

Keywords: electrochemical corrosion, welded joints, corrosion rate, seawater, cold gas dynamic spraying, protective coatings, anodic protection coefficient.

Поступила в редакцию/received: 01.10.2024; после рецензирования/revised: 08.10.2024;
принята/accepted: 15.10.2024

УДК 622.331

ВЛИЯНИЕ ВИДА ФРЕЗЕРУЮЩЕГО АГРЕГАТА НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ТОРФА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ГРУНТОВ

К.Л. ШАХМАТОВ, канд. техн. наук, О.В. ПУХОВА, канд. техн. наук,
К.Ю. ЖЕНИХОВ, ст. препод.

Тверской государственный технический университет
170026, Тверь, наб. Аф. Никитина, 22, e-mail: owpuhova@mail.ru

© Шахматов К.Л., Пухова О.В., Женихов К.Ю., 2024

В статье рассмотрены вопросы подбора фрезерующего агрегата для добычи торфа в целях производства грунтов с наименьшими затратами и повышенными качественными показателями. Отмечено, что для удовлетворения технологических условий при выполнении фрезерования существует множество конструкций фрезерующих устройств. Указано, что в исследованиях непосредственно на полях добычи с последующими операциями сушки и уборки были использованы агрегируемые с гусеничным трактором ДТ-75Б фрезер МТФ-14, плоскорез ПТ-09 и пассивная фреза ФПТ-09; глубина фрезерования составляла 0,02 м. Получено, что после фрезерования на поверхность залежи достаточно равномерно укладывались в слой частицы разного размера, толщина которого предопределялась коэффициентом разрыхления (у плоскореза ПТ-09 он составил 1,7 по сравнению с 1,4 у фрезера МТФ-14 и пассивной фрезы ФПТ-09). Установлено, что фракционный состав крошкообразного торфа находился в зависимости от природных свойств торфа залежи, а также от конструкции фрезы и режима фрезерования. При этом он был неоднороден с большим количеством частиц с крупностью более 5 мм, что повысило качественные показатели (большая водоудерживающая способность и одновременно воздухопроницаемость). На основе исследований выявлено, что длительность сушки торфяной крошки зависела от процентного содержания фракций, на которое повлияли природные и технологические факторы (тип и вида торфа, степень разложения, влажность верхнего слоя залежи, тип фрезерующего агрегата, рабочая скорость). Сделан вывод, что использование плоскореза ПТ-09 для фрезерования залежи позволяет снизить производственные издержки и получить торф с повышенными качественными показателями, тем самым улучшить экономические показатели участка.

Ключевые слова: фрезерование, торф, торфяная залежь, фрезерующий агрегат, глубина фрезерования, торфяная крошка.

DOI: 10.46573/2658-5030-2024-4-58-67

ВВЕДЕНИЕ

Тверская область инвестиционно привлекательна для организации предприятий по добыче и переработке торфа, так как обладает большим потенциалом запасов [1–4]. С 2014 года в России введено продовольственное эмбарго [5], запрещающее ввоз в страну «отдельных видов сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, страной происхождения которых является государство, принявшее решение о введении экономических санкций в отношении российских юридических и (или) физических лиц или присоединившееся к такому решению», что способствовало активному развитию сельскохозяйственного производства. В связи с этим интерес к данной сфере ежегодно растет [5–8], наблюдается ажиотажный спрос на продукцию (особенно с февраля по сентябрь), товар не залеживается на складе. Для развития сельского хозяйства, выращивания экологически безопасной и чистой продукции необходимо достаточное количество торфяных грунтов, поэтому добыча торфа повышенной влажности и укрупненной торфяной крошки актуальна в настоящее время. На основе современного оборудования и технологий модернизируются давно работающие предприятия [9–12], а кроме того, ведутся инновационные разработки в области добычи и переработки торфа [13–15].

