УДК 622.331:622.22

А.В.ТЕЛЕГО, *аспирант*, *crosshair87@yandex.ru*
А.В.МИХАЙЛОВ, *д-р техн. наук*, *профессор*, *epc68@mail.ru*
А.В.БОЛЬШУНОВ, *канд. техн. наук*, *доцент*, *av_bol@mail.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «*Горный*», *Санкт-Петербург*

A.V.TELEGO, *post-graduate student*, *crosshair87@yandex.ru*
A.V.MIKHAILOV, *Dr. in eng. sc*., *professor*, *epc68@mail.ru*
A.V.BOLSHUNOV, *PhD in eng. sc*., *associate professor*, *av_bol@mail.ru*
National Mineral Resources University (*Mining University*), *Sain Petersburg*

ОБОСНОВАНИЕ ПРОХОДИМОСТИ ТРАНСПОРТНО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОРГАНОГЕННОГО СЫРЬЯ

Обоснована потребность разработки органогенных видов сырья. Приведены результаты исследований по определению несущей способности поверхности техногенных отвалов гидролизного лигнина. Даны рекомендации по выбору колесного транспортно-тракторного агрегата при разработке органогенного сырья.

***Ключевые слова*:** органогенное сырье, несущая способность поверхности, транспортно-тракторный агрегат.

VALIDATION OF TRANSPORT-TRACTOR UNIT PASSABILITY BY ORGANOGENIC DEPOSITS DEVELOPMENT

This paper provides an overview of the current requirement of organogenic deposits development. Results of researches by definition of bearing value of a surface of hydrolytic lignin technogenics spoils are resulted. Preliminary results indicate that the wheel transport-tractor unit can be applied by organogenic deposits development.

***Key words*:** organogenic deposits, bearing value of a surface, transport-tractor unit

Одной из основных проблем северных регионов Российской Федерации является теплоснабжение изолированных потребителей от автономных источников малой мощности, большинство из которых представляют собой котельные, работающие на привозном угле [1]. Для решения данной проблемы в рамках реализации «Энергетической стратегии России на период до 2030 года» необходимо следующее:

• перевод теплогенерирующих источников на местные виды топлива;

• сокращение объемов привозного топлива;

• применение инновационных способов добычи местного топливного сырья и его переработки в энергоплотное топливо.

Для многих северных районов характерно наличие на их территории органогенного сырья, которое может быть естественного образования, например, торфяные месторождения, или результатом промышленной деятельности человека, например, отходы деревоперерабатывающей промышленности. Вопросы, связанные с освоением торфяных месторождений, достаточно полно отражены в многочисленных научно-исследовательских работах и многократно реализованы на прак-

тике. В то же время вопросы, связанные с разработкой отходов деревоперерабатывающей промышленности на примере техногенных отвалов гидролизного лигнина, изучены мало.

Во-первых, лигнин свозится в отвалы, занимающие большие территории, расположенные в непосредственной близости от муниципальных образований, и являющиеся серьезным источником загрязнения окружающей среды.

Во-вторых, лигнин в сухом виде – хорошо горючее вещество, теплотворная способность которого при влажности 18-25 % составляет 18-20 МДж/кг, что позволяет его использовать как сырье для получения окускованного топлива.

Разработка отвалов лигнина перспективна и с точки зрения перевода автономных источников малой мощности на местное топливо, и с точки зрения утилизации техногенных отвалов.

Отвалы лигнина представляют собой техногенное образование, для выбора технологии разработки которого необходимо провести комплекс мероприятий по исследованию его свойств, в частности, определить несущую способность поверхности отвала, что позволит обосновать выбор транспортно-тракторных агрегатов (ТТА), используемых для внутримассивной транспортировки лигнина по территории отвала.

Для оценки несущей способности поверхности отвала лигнина, по аналогии с оценкой несущей способности поверхности торфяных месторождений, авторами были проведены полевые исследования на одном из отвалов лигнина Архангельской области.

Отвал лигнина представляет собой многолетнее накопление отходов гидролизного производства, в котором при хорошей фильтрации влаги происходит слеживание органогенного сырья и образование достаточно плотной поверхности. Для проведения исследований по определению несущей способности поверхности отвала лигнина были организованы штамповые испытания, которые позволили контролировать деформационные характеристики конструктивных слоев (качество уплотнения) на отвале и гарантировать факт требуемой несущей способности деформируемого основания. Сущность метода испытания штампом заключается в натурном моделировании процесса уплотнения достаточно большого объема грунта под нагрузкой, сопоставимой с нагрузкой транспортно-тракторных агрегатов. Оценку сжимаемости лигнина в отвале по остаточной деформации проводили по результатам последовательных штамповых испытаний при постоянной нагрузке.

