига гранулятора предусмотрены упорные ролики. Для уменьшения налипания влажного материала внутреннюю стенку барабана футеруют резиной.

Для грануляторов этого типа характерны следующие преимущества: простота конструкции и эксплуатации, большая единичная мощность. К недостаткам следует отнести: неравномерный гранулометрический состав продукта на выходе из гранулятора, обусловленный неравномерностью увлажнения гранулируемой шихты; необходимость периодической чистки налипшего материала на стенки гранулятора и узла выгрузки.

Кроме того, грануляция в барабанном грануляторе – недостаточно совер-

шенный технологический процесс. Динамика процесса резко меняется при изменении влажности материала, процесс визуально не контролируется, трудно поддается регулировке. Повышение степени заполнения барабана влечёт за собой уменьшение линейной скорости гранул, снижение уплотняющих усилий и ухудшение работы гранулятора.

При гранулировании в тарельчатом грануляторе материал непрерывно подаётся на поверхность вращающегося диска. В процессе окатывания частицы торфа по мере их укрупнения движутся в тарели по сужающимся к борту виткам спирали и одновременно удаляются от днища тарели. Такой характер движения определяется совокупным влиянием центробежных сил, прижимающих частицы к борту тарели, массы частиц, сил реакции борта и трения. Достигнув критического размера (массы), окатыши торфа пересыпаются через борт.

Отличительной особенностью данного вида гранулирования являются сравнительно низкие энергоёмкость и металлоёмкость, а также возможность получения округлых (близких к правильной форме) частиц материала практически одного размера. Торф в виде шарообразных гранул имеет насыпную массу в 1,5–1,75 раза выше, чем фрезерный, и обладает хорошей сыпучестью и низкой пылеватостью. Водопоглощаемость сухих гранул в 2,2 раза ниже, чем фрезерного торфа одинаковой влажности.

В [3] представлены результаты экспериментов по получению гранулированного торфа на тарельчатом грануляторе. Были получены сферические гранулы размером 3–10 мм и насыпной плотностью 300–350 кг/м<sup>3</sup>.

К *четвертой группе* относится метод экструзии в шнековом грануляторе с выдавливанием гранул через мундштук или фильерную плиту. Навивка может быть как одно-, так и многозаходной, шнек может быть постоянного или уменьшающегося сечения.

При продвижении вдоль шнека торф сжимается, пластифицируется и приобретает высокую однородность и плотность. Сжатая масса выдавливается через мундштук или фильерную плиту. Несмотря на положительные качества, шнековые грануляторы редко используются (одной из причин является большая энергоёмкость процесса).

К *пятой группе* гранулирования торфа относится метод экструзии торфа на матричных грануляторах.

Матричные грануляторы представляют собой прессующие вальцы и матрицы с прессовальными каналами. Известно большое разнообразие конструкций матричных грануляторов как по геометрии рабочих органов, так и по их положению в пространстве. Степень перфорации матрицы достигает 50 %. Матричные грануляторы отличаются хорошей производительностью и относительно малой металлоёмкостью.

Грануляторы этого способа гранулирования подразделяются на грануляторы с кольцевой и плоской матрицами.

Гранулятор с плоской матрицей состоит из вращающейся плоской матрицы и двух, трёх или четырёх прессующих роликов, укрепленных на валу. Вращающаяся плоская матрица смонтирована на приводной втулке, которая на подшипниках установлена на неподвижном валу. Грануляторы этого типа могут иметь неподвижную матрицу и два, три или четыре вращающихся ролика. Плоские матрицы для многих материалов могут быть двустороннего использования, а при их восстановлении – многократного использования.

В связи с широким применением грануляторов с кольцевой матрицей в сельском хозяйстве разработано достаточно много методик определения различных параметров гранулирования, необходимой мощности и энергоёмкости гранулирования. Однако применение грануляторов такого типа для торфа и торфосмесей изучено слабо и необходи-

мы дальнейшие исследования.

В [4] представлены результаты гранулирования торфа в грануляторе с плоской матрицей. Энергоемкость гранулирования составила от 18,1 до 20,6 кВт·ч/т в зависимости от диаметра получаемых гранул. Прочность гранул  $\sigma = 1,76...3,31$  МПа.

**Рецептуры гранулированных композитов на основе торфа и характеристики процессов их получения**

Большой практический интерес представляет гранулирование не самого торфа, а торфосмесей, в зависимости от

назначения гранул, имеющих разный состав.