Торф для сельскохозяйственного применения добывается разработанным в начале XX века фрезерным способом с поверхностно-послойной системой разработки [16]. В результате работы фрезерующего агрегата (рис.1) элементы фрезы, описывая кривую и соприкасаясь с залежью, режущей кромкой ножей вдавливают и сминают срезаемый торфяной слой с поверхности залежи. На фрезерующих агрегатах используются разнообразные ножи: в форме штифтов, тарельчатые (чашечные) параллельные оси фрезы или с винтообразной режущей кромкой. При срезании происходит деформация слоя и получается торфяная крошка различных форм и размеров. Средневзвешенный диаметр в зависимости от выбора фрезы варьируется от 1 до 25...40 мм. Растительные волокна растений-торфообразователей, входящих в состав торфа, способствуют сохранению водно-воздушного баланса. Сырьем для сельскохозяйственного использования [17] являются содержащиеся в торфе питательные вещества и микроэлементы (гуминовые кислоты, калий, фосфор, кальций, азот). Эти вещества повышают плодородие почвы, помогая активному росту растений, и за счет содержания растительных волокон улучшают аэрацию и водопроницаемость. Кроме того, они обеззараживают вредные патогенные бактерии и поддерживают здоровый габитус растений, контролируют необходимый уровень кислотности почвы. В зависимости от типа применяемого фрезерующего агрегата и ножей [18–20] идут процессы перемешивания и укладки торфяных частиц на поверхность карты в слой для сушки. Во время этого создается неравномерность расстила торфяной крошки, из-за чего продлевается ее сушка [21].

Цель работы заключается в том, чтобы выбрать фрезерующий агрегат в эффективной технологической схеме добычи фрезерного торфа для сельскохозяйственного использования.



Рис. 1. Процесс фрезерования торфяной залежи верхового типа

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование выполнялось на торфяных картах производственной площадки добычного участка месторождения «Оршинский Мох», которое находится в Тверской области, а точнее, во впадине морской равнины без активного стока. Геологическое строение сложено породами кембрия, представленными глинами твердой консистенции и четвертичными отложениями (мореной, озерно-ледниковыми и болотными отложениями). На основе полевых и лабораторных анализов определены качественные показатели торфа на участке (табл. 1).

Таблица 1. Качественные показатели торфа на экспериментальной площадке

Наименование	Ед. изм.	Значение
Тип залежи	–	Верховой
Вид торфа	–	Пушицево-сфагновый
Средняя глубина залежи	м	2
Степень разложения	%	28
Зольность	%	2,6
Пнистость	%	0,7
Естественная влажность	%	88,4
Кислотность (солевая вытяжка)	–	3,34
Полная влагоемкость	кг/кг	13,8
Условная удельная поверхность	м ² /кг	278

Состав фракций частиц фрезерной крошки зависит от природных свойств торфа в залежи, а также от конструкции фрезы и режима фрезерования. Чтобы создать лучшие условия их сушки в технологии добычи бункерными уборочными машинами с механическим принципом сбора, частицы должны иметь размер в пределах 10...20 мм. Результаты определения фракционного состава торфа в залежи приведены в табл. 2.

Таблица 2. Фракционный состав торфа

Размер фракции	Процентное содержание фракций p_i , %								Итог
	>25	>10	>7	>5	>3	>2	>1	<1	
Карта № 1	20	20,1	23,4	19,4	5,6	5,0	3,6	2,9	100
Карта № 2	20,3	23,2	23,6	18,6	6,4	4,1	2,3	1,5	100

Полученный анализ процентного содержания фракций торфа показывает, что он неоднороден, существует большое количество частиц размером более 5 мм. За счет этого торф, используемый в сельском хозяйстве, имеет водоудерживающую способность. Грунты должны быть влагоемкими и вместе с тем воздухопроницаемыми, а такие параметры поддерживают фракции размером более 7 мм.

Сезон добычи торфа длился с 14 мая по 1 сентября и характеризовался очень хорошими метеорологическими показателями: среднесуточной температурой воздуха +21 °С, относительной влажностью воздуха 60 % и среднемесячными осадками в количестве 55 мм.

Технологическая площадка состояла из восьми карт: длина составляла 450 м, ширина – 20 м. В связи с благоприятными условиями сезона плановые технологические показатели добычного участка были достигнуты (табл. 3).

