

УДК 553.97:622.331

О. С. МИСНИКОВ, А. Е. ТИМОФЕЕВ (Тверской государственный технический университет)

О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ



О. С. МИСНИКОВ,
доцент, д-р техн. наук



А. Е. ТИМОФЕЕВ,
ассистент

В связи с ростом цен на мировом рынке на традиционное энергетическое сырье в последнее время обращают внимание на необходимость более широкого использования в энергетике местных видов сырья, к числу которых относятся торф, горючие сланцы, различные виды биомассы. На территории разрабатываемых и пригодных к промышленному освоению торфяных месторождений [1] кроме торфа имеются значительные запасы биомассы. Однако применяемые в России технологии добычи и переработки торфа обеспечивают не более 65–70 % извлечения его из недр. При этом зачастую потери торфяного сырья вызваны не столько условиями залегания торфа, сколько отсутствием технологий переработки его забалансовых запасов. Практически не используют другие органические и минеральные ресурсы торфяных болот — сапропели различной степе-

ни минерализации, глины и глинистые мергели, которые подстилают залежи торфа или примыкают к ним. В природной части залежи оставляют и слой торфа, чтобы не допустить несоответствия товарного торфа требованиям современных стандартов по его зольности.

По данным геологической разведки, в Тверской области имеется около 15 месторождений с выявленными запасами сапропелей и органоминеральных отложений (ОМО), находящихся под слоем торфяной залежи (табл. 1). Как видно из данных таблицы, потери ресурсов торфяных месторождений составляют от 18 до 52 % за счет забалансовых запасов торфяного сырья, древесных остатков и недобываемых ОМО. Примерно такая же ситуация наблюдается на других месторождениях торфа в Центральной России. В настоящее время в этом экономическом районе запасы сапропелей, находящихся под торфяными залежами, составляют около 14 млн т, а ОМО — примерно 15,5 млн т.

Кроме того, при добыче торфа извлекают значительное количество древесных остатков, которые хранят в специальных штабелях на полевых складах. Система утилизации древесных остатков практически отсутствует. В лучшем случае древесные отходы фракционируют, распиливают и сжигают на предприятиях коммунально-бытового сектора, но в целом объемы их потребления существенно ниже объемов извлечения из залежи.

Большое количество сухих древесных остатков на поверхности полей добычи является дополнительным фактором пожароопасности на торфяном месторождении и прилегающих к нему территориях. Основным горючим материалом является добытый торф. Потенциальная опасность торфа как горючего материала зависит от его влажности и возрастает по мере снижения содержания влаги. Практически во всех странах с высоко-

Таблица 1. Запасы торфяных и органоминеральных ресурсов некоторых месторождений Тверской области

Месторождения	Запасы органического сырья и ОМО, тыс. т				Потери ресурсов, %
	Балансовые (торф)	Забалансовые (торф)	Сапропель (С) или ОМО	Древесные остатки	
Высокое (Вышневолоцкий р-н)	2666	29	661	130	30,7
Малое Вишенье (Торжокский р-н)	352	–	356	18,5	52
Кольпинское (Старицкий р-н)	844	–	120	63,4	17,9
Мох Чистяк (Нелидовский р-н)	714	79	–	124,2	22,2
Выдринское (Бельский р-н)	843	15	126	226,9	30,4
Лосьминское (Бельский р-н)	1742	12	512 С; 219 ОМО	157	34

© Мисников О. С., Тимофеев А. Е., 2008

развитой торфяной отраслью основным способом добычи сырья является получение фрезерного торфа с последующей его полевой сушкой и уборкой в крупные складочные единицы — штабели. Одним из главных недостатков фрезерного торфа является его способность к самовозгоранию при хранении, которое сопровождается минерализацией органического вещества торфа [2]. Потери органического вещества при самовозгорании торфа составляют от 1–2 % до 5–10 % в месяц (в зависимости от температуры). После окончания этого процесса и снижения температуры торф можно вывозить потребителю, однако ценность сырья при использовании его в качестве энергетического топлива или для традиционной химической переработки заметно снижается.

