

УДК 622/794:621-1/-9

**В.П. НАДУТЫЙ**, д-р техн. наук,

(Україна, Дніпр, Государственное ВУЗ Национальный технический университет «Днепро́вская политехника»),

**С.В. КОСТЫРЯ**

(Україна, Дніпр, ИГТМ им. М.С. Полякова НАН Украины)

### **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОМПЛЕКСНОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ЦЕОЛИТ-СМЕКТОВЫХ ТУФОВ ПОСЛЕ ПОДЗЕМНОЙ ГИДРОДОБЫЧИ И ПЕРЕРАБОТКИ ОТВАЛОВ**

*Введение.* Возрастающее потребление туфов в народном хозяйстве требует дополнительного их изучения и на этой основе совершенствования технологии добычи и переработки. Наличие в них богатого микроэлементного состава в виде самородной меди, железа, титана и др. позволяют использовать их как ценное сырье для промышленности, уникальные сорбционные и селективные способности открывают широкие возможности использования туфов во многих отраслях хозяйства.

Основные области, в которых уже используются туфы следующие:

- Сельское хозяйство – как минеральное удобрение, сохранение семян, добавки к кормам животных и птиц, стабилизатор растительной подкормки.
- Природоохранная – мелиорация радиоактивного загрязнения грунтов, подземное захоронение отравляющих веществ, очистка сточных вод.
- Строительство – изготовление строительных материалов (кирпича, черепицы, керамической плитки), изготовление цемента и керамзита, пигмента для красок и цветных бетонов.
- Связующие материалы – окомкование руд, окомкование удобрений.

Особый интерес по данным опробования представляют туфы, расположенные вдоль юго-западной границы указанного распространения, где они залегают неглубоко от земной поверхности и доступны для открытой разработки. На значительной площади они превращены гидрохимическими процессами в цеолит-сметитовые туфы, которые нашли широкое промышленное использование. На территории Ровенской области туфы залегают под мезозойскими и кайнозойскими отложениями на глубинах от 4 до 60 метров и растянуты в виде полос через Владимирецкий, Сарненский, Костопольский, Ровенский и Гошанский административные районы. На дневную поверхность они выступают лишь в базальтовых карьерах Польци (Иванчи), Берестовца, Базальтового, а на границе Ровенской области – в 5 км на северо-восток от города Славута Хмельницкой области в карьере Ташки [1].

Запасы туфового сырья в рамках базальтовых карьеров Ровенщины общей площадью 86 га при углублении на 10 м по приблизительной оценке могут достигать 20 млн. т. Поверхностные условия залегания туфов позволяют вести их добычу открытым способом, в первую очередь со дна отработанных базальто-

вых карьеров без затрат на вскрышные работы. При этом важно отметить, что при разработке базальта туфы, как сырье, не используются, а складываются в отвалах. Поэтому за десятилетия эксплуатации карьеров в отвалах накопилось туфового сырья в достаточных для промышленной переработки объемах.

Результаты исследований микроэлементного состава показали, что цеолит-сметитовые туфы не могут расцениваться как отходы добычи базальтов, а представляют собой ценное минеральное сырье, требующее разработки и комплексного подхода к его переработке для извлечения полезных металлов и силикатов.

Предварительные исследования цеолит-сметитовых туфов с позиции их промышленного использования показали высокое содержание самородной меди (до 1%), неожиданно высокое содержание магнитновосприимчивого материала (до 54%), а в результате спектрального анализа установлено до 50% железа, до 4,0% титана [2, 3]. Результаты этих исследований указывают на ценность цеолит-сметитового туфа как исходного сырья для горной и металлургической промышленности.

Особенностью туфов является то, что они хорошо сцементированы и представляют собой полускальную породу. Однако после длительного воздействия влаги они легко распадаются с образованием сыпучей смеси. После дробления этих пород получается туфовая мелочь, по гранулометрическому составу соответствующая песку, с размерами частиц от 3,0 мм до 0,1 мм. Насыпная плотность измельченного туфа находится в пределах  $0,96 \div 1,22 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>, а удельная поверхность составляет 120 ÷ 150 м<sup>2</sup>/кг. Общая пористость дисперсного туфового материала достигает 30 %, набухание в воде – 36 %, а в присутствии коагулянта – 62%, водопоглощение по массе – около 18 %, по объему – 33 % [4].

Важной особенностью месторождения туфового сырья является его доступность. Рассматриваются две наиболее характерные технологии добычи туфа. Первая из них заключается в использовании скважинной гидродобычи (СГД) для размыва туфов в местах залегания и превращения их в гидросмеси в виде пульпы, которая по скважинам поднимается на поверхность и складывается для обезвоживания [5]. Вторая технология отличается простотой, поскольку заключается в переработке отвального туфа при карьерной добыче базальтов.