Таблица 3. Технологические показатели добычного участка

Наименование	Ед. изм.	Значение
Количество циклов	цикл	26
Продолжительность цикла	сут	2
Цикловой сбор	т/га	32,5
Сезонный сбор	т/га	845
Площадь участка, брутто	га	60
Площадь участка, нетто	га	54
Программа добычи	тыс. т	45,63

Для выполнения технологических требований при фрезеровании залежи создано множество конструкций фрезерующих агрегатов [22–24]. Фрезерование (рис. 2) торфа проводилось тремя фрезерами, агрегатируемыми с гусеничным трактором ДТ-75Б непосредственно на полях добычи, с последующими операциями сушки и уборки. Глубина фрезерования во всех опытах составляла 0,02 м.

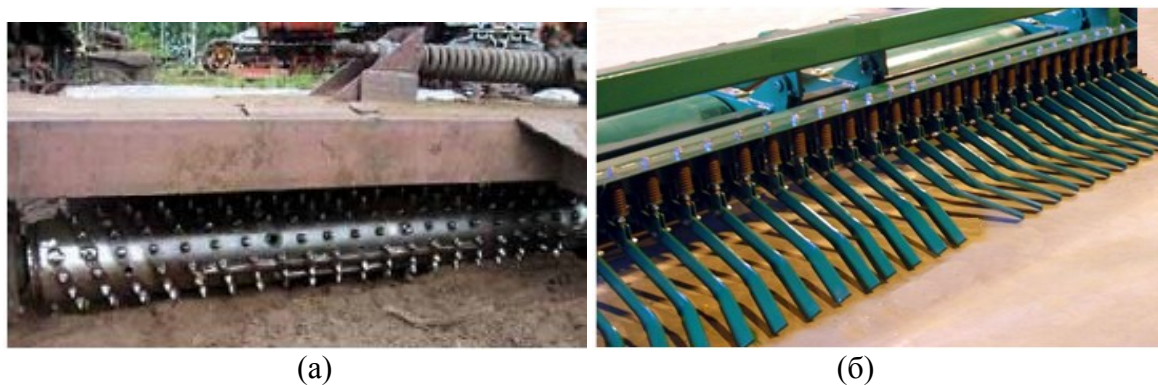


Рис. 2. Оборудование для поверхностно-послойного фрезерования торфяной залежи: фрезер МТФ-14 (а); плоскорез ПТ-09 (б); пассивная фреза ФПТ-09 (в)



(в)

Рис. 2. Продолжение

Рабочими элементами МТФ-14 (см. рис. 2а) являются проходные ножи, расположенные на фрезе параллельно ее оси. Отдельные секции фрезы шарнирно соединены между собой для лучшего вписывания в неровности поля. Специальные штурвалы и винты позволяют изменять положение по вертикали относительно рамы и катков, чем и обеспечивается различное заглубление рабочих элементов в торфяную залежь. У плоскореза ПТ-09 (рис. 2б) рабочим органом является фреза с ленточными проходными ножами. Пассивная фреза ФПТ-09 (см. рис. 2в) – конструкция из компонентов, позволяющая выравнивать поле на протяжении всего цикла добычи торфа. Такая конструкция позволяет избежать монтажа отдельных подшипниковых элементов. Лезвия рыхлителя произведены из износостойчивого металла лучшего качества. Сами рыхлительные фрезы прикрепляются к тягово-сцепному механизму за трактором.