Таким образом, одной из главных и требующих скорейшего решения проблем торфяной отрасли является разработка комплексных экологически сбалансированных технологий добычи и переработки всех органических и органоминеральных ресурсов, находящихся на территории торфяных месторождений. Наиболее перспективным направлением использования кондиционного торфа, сапропелей различной степени минерализации, глинистого сырья, а также промышленных отходов добычи является их переработка с применением предварительного формования как в «чистом» виде, так и в виде двух- и многокомпонентных органоминеральных композиций (рис. 1).

Из известных видов формования предпочтение отдают окатыванию или экструзии предварительно увлажненных композиций с последующей сушкой до равновесного влагосодержания. При сушке формованных высокодисперсных материалов протекают процессы структурообразования, приводящие к увеличению прочности системы. В органоминеральных материалах огромное влияние будут оказывать вид и концентрация

органической или минеральной составляющей. Более того, в естественных условиях чрезвычайно редко встречаются дисперсные системы, состоящие только из органических или только из минеральных компонентов. В основном приходится иметь дело с их смесями (композициями). Даже такой биоресурс, как торф, традиционно относимый к органическим материалам, в ряде случаев представляет собой органоминеральную композицию. Более сложные структурообразовательные процессы происходят при сушке сапропелей, так как диапазон изменения их зольности А гораздо шире: от 0 (теоретически) до 85–90 %. В общем, процессы нарушения агрегативной устойчивости дисперсных систем приводят к их разделению на макрофазы или к развитию в объеме системы пространственной сетки, т. е. к переходу свобододисперсной системы в связнодисперсную, в которой силы сцепления в контактах между частицами достаточно велики и могут противостоять тепловому движению и внешним силовым воздействиям. Полученные формованные материалы (рис. 2) могут быть использованы в энергетике, сельском хозяйстве, охране окружающей среды и в строительном производстве.

Для энергетического использования ресурсов торфяных месторождений предложено получать композиционное формованное твердое топливо и сырье для пиролиза (газификации). При рассмотрении процесса формирования окатышей из смесей учитывали, что рост частиц возможен только в том случае, если на поверхности присутствуют активные центры связующих, с которыми возможно взаимодействие частиц сыпучего материала. При получении торфосодержащих композиционных материалов, вследствие меньшей пластичности структуры, выведение связующего на поверхность возможно после большого числа соударений. Поэтому формирование окатыша будет происходить при минималь-