**Топливо-энергетическое направление.** Варианты торфосмесей для топливо-энергетических целей представлены в табл. 1.

Рассмотрим подробнее некоторые из представленных в таблице вариантов создания гранул на основе торфа.

При смешении и гранулировании торфа с каменным углем или антрацитом средняя влажность полученной смеси составляет около 50 % (используется торф влажностью около 70 %, уголь – около 25–30 %).

Табл. 1. Состав и рецептуры смесей гранул топливо-энергетического направления

Состав	Рецептура	Тип гранулятора	Преимущество
Торф + уголь	Торф (30–50 %), уголь (50–70 %) [5]	Тарельчатый	Увеличение теплоты сгорания, решение проблемы утилизации угольной пыли или отходов кокса
Торф + коксовая мелочь	Торф (40–50 %), мелочь (50–60 %) [6]	Тарельчатый	
Торф + бурый уголь	Торф (50 %), уголь (50 %) [5]	Тарельчатый	
Торф + органические жидкости (отработанные масла, мазут)	Определяется экспериментально в зависимости от свойств исходных материалов	Тарельчатый	Увеличение теплоты сгорания, увеличение влагостойкости, возможность сжигания жидких топлив в котлах для твердого топлива
Торф + лигнин	Торф (50 %), лигнин (50 %)	Тарельчатый, шнековый, матричный	Утилизация отходов гидролизных заводов
Торф + опилки (остатки лесозаготовки)	Торф (70 %), опилки (30 %)	Шнековый, матричный	Утилизация отходов лесозаготовительных и сельскохозяйственных предприятий
Торф + пожнивные остатки (солома)	Торф (75 %), солома (25 %)	Шнековый, матричный	
Торф + льнокостра	Торф (60 %), льнокостра (40 %)	Шнековый, матричный	

В процессе гранулирования в грануляторе возможно еще уменьшение влажности на 2–3 %. После гранулирования гранулы высушивают до влажности 10–15 %. Полученные гранулы имеют теплоту сгорания 9,5–12 МДж/кг. Преимуществом данных гранул является невысокое содержание серы (0,36–0,62 %) по сравнению с

каменным углем (1–3 %) [5].

Гранулирование смесей на основе торфа и древесных отходов (опилок, щепы, коры) позволяет получить гранулы с теплотой сгорания около 13 МДж/кг и содержанием серы 0,5 %, что делает их перспективными для коммунально-бытового использования по месту производ-

ства. Такие гранулы могут быть конкурентоспособны на рынках стран Европейского Союза (ЕС), в которых постоянно растет спрос на топливные гранулы (ежегодно на 30 %). Также перспективным можно рассматривать рынок топливных гранул Российской Федерации, который в последнее время активно развивается.

Учитывая наличие в странах ЕС стандартов на топливные гранулы, необходим подбор такого состава, который обеспечит соответствие получаемых гранул требованиям по плотности, зольности, теплоте сгорания, содержанию вредных веществ.

В состав топливных гранул на основе торфа в небольшом количестве могут добавляться целлюлоза, крахмал, смолы, поливиниловые вещества [7].

Общие преимущества торфяных топливных гранул:

- использование гранул позволяет автоматизировать подачу топлива в котлы и топки, загрузку и выгрузку при транспортировке гранул потребителю (автоматизировать подачу гранул можно с помощью пневмотранспортера);
- гранулы обладают большим насыпным весом, что делает их транспортировку более выгодной, чем транспортировку фрезерного торфа;

- теплотворная способность их составляет 4,3–4,5 кВт/кг, что в 1,5 раза больше, чем у древесины и сравнима с углем;

- горение гранул в топке котла происходит более эффективно – количество остатков (зола) не превышает 0,5–1 % от общего объема используемых гранул;

- при сжигании гранулы не оказывают негативного воздействия на окружающую среду;

- гранулы не содержат скрытых пор, склонных к самовоспламенению при повышении температуры.

**Сельскохозяйственное использование.** Для нужд сельского хозяйства весьма интересным является производство гранулированных удобрений на основе торфа в смеси с другими органическими или минеральными удобрениями и микродобавками. Варианты составов смесей таких удобрений представлены в табл. 2.

Торфоминеральные удобрения разных составов имеют различные агрохимические показатели, влагостойкость и скорость вымывания питательных элементов.