Толщину сфрезерованного слоя торфяной крошки определяли линейными замерами, насыпную плотность – весовым методом с применением пурки, влажность торфяной крошки – влагомером ВТ-350, водопоглощаемость – намоканием в течение 48 ч. Для ежедневной фиксации метеорологических показателей использовалась психометрическая будка, для выпавших осадков – осадкомер Третьякова, а для фиксации испарения с поверхности торфяной залежи – испаритель Топольницкого. Чтобы определить начало фрезерования, строили цикловые графики.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В целях улучшения и ускорения сушки торфяной крошки в размельченном и разрыхленном слое фрезерующие агрегаты создали ее слой с частицами оптимального размера, более или менее однородными по величине. Кроме того, они обеспечили равномерную глубину фрезерования и расстила фрезерной крошки. На рис. 3 представлены виды расстилов торфяной крошки после фрезерования. Можно увидеть, что пассивный фрезер ПТ-09 создал расстил, характеризуемый одномерностью глубины нафрезерованного слоя и фракционным составом из частиц торфа укрупненного размера, а у МТФ-14 и ФПТ-09 немного неравномерный слой с крошкой меньшего размера.

В процессе фрезерования на поверхность залежи достаточно равномерно укладывались в слой частицы разного размера. Глубина этого слоя предопределялась коэффициентом разрыхления. С увеличением высоты расстила торфяной крошки слой увеличился в 2 раза. Исследования показали, что на коэффициент разрыхления оказали влияние фракционный состав и укладка торфяных частиц на поле сушки.



(а)

(б)

Рис. 3. Виды расстила торфяной крошки после фрезерования:
МТФ-14 и ФПТ-09 (а); ПТ-09 (б)

Характеристики торфяной крошки представлены в табл. 4. На интенсивность полевой сушки на поверхности технологических карт большое влияние оказывала толщина нафрезерованного расстила, от которой в конечном итоге зависят цикловые сборы. Интенсивность сушки единицы объема торфа обуславливалась критерием стружкообразования, который характеризуется качеством стружкообразования: фракционным составом и равномерностью расстила.

Таблица 4. Качественные характеристики торфяной крошки

Показатель	Ед. изм.	МТФ-14, ФПТ-09	ПТ-09
Влажность	%	78,2	78,6
Насыпная плотность	т/м ³	701	802
Коэффициент разрыхления	–	1,4	1,7
Размеры частиц более 7 мм	%	26	62

Исследованиями установлено, что длительность сушки торфяной крошки зависела от процентного содержания фракций, на которое повлияли природные и технологические факторы (тип и виды торфа, степень разложения, влажность верхнего слоя залежи, тип фрезерующего агрегата, рабочая скорость). Плоскорез создал равномерный расстил крошки с размером частиц, который подтвердился исследованиями и составил 10...25 мм. Фракционный состав торфяной крошки оценивали средневзвешенным диаметром (рис. 4), а диаметр и способ укладки частиц в нафрезерованном слое влияли на высоту расстила. При сравнении сушки трех разных расстилов торфа было установлено, что расстил с торфяной крошкой, где преобладали частицы крупных фракций, высох на 25 % быстрее, чем расстил, сфрезерованный МТФ-14 и ФПТ-09, где частицы торфа преобладали в более мелких фракциях. Это объясняется более высоким коэффициентом разрыхления, а также внутренним строением торфяной крошки: чем крупнее частица, тем больше расстояния внутри нее, тем лучше происходил внутренний воздухообмен и тем легче проходило испарение влаги по внутренним капиллярам.

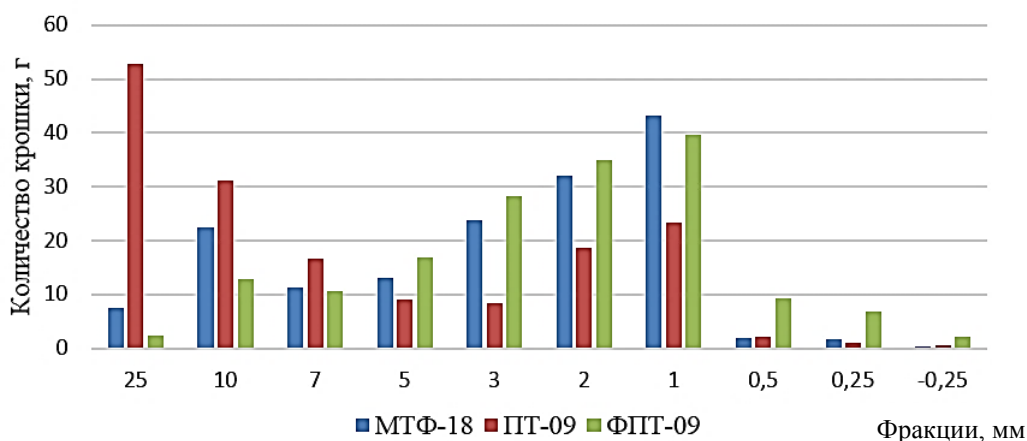


Рис. 4. Фракционный состав торфяной крошки с использованием различных фрезеровочных агрегатов