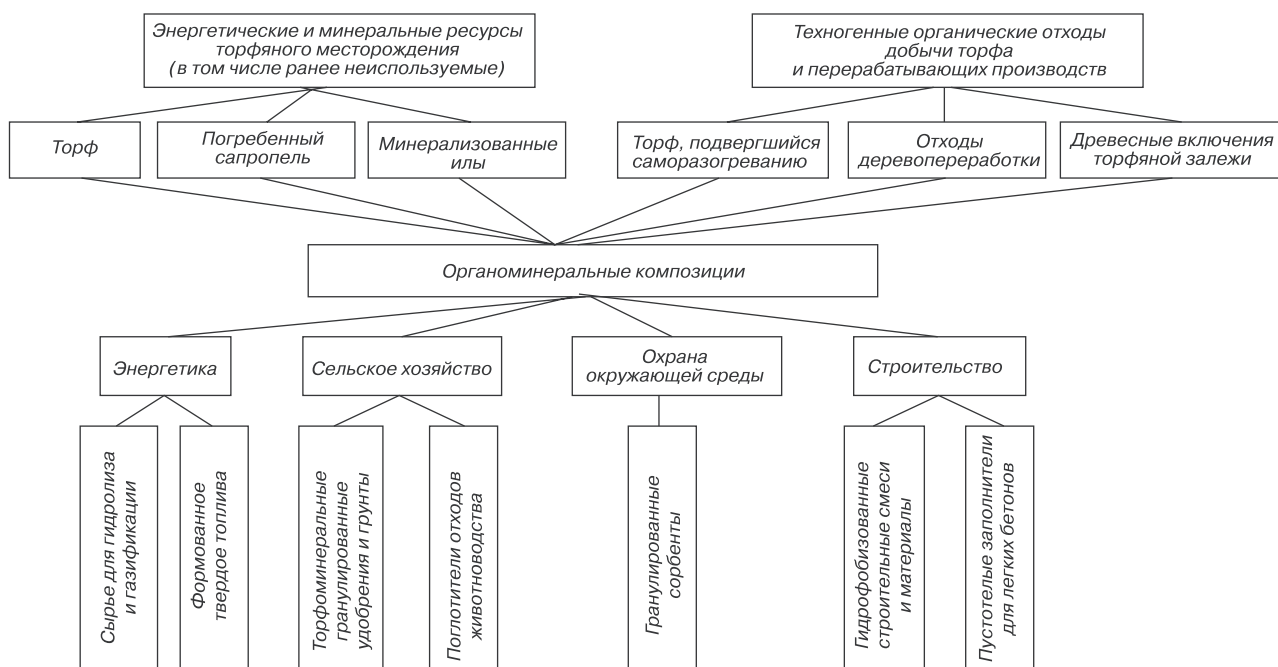


Рис. 1. Принципиальная схема использования ресурсов торфяных месторождений, отходов добычи и переработки

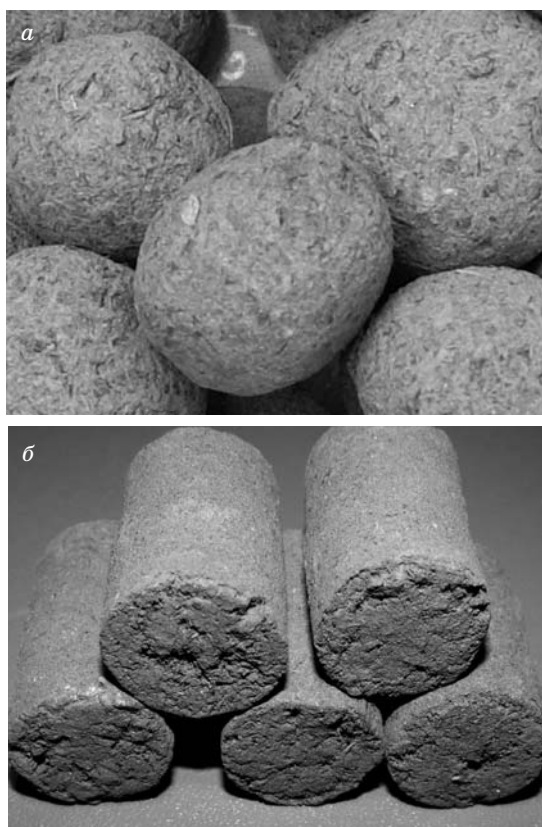


Рис. 2. Формованная продукция — сферические (а) и цилиндрические (б) гранулы торфа

ной для данного режима величине гидратных пленок. При получении композиций, в которых дополнительным связующим является глина (глинистый материал), наращивание поверхностных слоев будет возможно при меньшем количестве соударений о борт и соответственно при бóльшей величине жидкой фазы в поровом пространстве.

Подобные закономерности формования органоминеральных материалов наблюдаются и при использовании метода экструзии, т. е. здесь также возможно осуществление процесса при влагосодержании меньшем, чем в «чистых» торфяных системах, с одновременным улучшением их качества (отсутствие трещин на выходе из формующего устройства). Относительное снижение влагосодержания по сравнению с исходным торфом находится в диапазоне 0–37 % в зависимости от концентрации минерального компонента. При этом вид глинистого материала не влияет на этот процесс.