Табл. 2. Состав и рецептуры смесей гранул сельскохозяйственного направления

Состав	Рецептура	Тип гранулятора
Торф + удобрения	Торф (70 %), удобрения NPK (30 %), соотношения NPK 1:0,8:1,2 [8]	Шнековый
	Торф (30 %), удобрения NPK (70 %), соотношения NPK 1:1:1; 1:1:1,2 [8]	Шнековый
	Торф (70–55 %), удобрения NPK (30–45 %), соотношения NPK 1:1:1,5 [9]	Тарельчатый
	Торф (33–67 %), суперфосфат (67–33 %) [10]	Барабанный
Торф + удобрения + цеолит	Торф (60 %), цеолит (14 %), NPK (26 %), соотношение 1:1:1,5 [9]	Тарельчатый
	Торф (60 %), цеолит (14 %), NPK (26 %), соотношение 1:1:1,5 [9]	Тарельчатый
Торф + лигнин	Торф (66–75 %), лигнин (25–37 %) (при соотношении торфа и лигнина 50 : 50 увеличение урожайности сельскохозяйственных культур не обнаружено)	Тарельчатый

Также производились эксперименты по определению скорости изнашивания рабочих поверхностей гранулятора. Замечено, что при увеличении количественного состава минеральных компонентов в смеси скорость изнашивания увеличивается в связи с тем, что минеральные компоненты находятся, главным образом, в нерастворимом состоянии [8].

Интересен способ получения гранулированного субстрата на основе торфа: торф смешивается с удобрением и стабилизатором роста, полученная смесь гранулируется в грануляторе матричного типа, гранула высушивается, в ней выдавливается глухое отверстие, в которое помещается семя растения. Отверстие закрывается [11].

**Адсорбционные материалы.** При использовании гранулированного торфа в качестве адсорбционного материала возможна добавка в смесь глинистых материалов (каолиновой глины) в соотношении: торф – 50–60 %, каолиновая глина – 40–50 %. Такие добавки несколько повышают сорбционные свойства гранул на основе торфа средней степени разложения. Применение глинистых добавок при формировании композиционной смеси позволяет снижать ее начальную влажность до 60–65 %, что приводит к уменьшению энергозатрат при сушке [12].

Возможно создание адсорбирующего материала на основе смеси торфа и древесных опилок, в котором доля торфа составляет от 33 до 90 %, доля опилок (тополиных или кедровых) – 10–76 %. Гранулирование производится на тарельчатом грануляторе [13].

**Использование в строительстве.** В качестве еще одного направления использования торфоминеральных композиций необходимо рассмотреть создание заполнителя для легких бетонов.

Технология получения такого заполнителя реализуется при выполнении следующих операций [3]. Из влажного торфа

на тарельчатом грануляторе формируются шарообразные гранулы размером 10–15 мм (при желании размер можно изменять в большую или меньшую сторону). На торфяные гранулы наносится тонкий слой (1,5–2 мм) глинистого материала. Затем композиционные гранулы сушатся и подвергаются высокотемпературной обработке – обжигу. При обжиге торфяное ядро выгорает, а глинистая оболочка спекается. В результате получают пустотелые гранулы, внутри которых находится воздух.

У такого способа получения заполнителя для легких бетонов есть масса преимуществ: во-первых, низкие требования к исходному органическому и минеральному сырью (возможно производство качественной продукции при использовании практически любого торфа и глинистого материала); во-вторых, бетон, изготовленный из такого заполнителя, отличается низкой плотностью (800–850 кг/м<sup>3</sup>) и соответственно малой теплопроводностью.

### **Выводы**

Многообразие способов и рецептур гранулирования торфа позволяют выбрать рациональный способ гранулирования и состав смеси в каждом конкретном случае и провести предварительные исследования на стадии разработки технического задания на проектирование гранулирующего оборудования. В настоящее время в качестве самых перспективных направлений использования гранул можно рассматривать топливно-энергетическое и сельскохозяйственное. В ближайшей перспективе стоимость энергии, произведенной из биотоплива, будет меньше произведенной на газе, не говоря уже о других видах топлива, а системы сжигания гранул легко устанавливаются на типовые котлы взамен горелок для жидкого (газообразного) топлива с сохране-

нием высокого уровня автоматизации.

В качестве дополнительных преимуществ создания топливных торфяных гранул можно выделить:

- многолетние традиции и навыки производства энергии на базе торфа;
- наличие природных торфяных ресурсов и других биотоплив;
- развитая торфоперерабатывающая промышленность, что способствует стабильному снабжению топливом;
- незанятая рабочая сила в сельской местности;
- увеличивающийся спрос на биотопливо, как топливо, дружелюбное к окружающей среде;
- продолжительный рост цен на жидкие и газообразные топлива.