Многочисленными исследованиями [6] ранее было установлено, что туф имеет богатый микроэлементный состав в виде железа, титана, самородной меди. Для их эффективного извлечения потребуется операция измельчения до крупности, определяющей максимальное отделение минеральной части от силикатной. Исследование мелкого туфа в магнитном поле показало его высокую магнитную восприимчивость, что дает возможность выделить титаномагнетитовую часть из подготовленной крупности. Включения самородной меди имеют точечный или в виде тонких пленок (на микронном уровне) характер.

Стоит обратить особое внимание на огромные залежи мелкого отвального туфа, в котором содержится вкрапленная самородная медь и железо. Эти запасы влажного отвального туфа, как и гидросмесь, необходимо обезводить для

## **Зневоднення та сушіння. Водно-шламове господарство**

применения мелкого дробления, например, на валковых мельницах с дальнейшим измельчением до рациональной крупности, удовлетворяющей процессы максимального извлечения магнитного железа и самородной меди.

*Целью данной работы* является определение эффективности обезвоживания влажного измельченного туфа путём варьирования параметрами обезвоживающего устройства.

Для решения проблем с повышенной влажностью в конечном продукте авторами разработано устройство, которое позволяет выполнять комплексное обезвоживание горной массы, поскольку в нем одновременно используются три механизма обезвоживания (вибрационный, вакуумный и электрокинетический) [7, 8]. При этом вибрационный метод позволяет эффективно отбирать из горной массы внешнюю воду, вакуумный способ ускоряет этот процесс и дополнительно обезвоживает поровые каналы в горной массе, а также убирает перетяжки влаги между частицами. Использование электроосмоса позволяет частично извлекать капиллярную влагу, т. к. другими механическими способами удалить ее сложно.

Общий вид вибрационного обезвоживающего устройства показан на рис. 1.

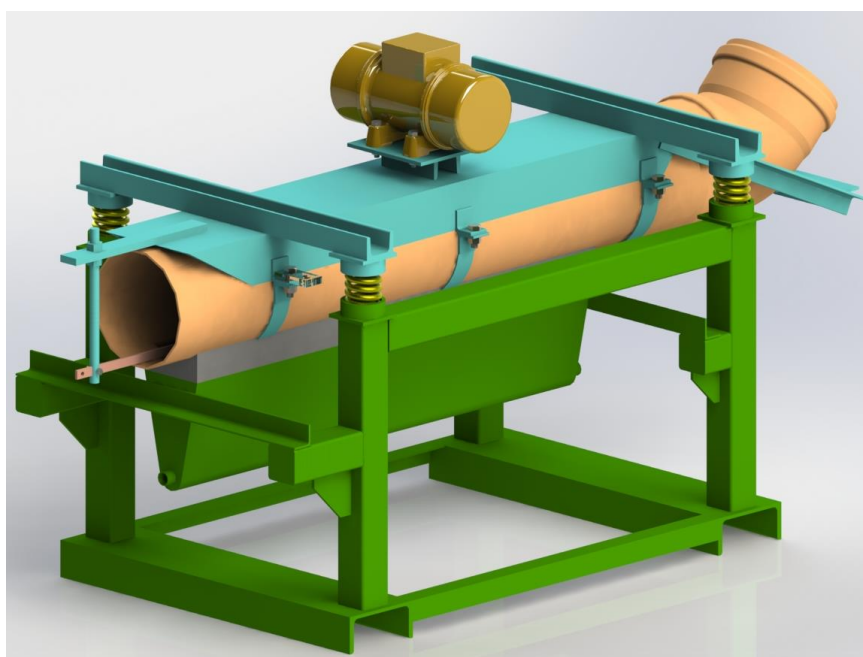


Рис. 1. Общий вид вибрационного обезвоживающего устройства

Принцип работы устройства следующий: в рабочий орган непрерывно поступает влажный материал, который постоянно контактирует с электрическим стержнем, с подключенным анодом. Благодаря постоянному контакту с электропроводящим стержнем, под воздействием постоянного тока, избыточная влага двигается к перфорированной поверхности, которая является катодом. Из-за разницы потенциалов обеспечивается движение воды и происходит элек-

троосмотическое обезвоживание материала. На корпусе установлен вибровозбудитель, с помощью которого производится непрерывное движение обезвоживаемого материала по перфорированной поверхности. Так как перфорированная поверхность расположена по всей длине устройства, увеличивается процесс удаления избыточной влаги. Эффективность прохождения жидкости сквозь слой туфа к перфорированной поверхности обеспечивается в предлагаемом устройстве разрежением в вакуумной камере. Разреженная среда в камере для обезвоживания создается вакуумным насосом, соединенным с ней гибким шлангом. Избыточная влага выводится из вакуумной камеры с помощью устройства для слива воды. В этом случае на жидкость действует, помимо гравитационных сил, разрежение, которое увеличивает скорость обезвоживания материала. Электрокинетическим способом, в виде электроосмоса, обеспечивается воздействие на капиллярную влагу, благодаря чему повышается эффективность обезвоживания.