Следует отметить, что нарушение целостности при формовании торфяного куска (гранулы) всегда было достаточно серьезной проблемой для технологий торфяного производства. И в настоящее время эта проблема актуальна при применении фрезерно-формовочного способа получения кускового торфа в полевых условиях: при формовании торфа, имеющего пониженную влажность (последное или мелкощелевое фрезерование), куски будут иметь поперечные трещины или даже разрушаться при выходе из мундштуков. Причинами этого яв-

ляются нехватка воды для образования водных пленок, связывающих структуру торфа с помощью капиллярных сил, и высокое содержание газовой фазы, разъединяющей структурные образования. В результате такой торф, интенсивно деформируемый во время прохождения в канале формующего устройства, расширяется после выхода из него и образует поперечные трещины и кольцевое «ершение» (рис. 3).

Кроме структурообразующей функции многие виды глинистых добавок обладают каталитической активностью [3]. В их присутствии при низкотемпературном термохимическом разложении органического вещества торфа происходит увеличение объема получаемого горячего газа в 1,1–1,4 раза, в зависимости от вида минерального компонента. Хорошие результаты отмечены при использовании бентонитовой (Саригюхское месторождение, Армения) и кембрийской (Чекаловское месторождение, Ленинградская обл.) глин, а также глинистого мергеля (Терелесово-Грядское торфяное месторождение, Тверская обл.). В некоторых случаях для повышения эффективности действия природных глинистых материалов целесообразно увеличивать их концентрацию до 20 % и более (с использованием твердого остатка в качестве сорбционного материала), что позволяет достигнуть двукратного увеличения объема пиролизных газов. Глинистые минералы, вносимые в состав смеси, заметно увеличивают также количество выделяющихся углеводородов. Их значения более чем в 2 раза превысили величины, полученные при пиролизе образцов торфа, не содержащих природных катализаторов.

Для проведения мероприятий по охране окружающей среды предложены гранулированные (как правило, шарообразной формы) композиционные сорбенты (рис. 4). Из физико-химических моделей, отражающих процессы сорбции [4, 5], следует, что характеристики материалов могут изменяться при варьировании пористой структуры материала или физико-химических и химических свойств реагирующей поверхности (к последней группе можно отнести преобразование ионообменных свойств торфа). Требования к пористости сорбента могут быть учтены изначально при выборе природного сырья оптимальной структуры с учетом тех-

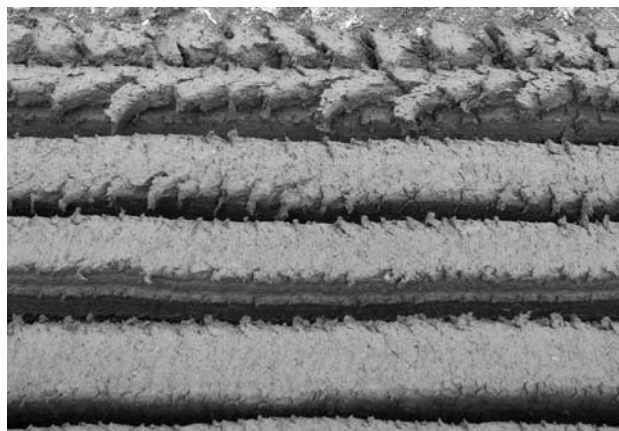


Рис. 3. Свежесформованная торфяная лента с признаками нарушения целостности куска (кольцевое «ершение»)

нологии его добычи или в процессе получения продукта на стадии формирования структуры, например путем регулирования степени переработки торфа или метода гранулирования, и ее модификаций (физико-химическое, термическое или химическое воздействие).