За штамп принималось колесо автомобиля УАЗ 315195 (Хантер) с размером 225/75 R16, многократно перемещаемое с малой скоростью по двум контрольным площадкам на поверхности отвала лигнина. Приведенная масса штампа 500 кг, условная площадь штампа 0,0546 м^2, давление штампа 91,6 кПа. Контрольные площадки представляли собой горизонтальные поверхности, имеющие форму квадрата со стороной 5 м, на которых был снят верхний подсушенный слой лигнина 50 мм. Горизонтальность поверхностей задавалась с использованием строительного уровня длиной 2000 мм с точностью измерений 0,5 мм/м. На контрольных площадках были установлены базовые метки, фиксирующие начальное положение поверхности, и обладающие конструкцией, исключающей возможность вертикального перемещения при прохождении колеса вдоль метки. Глубину осадки измеряли нониусным штангенглубиномером с точностью измерений 0,02 мм. Повторность измерений трехкратная с шагом 50 мм вдоль колеи.

Плотность отвала лигнина в месте проведения штамповых испытаний, определенная при помощи полевого пробоотборника, составляла $\rho = 430$ кг/м^3 при натуральной влажности поверхностного слоя $w = 64{,}8$ %. Штамповые испытания проводились при следующих метеоусловиях: температура окружающей среды $T = +21{,}9$ °С и влажность воздуха $f = 65$ %.

Проведенные штамповые испытания не показали резкой границы между стадиями в механизме уплотнения лигнина в отвале. Вначале изменение интенсивности осадки штампа H от количества вдавливаний штам-

па растет, затем интенсивность деформирования лигнина снижается. На графике (см. рисунок) этот момент отмечается перегибом кривой.

Кривая послойной деформации верхнего слоя отвала лигнина имеет плавное очертание. Этот механизм развития деформаций обусловлен структурной прочностью верхних слоев отвала лигнина и пористостью верхнего слоя. Зависимость процесса нагрузка – осадка предполагает, что имеет место воздействие на грунт с исходной неразрушенной структурой [3]. При нагрузках, не превышающих условный статический предел текучести, в лигнине обнаруживаются лишь условно-мгновенные и медленные деформации, протекающие без разрушений в структуре. После двенадцати штамповых нагружений наблюдается условная стабилизация осадки при значении около 28 мм. При этом значении осадки расчетное значение модуля деформации поверхностного слоя лигнина составило $E_0 = 50$ кПа.

Деформацию грунта, накопленную при повторных нагружениях, можно найти [3] по эмпирическому выражению

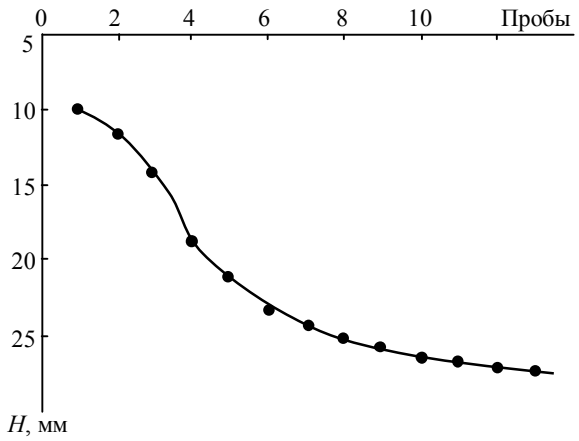
$$h_n = h_1\left(1 + \beta \lg n\right),$$

где h_1 и h_n – остаточная деформация грунта соответственно при нагружениях 1 и n; β – коэффициент интенсивности накопления необратимой деформации.

По экспериментальным данным НАТИ при одинаковой повторной нагрузке на штамп коэффициент β имеет для основных типов грунтов следующую величину: песчаные почвы 0,3-0,5; болото с дерновым покровом 0,5-0,6; суглинок 1,2-1,5; торфяник (меньшие значения при большей влажности) 0,9-2,1.

Полученные результаты штамповых испытаний могут быть использованы для обоснованного выбора допускаемой массы транспортно-тракторных агрегатов, используемых при транспортировке лигнина по территории отвала, а также типа опорных колес ТТА и их количества на тракторе и полуприцепе.

По условиям круглогодового использования оборудования предпочтение имеет



Результаты усредненной осадки H под штампом от количества опробований

колесный ТТА, состоящий из тягового трактора и транспортного полуприцепа. По сравнению с гусеничной техникой колесная обладает следующими преимуществами:

• сравнительно небольшая масса колесного хода (до 15-20 % от массы машины);

• простота конструкции, ремонтопригодность и меньший износ деталей;

• возможность использования колесного оборудования не только на внутримассивной вывозке сырья, но и при выезде ТТА на дороги общего пользования.

Для обеспечения проходимости пневматического колеса по поверхности отвала лигнина необходимо соблюдение следующего условия [4]:

$$p_{\text{ср}} \le p_{\text{д}}.$$

где $p_{\text{ср}}$ – среднее давление под колесом; $p_{\text{д}}$ – допускаемое давление.