Однако современное состояние теоретических и экспериментальных исследований процессов гранулирования композиционных составов на основе торфа, уровень математического описания рассмотренных процессов в отдельных случаях не позволяют с системных позиций проводить режимную и параметрическую оптимизацию разрабатываемых грануляторов.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ринкевич, В. П.** Анализ конструкций грануляторов / В. П. Ринкевич // Вклад вузовской науки в развитие приоритетных направлений производственно-хозяйственной деятельности, разработку экономичных и экологически чистых технологий и прогрессивных методов обучения : материалы междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 80-летию БГПА : в 10 ч. – Минск : БГПА, 2000. – Ч. 4. – С. 92.
2. **Чистый, И. Н.** Производство гранулированного торфа / И. Н. Чистый. – Минск : Наука и техника, 1980. – 144 с.
3. **Гамаюнов, С. Н.** Перспективные направления использования продукции на основе гранулированного торфа / С. Н. Гамаюнов, О. С. Мисников, О. В. Пухова // Горный журнал. – 1999. – № 10. – С. 41–44.
4. **Полянков, В. Т.** Разработка способа

получения гранулированных удобрений на основе торфяной сушенки : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Минск, 1987. – 20 с.

5. Fuel pellets: United States Patent № 4395265 // United States Patent and Trademark Office [Electronic resource]. – 1976–2007. – Mode of access : [http : // patft.uspto.gov / netacgi / nph](http://patft.uspto.gov/netacgi/nph).

6. Влияние крупности частиц каменного угля на плотность и прочность торфоугольных брикетов / Ю.В. Гусакова [и др.] ; под ред. Б. А. Богатова // Состояние и пути развития техники, технологий и подготовки инженеров горной промышленности Республики Беларусь : сб. науч. тр. – Минск, 2006. – С. 45–48.

7. Method of granulating peat using gentle extrusion conditions and viscosified water: United States Patent № 6287496 // United States Patent and Trademark Office [Electronic resource]. – 1976–2007. – Mode of access : [http : // patft.uspto.gov / netacgi / nph](http://patft.uspto.gov/netacgi/nph).

8. **Вирясов, Г. П.** Исследование адгезионных сил прилипания торфоминеральных смесей к материалам в процессе гранулирования / Г. П. Вирясов, В. А. Ковалевский // Машины и технология торфяного производства : Респ. межведомств. сб. – Минск, 1984. – Вып. 13. – С. 16–19.

9. **Алексеева, Т. П.** Комплексные органоминеральные удобрения пролонгированного действия на основе торфа / Т. П. Алексеева, В. Д. Перфильева, Г. Г. Криницын // Химия растительного сырья. – 1999. – № 4. – С. 53–59.

10. **Куликовский, А. А.** Исследование процесса получения гранулированных торфоминеральных удобрений : автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Минск, 1954. – 16 с.

11. Pellet of plant seed, method for producing the pellet and method for raising plant using the pellet : publication № KR20040037379, A 01 C1 / 06 // European Patent Office [Electronic resource]. – 2001–2007. – Mode of access : [http : // v3.espacenet.com / textdoc](http://v3.espacenet.com/textdoc).

12. **Мисников, О. С.** Физико-химические основы создания и применения торфоминеральных композиций / О. С. Мисников // Инженерные и технологические исследования для устойчивого развития : междунар. Интернет-форум [Электрон. ресурс]. – 2005–2006. – Режим доступа : [http : // www.msuie.ru / unesco.forum / doklad.php](http://www.msuie.ru/unesco.forum/doklad.php).

13. Absorbent material with wood and peat : United States Patent № 5271355 // United States Patent and Trademark Office [Electronic resource]. – 1976–2007. – Mode of access : [http : // patft.uspto.gov / netacgi / nph](http://patft.uspto.gov/netacgi/nph).

Белорусский национальный технический университет  
Материал поступил 09.06.2007

**V. P. Rinkevich**

**Analysis of reception ways of granulated  
composites of different purpose on base of peat**

Belarusian National Technical University

The main trends of the use and existing ways of reception of granulated peat composites have been considered in the article. The main composites of granulated peat material and technologies of their reception have been described. Perspective directions of granulated peat composites production have been given.