Анализ экспериментальных исследований поглотительной способности торфа позволил установить максимальное значение водопоглощения за 48 ч пребывания в водной среде для всех видов сорбируемых растворов. Наилучшие показатели водопоглощения имеют образцы с наименьшей степенью разложения, что обусловлено большим значением объема порового пространства. Это значит, что первичное регулирование сорбционных свойств торфяных и композиционных систем может быть реализовано путем выбора материала с наибольшим содержанием растительных остатков, в том числе отходов производства — включений пушицы, мхов и древесных остатков. При этом технология добычи и переработки должна оказывать минимальное разрушающее воздействие на структуру сырья.

Анализ информационных источников показывает, что характеристики торфяных сорбентов для сбора нефтепродуктов позволяют им успешно конкурировать с



Рис. 4. Сорбция разлива нефтепродуктов на поверхности водоема гранулированным композиционным сорбентом на основе торфа

прочими видами материалов, имея средние значения емкости поглощения и преимущества по экономическим и экологическим показателям. Кроме того, торфяная продукция отличается высокой степенью очистки, про-

Таблица 2. Основные направления переработки и использования промышленных отходов и органоминеральных ресурсов торфяных месторождений

Вид ресурсов (промышленных отходов)	Основная характеристика сырья	Направления использования
Забалансовые запасы торфа	Верховой, переходный, низинный типы; $R_T^* = 5-15\%$; $A = 15-40\%$	Формованные органоминеральные сорбционные материалы
	Верховой, переходный, низинный типы; $R_T > 15\%$; $A = 15-40\%$	Формованное органоминеральное топливо (полуфабрикат для термической переработки)
	Верховой, переходный, низинный типы; $R_T > 25\%$; $A = 15-40\%$	Сырье для получения гидрофобно-модифицирующих добавок в цемент
Торф, подвергшийся саморазогреванию	Верховой, переходный, низинный типы; $R_T > 10\%$; $A < 23\%$; повышенное содержание битумов и гуминовых веществ	Органическое связующее для композиционных материалов
	Верховой, переходный, низинный типы; $R_T > 25\%$; $A < 23\%$; повышенное содержание битумов и гуминовых веществ	Сырье для получения гидрофобно-модифицирующих добавок в цемент
Отходы торфяного производства и переработки древесины	Древесные остатки, извлекаемые из торфяной залежи; $A \leq 5\%$; содержание битумов до 20%	Сырье для получения гидрофобно-модифицирующих добавок в цемент
	Древесные опилки (отходы деревопереработки); $A \leq 0,5\%$; содержание экстрагируемых веществ $\leq 6\%$	Органический компонент в формованное твердое топливо (полуфабрикат для термической переработки)
Погребенные сапропели	Органический тип, $A < 30\%$	Сырье для низкотемпературной газификации. Органическое связующее для композиционных материалов
	Карбонатный, кремнеземистый, смешанный типы; $A \leq 85\%$; наличие каталитически активных элементов	Органоминеральное связующее для композиционных материалов. Каталитическая добавка для низкотемпературного пиролиза
Органоминеральные отложения и глинистые материалы	$A \leq 100\%$	Гидрофильные добавки в формованные органоминеральные сорбенты
	$A \leq 100\%$; наличие каталитически активных элементов	Каталитическая добавка для низкотемпературного пиролиза

* R_T — степень разложения торфа — процентное содержание в торфе разложившейся растительной массы и мельчайших, утративших клеточную структуру обрывков ее тканей.

стотой утилизации и возможностью производства селективных сорбентов, а также способностью длительно (более одного месяца) нахождения на поверхности воды. Более того, после селективной сорбции жидких углеводородов материал образует еще более устойчивый плавучий конгломерат, который можно легко удалить с поверхности и отправить на переработку, например методом низкотемпературного каталитического пиролиза (газификации).