Допускаемое давление на поверхность с учетом условий работы машины

$$p_{\text{д}} = A_{\text{д}} + B_{\text{д}} \frac{\Pi}{S},$$

где $A_{\text{д}}$ и $B_{\text{д}}$ – экспериментальные коэффициенты для различных условий работы; S – площадь штампа, м^2; П – периметр штампа, м.

Однако, значения экспериментальных коэффициентов $A_{\text{д}}$ и $B_{\text{д}}$ для отвалов лигнина в научной литературе не представлены, поэтому на данном этапе исследований было принято решение воспользоваться значениями, известными для поверхности осушенной и уплотненной торфяной залежи [2].

Зависимость допускаемого давления на поверхность от условий эксплуатации

Условия эксплуатации	$A_д$	$B_д$	$p_д$, кПа
Производство фрезерного и кускового торфа на осушенной и уплотненной залежи	20	3,3	71,7
Погрузка торфа и внесезонные работы на производственной площади	16	27	481,0
Рытье осушительной сети и подготовка площадей после предварительного осушения залежи	14	2,3	53,6
Работы на неосушенной залежи	6	1,0	23,2

С учетом размеров штампа $S = 0{,}0546$ м^2 и П = 0,94 м были определены значения допускаемого давления на поверхность для различных условий эксплуатации ТТА (см. таблицу).

Среднее давление при проведении штамповых испытаний $p_{ср} = 91{,}6$ кПа, при этом обеспечивалась проходимость колеса, поэтому можно сделать вывод, что отвал лигнина по несущей способности поверхности превосходит хорошо осушенную торфяную залежь, на которой осуществляется добыча фрезерного или кускового торфа.

Для исключения «бульдозерного эффекта» и обеспечения условия надежного перекатывания колеса необходимо соблюдение условия [4]

$$H/D \le 0{,}09\text{-}0{,}1,$$

где H – осадка колеса, м; D – диаметр колеса, м.

Экспериментальные исследования показали, что осадка при однократном проезде колеса составляет 0,01 м. Диаметр колеса в эксперименте равен 0,56 м. Тогда $H/D = 0{,}018$, что не превышает максимально допустимого значения. Следовательно, вероятность возникновения «бульдозерного эффекта» при движении по отвалу лигнина колесного ТТА с давлением на грунт $p_{ср} = 91{,}6$ кПа исключена.

Для обеспечения качения колеса необходимо создание силы тяги, численно равной произведению коэффициента сопротивления качению и нормальной нагрузки на колесо [4]:

$$P = f_k Q_z.$$

Проведенные штамповые испытания позволили определить значение коэффициента сопротивления качению для поверхности отвала лигнина:

$$f_к = \frac{3}{4}\sqrt{\frac{H}{D}} = \frac{3}{4}\sqrt{\frac{0{,}01}{0{,}56}} = 0{,}1.$$

Полученное значение коэффициента сопротивления качению $f_к$ соответствует условиям эксплуатации колесных устройств на свежескошенном лугу, и в два раза меньше значения коэффициента сопротивления качению для торфяной залежи.

На основании проведенных полевых исследований можно сделать вывод, что несущая способность поверхности отвала лигнина в летний период превосходит несущую способность поверхности осушенной торфяной залежи, на которой осуществляется полевая добыча фрезерного или кускового торфа. Следовательно, колесные транспортно-тракторные агрегаты, применяемые при добыче фрезерного и кускового торфа, могут быть использованы при механизированной разработке техногенных отвалов лигнина.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Башмаков И.А.* Повышение энергоэффективности в системах теплоснабжения // Энергосбережение. 2010. № 2. С.46-51.

2. *Корчунов С.С.* Рекомендации по определению допустимых давлений для гусеничных торфяных машин // Торфяная промышленность. 1974. № 7. С.12-13.

3. *Котович С.В.* Движители специальных транспортных средств / МАДИ (ГТУ). М., 2008. 161 с.

4. *Самсонов Л.Н.* Торфяные машины и оборудование / Л.Н.Самсонов, В.Ф.Синицын; ТГТУ. Тверь, 2006. 140 с.

REFERENCES

1. *Bashmakov I.A.* Increase of Power efficiency in heat supply systems // Energy savings. 2010. N 2. P.46-51.

2. *Korchunov S.S.* Recommendation for evaluation of allowable pressure of caterpillar peat machines // Peat Industry. 1974. N 7. P.12-13.

3. *Kotovich S.V.* Wheeled mover of special transport units / MADI. Moscow, 2008. 161 p.

4. *Samsonov L.N.*, *Sinitsin V.F.* Peat machines and equipment / TGTU. Tver, 2006. 140 p.