При производстве грунтов с целью применения в сельском хозяйстве требуются частицы торфа крупностью больше 7 мм, так как в процессе производства грунтов на промышленной установке он подвергается истиранию. Если фрезерная крошка изначально имеет большинство мелких фракций, то грунт в конечном итоге обладает пониженными качественными показателями. На рис. 5 представлено изменение водопоглощения B во времени t .

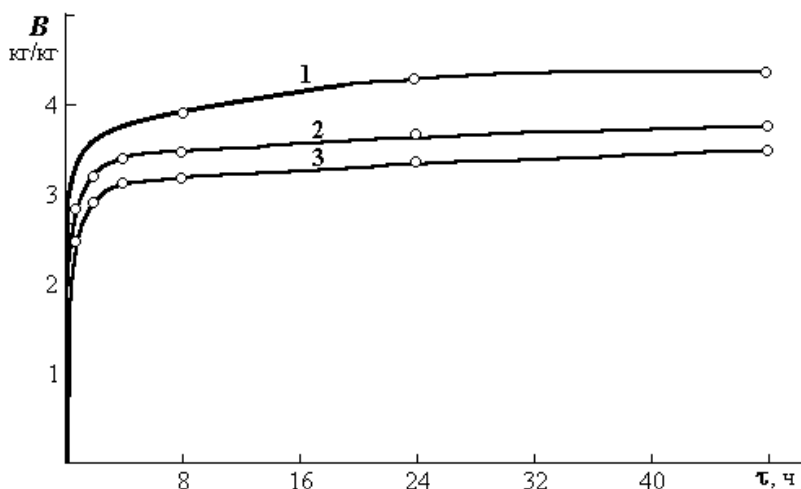


Рис. 5. Кинетика водопоглощения фрезерной крошки типами фрезерующих агрегатов: 1 – плоскорезом ПТ-09; 2 – пассивной фрезой ФПТ-09; 3 – фрезером МТФ-14

Водопоглотительная способность торфяной крошки после плоскореза на 70 % выше, чем после пассивной фрезы и фрезера, поскольку частицы крупностью более 7 мм поглотили и удержали большее количество воды.

В результате получилась смесь, обладающая важным свойством – однородной консистенцией (7...10 мм). Благодаря этому при добавлении данного грунта в землю увеличивается количество гумуса. Тем самым повышается плодородность почвенного слоя и снижается кислотность, что обеспечивает доступ ко всем необходимым для растений веществам. Повышенная рыхлость почвы пассивно улучшает циркуляцию воздуха и влаги в корнеобитаемом слое.

Проведенные расчеты технико-производственных показателей продемонстрировали, что при работе плоскореза увеличилась производительность труда на 15 %, а трудоемкость и удельный расход топлива снизились на 6,9 и 14,8 % соответственно. В целом это привело к снижению удельной себестоимости добытой торфяной крошки на 13,1 %.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенное исследование позволяет сделать следующие выводы.

1. В процессе фрезерования залежи у всех фрезерующих агрегатов режущие элементы фрез описывали циклоидальные кривые. При этом отрывались или срезались торфяные стружки различных размеров (как толщины, так и длины) и представляли собой совокупность частиц в диапазоне 1...40 мм. Размельчение залежи позволило увеличить площадь поверхности частиц по сравнению с поверхностью залежи и интенсифицировать процесс полевой сушки крошки. Благодаря меньшему взаимодействию торфяных частиц с залежью снижается их подпитка из нижележащих слоев.