В *строительном производстве* отходы добычи и переработки торфяных ресурсов предлагается использовать для получения гидрофобизирующих добавок [6] и пустотелых заполнителей для легких бетонов [7]. Результаты проведенных исследований показали, что для продления срока хранения цементосодержащих составов можно использовать специальные гидрофобизирующие добавки, извлекаемые из органического сырья, в том числе из торфа, подвергнувшегося процессу саморазогревания при хранении в штабелях, и отходов деревопереработки. Особо следует отметить увеличение выхода группы веществ, извлекаемых органическими растворителями при саморазогревании торфа. Они получили название пиробитумов (термобитумов) [2], что подчеркивает связь их появления с воздействием тепла. Таким образом, торф, подвергшийся процессу саморазогревания (промышленный отход), обладает лучшими характеристиками в качестве исходного сырья для получения гидрофобизирующих добавок по сравнению с кондигционными органическими материалами.


На основе анализа свойств растительной биомассы установлено, что многие виды древесины превосходят некоторые виды торфа по содержанию веществ, экстрагируемых органическими растворителями, что также предопределяет возможность их применения в производстве гидрофобно-модифицирующих добавок. Низкотемпературное термическое воздействие на древесину приводит к возгонке летучих смолистых соединений, которые используют для создания гидрофобной оболочки на минеральных зернах цемента. Особые свойства древесины пней, извлеченных из-под залежи торфа, позволяют применять ее в качестве сырья для гидрофобизирующих добавок. Анаэробному разложению этой древесины препятствовали кислая среда и антисептические свойства верховых торфяных месторождений, основными представителями древесной растительности которых являются хвойные породы деревьев. Эффективность разработанного метода гидрофобной модификации очень высока и по ряду характеристик превышает показатели, получаемые с использованием традиционных минеральных и органических модификаторов.

Пустотелый заполнитель, полученный из неиспользуемых ресурсов и отходов торфяного производства [7], полностью удовлетворяет основным требованиям,

предъявляемым к искусственным пористым заполнителям. Он обладает сравнительно низкой насыпной плотностью, правильной формой и достаточной прочностью для изготовления на его основе легких бетонов.

Обобщение результатов научных исследований позволило систематизировать основные направления переработки органических и органоминеральных ресурсов торфяных месторождений, а также промышленных отходов, образующихся при добыче и переработке торфа (табл. 2), что, по мнению авторов, должно способствовать более масштабному и эффективному практическому использованию ресурсов торфяных месторождений России.

Библиографический список

1. Торфяные ресурсы мира / Под. ред. А. С. Оленина. — М.: Недра, 1988.
2. Смольянинов С. И., Маслов С. Г. Термобрикетирующие торфа. — Томск, 1975.
3. Кузнецов Б. К. Катализ химических превращений угля и биомассы. — Новосибирск: Наука, 1990.
4. Гамаюнов Н. И., Гамаюнов С. Н. Сорбция в гидрофильных материалах. — Тверь: ТГТУ, 1997.
5. Лыч А. М. Гидрофильность торфа. — Минск: Наука и техника, 1991.
6. Торф в решении проблем энергетики, сельского хозяйства и экологии: материалы международной конференции / Под ред. К. Н. Бамбалова. — Минск: Тонпик, 2006.
7. Мисников О. С., Гамаюнов С. Н. Пустотелый заполнитель для легкого бетона на основе торфа и минерального сырья // Строительные материалы. — 2004. — № 5. 

*misolg@mail.ru,
Мисников Олег Степанович,
Тимофеев Александр Евгеньевич*

О РАЦИОНАЛЬНОМ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ ТОРФЯНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Мисников О. С., Тимофеев А. Е.

Показаны актуальность и эффективность использования различных видов органических и органоминеральных ресурсов торфяных месторождений, в том числе промышленных отходов торфяного производства. Представлены основные технологические направления их переработки с дифференциацией по видам используемых материалов.

Ключевые слова: торфяные месторождения, органоминеральные отложения, формованные композиционные материалы, сорбенты, гидрофобизирующие добавки.