Снижение давления в вакуумной камере (рис. 2, а) позволяет отбирать больше жидкости из влажного туфа, за счет разрежения в камере. Благодаря электрокинетическому воздействию на влажный туф появилась возможность дообезвоживания, тем самым снижая остаточную влажность в конечном продукте (рис. 2, б).

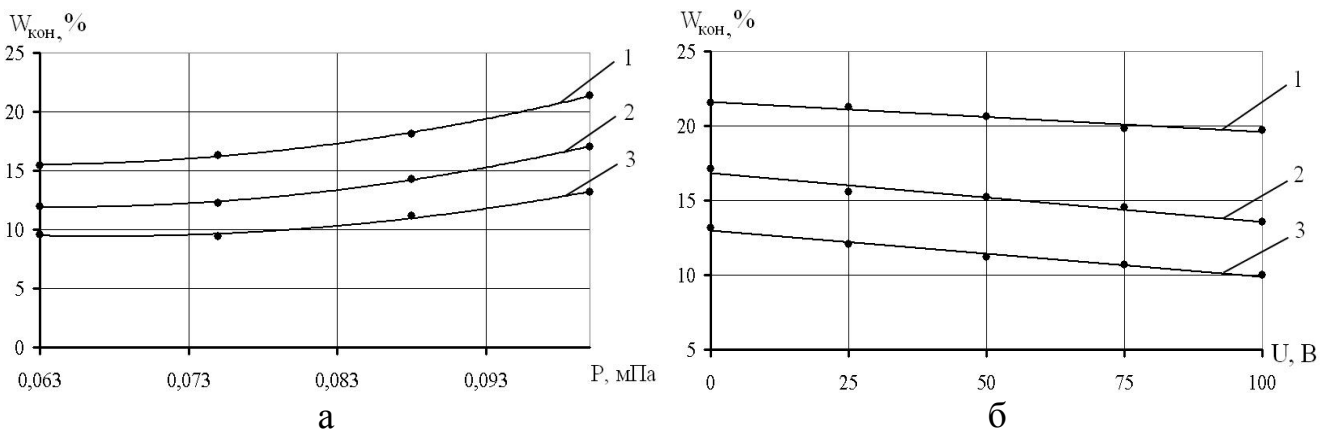


Рис. 2. Зависимость конечной влажности туфа от комплекса параметров:

- 1 –  $S = 0,08 \text{ м}^2$ ;
- 2 –  $S = 0,56 \text{ м}^2$ ;
- 3 –  $S = 1,12 \text{ м}^2$

Влияние на процесс обезвоживания оказывают другие параметры, такие как: возмущающее усилие (рис. 3, в). Увеличение возмущающего усилия приводят к уменьшению времени пребывания влажного туфа в рабочем органе, снижая степень обезвоживания.

Интенсификация процесса происходит при повышении частоты вибрации (рис. 3, г) в исследуемых пределах изменения фактора  $\omega$ . Это связано в первую

очередь с усиленной сегрегацией материала в слое и разрывом связей жидкости (так называемых перетяжек) между отдельными частицами.

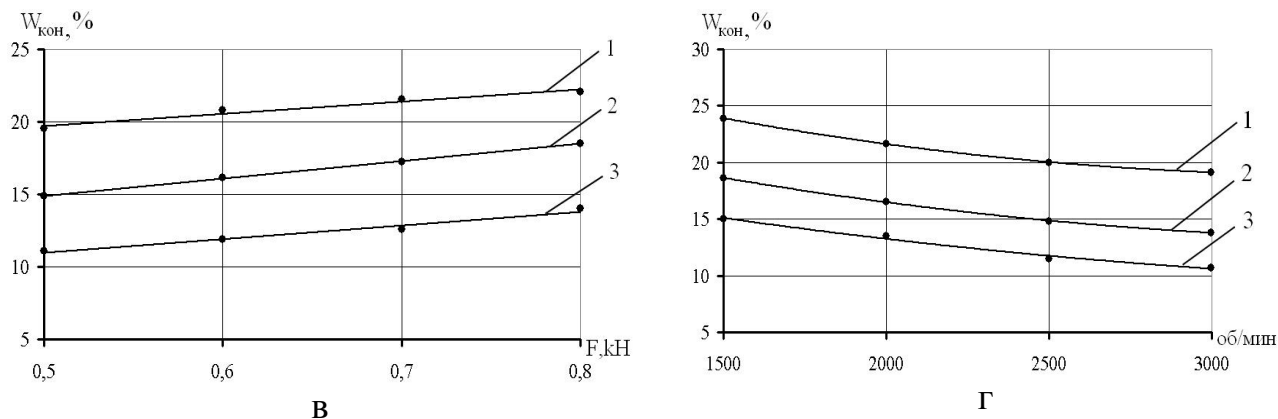


Рис. 3. Зависимость конечной влажности туфа от комплекса параметров:

- 1 –  $S = 0,08 \text{ м}^2$ ;
- 2 –  $S = 0,56 \text{ м}^2$ ;
- 3 –  $S = 1,12 \text{ м}^2$

*Выводы.* В соответствии с целью работы доказана эффективность использования устройства для комплексного обезвоживания измельченного цеолит-сметитового туфа. Установлено влияние некоторых режимных параметров на процесс комплексного обезвоживания: изменение давления в вакуумной камере и напряжения на электродах при создании электроосмоса; изменение частоты колебаний и величина возмущающего усилия.

Благодаря полученным экспериментальным данным определены диапазоны варьируемых параметров при которых достигается наиболее эффективное обезвоживание комплексного метода.

### **Список литературы**

1. Мельничук В.Г. Цеоліт-сметитові вулканічні туфи Рівненщини та перспективи їх господарського використання // Вісник УГУВХП : Зб. наук. праць. – Рівне: УГУВХП, 2002. – Вип. 16. – С. 297-308.
2. Надутый В.П., Мостыка Ю.С., Гринюк Т.Ю. Определение магнитной восприимчивости сырья базальтового карьера // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2008. – Вып. 74. – С. 8-14.
3. Булат А.Ф. Перспективы комплексной переработки базальтового сырья Волыни / Булат А.Ф., Надутый В.П., Маланчук З.Р. // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 2010. – Вип. 85. – С. 3-7.
4. Цеоліт-сметитові туфи Рівненщини: біологічні аспекти використання / Монографія // За загальною редакцією М.П. Сороки. – Рівне : Волинські обереги, 2005. – 184 с.
5. Технологія і керування гідровидобутком корисних копалин / Монографія // За ред. д-ра. техн. наук, проф. Маланчука З.Р. – Рівне: НУВГП, 2009. – 480 с.
6. Квасниця В.М. До знахідки самородної міді в туфогенних породах Волині / В.М. Квасниця, В.А. Нестеровський, В.І. Павлишин. – Мінерал. журнал. – 2000. – № 4. – С 20-24.

7. Патент на корисну модель № 92897, UA, МПК В 01 D 61/56 (2006.1). Пристрій для зневоднення / Надутый В.П., Сухарев В.В., Костыря С.В. – Заявка № 2014 03 312; Заявл. 01.04.2014, Опубл. 10.09.2014. Бюл. № 17. – 4 с.

8. Надутый В.П. Результаты комплексного обезвоживания горной массы на вибрационном устройстве / В.П. Надутый, В.В. Сухарев, С.В. Костыря // Вібрації в техніці та технологіях: Всеукр. наук.-техн. журнал. – Вінниця, 2014. – Вип. 1(73). – С. 88-93.

© Надутый В.П., Костыря С.В., 2018

*Надійшла до редколегії 05.05.2018 р.  
Рекомендовано до публікації д.т.н. П.І. Піловим*

УДК 622.7

**А.В. ФЕДОРОВ,**

**С.А. ГОНЧАРОВ,** канд. техн. наук

(Украина, Павлоград, ФИЛИАЛ «ЦОФ Павлоградская» ЧАО «ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ»),

**А.О. ШКОП,** канд. техн. наук

(Украина, Харьков, ООО «НТЦ «Экомаш»),

**Н.Г. ПОНОМАРЕВА,** канд. техн. наук

(Украина, Харьков, НТУ «ХПИ»)

### **ТЕХНОЛОГИЯ ОБЕЗВОЖИВАНИЯ ЗЕРНИСТЫХ ГЛИНИСТЫХ УГЛЕСОДЕРЖАЩИХ ПРОДУКТОВ ПРИ ОБОГАЩЕНИИ УГЛЕЙ МАРКИ «Г»**

При обогащении рядовых углей Павлоградского месторождения образуется значительное количество жидких отходов, представленных размокающей породой. Указанное определяется спецификой месторождения молодых углей и накладывает дополнительные требования по эффективному обезвоживанию аппаратами отходов и продуктов обогащения, а также в части корректировки стандартных проектных решений для уменьшения времени присутствия жидких глинистых продуктов в водно-шламовой схеме обогатительной фабрики [1].

Типовой процесс образования зернистых углесодержащих продуктов (крупность твердого до 6 мм) при обогащении рядовых углей марки «Г» («ДГ»): дешламация класса 0-13 мм и затем после тяжелосреднего обогащения зернистые углесодержащие продукты направляются на классификацию в напорные гидроциклоны, сгущенный продукт которых обогащается в спиральных сепараторах [2].