2. Сушка торфяной крошки проходит быстрее именно после фрезерования плоскорезом вследствие образования частиц наибольшего размера. Данная сформировавшаяся фракция будет отлично подходить для использования почвогрунтов в сельском хозяйстве. Кроме того, ее водопоглотительная способность на 70 % выше, чем после пассивной фрезы и фрезера, поскольку частицы более 7 мм поглотили и удержали большее количество воды.

3. При фрезеровании плоскорезом выполнены необходимые требования: заданная одинаковая по всей площади карты глубина фрезерования составила 0,02 м, а также был получен однородный расстил с размером поперечника частиц более 10 мм.

Таким образом, использование плоскореза ПТ-09 для фрезерования залежи позволяет сократить производственные издержки и получить торф с повышенными качественными показателями, за счет чего можно улучшить экономические показатели участка.

ЛИТЕРАТУРА

1. Панов В.В., Мисников О.С., Купорова А.В. Проблемы и перспективы развития торфяного производства в Российской Федерации // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2017. № 5. С. 105–117.

2. Мисников О.С., Тимофеев А.Е. О рациональном использовании энергетических и минеральных ресурсов торфяных месторождений // *Горный журнал*. 2008. № 11. С. 59–63.

3. Singh K. Allocation and Sustainable Management of Peat Resources on Public Land // *AEP Public Land Management*. 2016. № 9. P. 1–14.

4. Плакиткина Л.С., Апухтин П.А. Анализ развития торфяной промышленности в России и мире в период с 2000 по 2009 годы // *Горная промышленность*. 2011. № 1 (95). С. 4–12.

5. О применении отдельных специальных экономических мер в целях обеспечения безопасности Российской Федерации: указ Президента Российской Федерации от 6 августа 2014 года № 560. URL: <https://base.garant.ru/70711352/?ysclid=m2enw09jip807872541> (дата обращения: 15.10.2024).

6. Бородина Т.А., Соловьева Н.А. Повышение эффективности производства продукции растениеводства на основе применения торфа // *Социально-экономический и гуманитарный журнал*. 2019. № 1 (11). С. 46–60.

7. Горбунов А.В., Олейникова Л.Н., Горбунов А.А., Олейников А.А. Приоритетные направления использования торфа и выработанных торфяников – рациональное земледелие // *Теория и практика мировой науки*. 2020. № 10. С. 41–44.
8. Пешкова Г.Ю., Бондарь Е.Г. Предпосылки развития торфяной промышленности Северо-Западного региона // *Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития*. 2020. № 4 (63). С. 141–147.
9. Краковецкий А.В. Экономико-географическая оценка торфяных месторождений, пригодных для комплексного освоения и производства различной продукции // *Природопользование*. 2016. № 30. С. 96–105.
10. Яблонев А.Л., Пухова О.В. Современные направления использования торфа // *Вестник Тверского государственного технического университета*. 2010. № 17. С. 104–107.
11. Мисников О.С., Тимофеев А.Е., Михайлов А.А. Анализ технологий разработки торфяных месторождений в странах дальнего и ближнего зарубежья // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2011. № 9. С. 84–92.
12. Алпеева Е.А., Гончаров М.С. Торфяная промышленность Российской Федерации. Проблемы и перспективы // *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2021. № 3. С. 121–130.
13. Панов В.В., Мисников О.С. Тенденции развития торфяной отрасли России // *Горный журнал*. 2015. № 7. С. 108–112.
14. Воскобойник М.П. Прогноз добычи торфа в условиях инновационного развития экономики России // *Горная промышленность*. 2015. № 4 (122). С. 22.
15. Синюткина А.А., Малолетко А.А., Беленко А.А., Гашкова Л.П., Харанжевская Ю.А. Оценка современного состояния перспективных для освоения участков торфяных месторождений Томской области // *Достижения науки и техники АПК*. 2014. № 12. С. 72–75.
16. Нагорнов Д.О. Технологии добычи торфяного сырья в СЗФО // *Высшая школа*. 2015. № 9. С. 63–66.
17. Мисников О.С., Копенкина Л.В. Возникновение торфяного дела в России // *Горный журнал*. 2020. № 2. С. 95–99.
18. Гревцев Н.В., Тяботов И.А., Олейникова Л.Н. Перспективы использования формованных субстратов в растениеводстве // *Агропродовольственная политика России*. 2017. № 2 (62). С. 57–60.
19. Фомин К.В. Моделирование нагрузок на рабочем органе торфяного фрезерующего агрегата с учетом погрешности расстановки режущих элементов // *Горные науки и технологии*. 2022. Т. 7. № 2. С. 161–169.
20. Яблонев А.Л., Жуков Н.М. Расчет момента сопротивления фрезерованию торфяной залежи при попадании фрезы на пень и определение активной ширины рабочего органа // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2021. № 2 (10). С. 51–61.
21. Яблонев А.Л. Цифровое тензометрирование при лабораторном исследовании процесса фрезерования торфяной залежи // *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2018. № 1. С. 182–189.
22. Пухова О.В. Оценка влияния технологических параметров на полевую сушку торфяного слоя при его добыче // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2023. № 3 (19). С. 53–61.
23. Юсов Д.С., Иванова П.В., Иванов С.Л. Систематизация рабочих органов машин глубокого фрезерования // *Горная промышленность*. 2024. № 3. С. 85–89.

24. Fomin K.V. Method for Estimating the Spectrum Density of the Resistance Moment on the Working Body of a Peat Milling Unit // *Journal of Mining Institute*. 2020. V. 241. P. 58–67.

25. Фомин К.В. Расчет взаимных спектральных плотностей моментов сопротивления на рабочих органах торфяного фрезерующего агрегата // *Записки Горного института*. 2021. Т. 251. С. 745–756.

Для цитирования: Шахматов К.Л., Пухова О.В., Женихов К.Ю. Влияние вида фрезерующего агрегата на качественные показатели торфа для производства грунтов // *Вестник Тверского государственного технического университета. Серия «Технические науки»*. 2024. № 4 (24). С. 58–67.

INFLUENCE OF THE TYPE OF MILLING UNIT ON THE QUALITY INDICATORS OF PEAT FOR SOIL PRODUCTION

K.L. SHAKHMATOV, Cand. Sc., O.V. PUKHOVA, Cand. Sc.,
K.Yu. ZHENIKHOV, Senior Lecturer

Tver State Technical University
22, Af. Nikitin emb., Tver, 170026, e-mail: owpuhova@mail.ru

The article discusses the selection of a milling unit for peat extraction in order to produce soils with the lowest cost and improved quality indicators. It is noted that in order to meet the technological conditions when performing milling, there are many designs of milling devices. It is indicated that in studies directly on the fields of production with subsequent drying and harvesting operations, the MTF-14 milling cutter, PT-09 flat cutter and FPT-09 passive milling cutter were used; the milling depth was 0.02 m. It was found that after milling on the surface of the deposit, particles of different sizes fit fairly evenly into a layer, the thickness of which was predetermined by the loosening coefficient (for the PT-09 planar cutter it was 1.7 compared with 1.4 for the MTF-14 milling cutter and the FPT-09 passive milling cutter). It was found that the fractional composition of the crumbly peat depended on the natural properties of the peat deposit, as well as on the design of the milling cutter and the milling mode. At the same time, it is heterogeneous with a large number of particles with a size of more than 5 mm, which increased the quality indicators (high water retention capacity and at the same time breathability). Based on the research, it was revealed that the drying time of peat chips depended on the percentage of fractions, which was influenced by natural and technological factors (type and type of peat, degree of decomposition, moisture content of the upper layer of the deposit, type of milling unit, operating speed). It is concluded that the use of the PT-09 planar cutter for milling deposits allows to reduce production costs and obtain peat with improved quality indicators, thereby improving the economic performance of the site.

Keywords: milling, peat, peat deposit, milling unit, milling depth, peat crumbs.

Поступила в редакцию/received: 07.10.2024; после рецензирования/revised: 22.10.2024;
принята/accepted: 23.10.2024